

# ASPECTOS HIDROLÓGICOS, AMBIENTALES, ECONÓMICOS, SOCIALES Y ÉTICOS DEL CONSUMO DE RESERVAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN ESPAÑA: MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ESPAÑA

## AUTOR DEL INFORME

**Emilio Custodio**

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

## REALIZACIÓN

Departamento de Ingeniería del Terreno,  
Cartográfica y Geofísica,  
Grupo de Hidrología Subterránea  
Universidad Politécnica de Cataluña  
Barcelona

## PATROCINIO

**AQUALOGY**

## SUPERVISIÓN

Marta Hernández, CETaqua, Barcelona  
Rosa María Pieras, CETaqua, Barcelona

## APOYO

Daniel Fernández García, Prof. DEICG\_UPC, Gestón Científico-administrativa  
Jordi Sánchez Vila, apoyo técnico

Nombre abreviado: Proyecto **MASE**

**LEMA:** Leonardo da Vinci: *cuando tengas algo que hacer con el agua, consulta primero la experiencia y luego da paso a la razón.*

Primera edición: Diciembre de 2017

© Emilio Custodio, 2017  
© Iniciativa Digital Politécnica, 2017  
Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC  
Jordi Girona 31,  
Edifici Torre Girona, Planta 1, 08034 Barcelona  
Tel.: 934 015 885  
[www.upc.edu/idp](http://www.upc.edu/idp)  
E-mail: [info.idp@upc.edu](mailto:info.idp@upc.edu)

ISBN: 978-84-9880-690-8

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista en la ley.

# RESUMEN GENERAL

Este informe tiene por objetivo una aproximación a la recopilación y análisis de la explotación intensiva de acuíferos y minería del agua subterránea en las áreas españolas en las que se desarrollan con mayor intensidad: Levante español (sudeste peninsular, en las Cuencas de los ríos Vinalopó y Segura y en el sector NE de la provincia de Almería) y en Canarias (islas de Gran Canaria y Tenerife). El Levante español tiene una extensión de unos 29.000 km<sup>2</sup>, con importantes núcleos urbanos y desarrollos turísticos y en el que se riegan con aguas subterráneas unas 150.000 ha, más las de riego mixto. Gran Canaria y Tenerife tienen una extensión de 3600 km<sup>2</sup>, con cerca de 1,9 millones de habitantes y 15.000 ha de regadío, casi todas con aguas subterráneas. La recopilación y análisis de documentación se limita a lo necesario para conseguir el objetivo principal de evaluar la minería del agua subterránea en las áreas seleccionadas bajo los aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, económicos, administrativo-legales, sociales y éticos.

El clima del Levante español es semiárido, tendiendo a árido hacia el sur, sometido a significados periodos de sequía pluviométrica y aún más de escasez de caudales de agua en los ríos. En Gran Canaria y Tenerife el clima varía entre árido en las áreas costeras del sur de las islas hasta subhúmedo en las cumbres, con valores medios semiáridos.

La compleja geología del Levante español hace que existan numerosos acuíferos en unidades de tamaño pequeño a medio (entre algunos km<sup>2</sup> y algunas centenas de km<sup>2</sup>), principalmente en carbonatos, y algunas depresiones profundas rellenas de materiales detríticos de tamaño medio. A pesar de la gran compartimentación y las relativamente pequeñas porosidades medias de los materiales carbonatados, las reservas de agua subterránea pueden ser relativamente importantes al tener a veces grandes espesores. Existen unos 250 acuíferos en una superficie de unos 13.000 km<sup>2</sup>, casi el 50% de territorio, con una superficie de acuíferos intensamente explotados del orden de 9000 km<sup>2</sup>, los que en buena parte están sometidos a minería del agua subterránea. Parte de ellos están compartidos entre las Cuencas del Júcar (Xúquer) y del Segura. En Canarias los acuíferos están en formaciones volcánicas o las que se derivan de las mismas, muy variables y heterogéneas, en general con núcleos insulares de muy baja permeabilidad y una cobertera con materiales permeables pero que pue-

den estar no saturados. Se considera que hay explotación intensiva de acuíferos cuando se ha modificado de forma significativa el funcionamiento natural y las relaciones con su entorno, lo que va acompañado de una progresiva disminución de las reservas de agua subterránea, que tienden a una estabilización (reservas dinámicas), las que en buena parte son lentamente recuperables tras el cese de la explotación. Se considera que hay minería del agua subterránea cuando las extracciones superan a la posible recarga, se produce una continuada disminución (consumo) de las reservas o su reemplazamiento por aguas salinas (aunque esto último no se considera en detalle), de modo que la recuperación tras un hipotético cese de la explotación requiera al menos 50 años.

La evaluación de la explotación intensiva de las aguas subterráneas y de la minería de los acuíferos requiere un conocimiento adecuado de la recarga real, la cual en general es conocida deficientemente y lleva asociada una notable incertidumbre. Además se requiere un modelo conceptual hidrogeológico de funcionamiento validado. Estos modelos existen para buena parte de los acuíferos pero en general se reducen a la parte geológica, en parte a la hidrodinámica y a veces con el soporte de modelación matemática no suficientemente calibrada, pero sin estudios hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales de validación, con algunas excepciones en Canarias.

Las consecuencias de la minería del agua subterránea, que son comunes con la explotación intensiva de los acuíferos, son afecciones a manantiales, caudal de base de ríos y humedales, un encarecimiento del agua extraída por mayor profundidad de extracción, en algunos casos subsidencia del terreno y en no pocas circunstancias una pérdida de calidad del agua. En el Levante español hay diversos manantiales importantes que se han secado o con caudales mermados y el caudal de los ríos principales ha ido disminuyendo o se ha secado, aunque las causas son complejas y poco estudiadas.

Diversos humedales han sido afectados. Existe deterioro de la calidad del agua en parte de los acuíferos. En general estas afecciones no están estudiadas ni cuantificadas ni se conoce el posible interés de una posible restauración.

La subsidencia del terreno a causa de la extracción de agua subterránea es notable en el entorno de Lorca. En Gran Canaria, la mayor parte de los principales manantiales (nacientes) que existían se secaron en el entorno de 1950 a 1960 y los cursos de agua son ahora sólo barrancos de funcionamiento ocasional. En Tenerife el efecto es menos acusado por no existir grandes nacientes.

La explotación ha producido en diversas partes de las islas un progresivo deterioro de la calidad de las aguas subterráneas captadas, con tendencia a ser bicarbonatadas sódicas y con posibles altos contenidos de flúor, en especial en Tenerife.

Las reservas iniciales de agua subterránea del conjunto de acuíferos intensamente explotados en el Levante español se evalúan groseramente en más de 60 km<sup>3</sup>, de los cuales se consideran como explotables alrededor de 25 km<sup>3</sup>. La disminución de reservas se evalúa preliminarmente en cerca de 15 km<sup>3</sup> en 2014, que en buena parte es minería del agua subterránea a una tasa del orden de 0,5 km<sup>3</sup>/a. Estos valores proceden de la evaluación de la diferencia entre extracción y recarga, siendo esta última muy incierta aunque con importancia decreciente al aumentar la diferencia, y también del volumen vaciado multiplicado por la porosidad drenable, también muy incierta. La descarga al mar no es importante excepto para los acuíferos costeros. Los tiempos de recuperación de los acuíferos con mayor intensidad de explotación y minería del agua subterránea, en el supuesto de cese de las extracciones, pueden variar entre 30 años y más de 1000 años, más comúnmente entre 50 y 200 años, como estimaciones groseras preliminares. En otros está en el entorno de 20 años o menos, con lo que no se trataría de minería del agua subterránea propiamente dicha. Las reservas de agua subterránea aún pueden permitir mantener las extracciones entre 15 y 120 años, aunque esas cifras son muy inciertas. En algunos pequeños acuíferos el vaciado es relativamente importante respecto al volumen de agua inicial pero es un problema local que se soluciona fácilmente desde las unidades hidrogeológicas vecinas.

El volumen de reservas de agua subterránea explotable por encima del nivel del mar se evalúa groseramente en 2 a 5 km<sup>3</sup> en Gran Canaria y en 10 a 20 km<sup>3</sup> en Tenerife, aunque sólo una fracción es técnica y económicamente capturable. La extracción de agua subterránea no supera a la recarga, pero una parte de la recarga sale de forma difusa al mar, lo que no es técnicamente evitable, en especial en Tenerife. La reducción de reservas de agua subterránea se puede evaluar groseramente en 0,3 a 0,5 km<sup>3</sup> en Gran Canaria y de unos 2 km<sup>3</sup> en Tenerife, donde la tasa media de disminución está entre 125 y 150 hm<sup>3</sup>/a en las últimas décadas. Estos valores proceden del producto del volumen vaciado por la porosidad drenable, ambos términos muy inciertos. No se puede utilizar la diferencia entre extracción y recarga ya que la descarga al mar es importante y desconocida. En ambas islas se han consumido aproximadamente el 50% de las reservas posiblemente extraíbles. Esta disminución de reservas es en buena parte dinámica en Gran Canaria y lo sería en Tenerife, pero más del 50% de la disminución en Tenerife se debe considerar real minería del agua subterránea a causa del drenado permanente del terreno por las galerías existentes.

En el Levante español la extracción de agua subterránea en los acuíferos intensamente explotados se puede valorar en unos 700 hm<sup>3</sup>/año para una recarga estimada del orden de 200 hm<sup>3</sup>/año. Se estima que unos 400 a 500 hm<sup>3</sup>/a proceden de la disminución de reservas de agua subterránea, de los que alrededor de 200 a 300 hm<sup>3</sup>/a pueden considerarse como minería del agua subterránea propiamente dicha.

Los acuíferos más intensamente explotados son los costeros, los próximos a las grandes demandas de riego, población y turismo y los del Altiplano Murciano y Alto Vinalopó, además de los en relación con el Campo de Dalías. La demanda de agua subterránea y los derechos de extracción aducidos superan la recarga, con lo que la mayoría de acuíferos, excepto los de cabecera de la cuenca del Segura, tienen un consumo sostenido de reservas de agua subterránea. La relación extracción/recarga en los diferentes acuíferos intensamente explotados es frecuentemente mayor que 1, muchas veces hasta 5 y a veces se alcanzan valores de hasta 50, aunque se trata de valoraciones que pueden tener una notable incertidumbre. En algunos acuíferos los descensos del nivel desde el inicio de la explotación superan ampliamente los 100 m, hasta más de 300 m, con tasas de descenso de nivel superiores a 1 m/año en muchos de los acuíferos, frecuentemente de 5 m/año y hasta más de 10 m/año en algunos de ellos o durante ciertos periodos. No se conoce bien qué parte de ese descenso es dinámico y qué parte es debido a minería del agua subterránea, si bien los valores mayores son debidos en buena parte a la extracción minera.

En Gran Canaria domina la explotación mediante pozos a todas las altitudes, con descensos acumulados del nivel del agua subterránea de hasta más de 100 m. En Tenerife domina la explotación mediante galerías a media y moderadamente alta altitud, complementada con pozos en las áreas costeras, con descensos del nivel del agua subterránea de hasta más de 300 m en medianías y cumbres y desplazamientos del tramo productivo en las galerías de más de 1000 m hacia el interior de la isla. Las tasas medias de descenso se evalúan entre 0,2 y 2,6 m/año y las de las últimas décadas entre 0,1 y 0,9 m/año.

En el Levante español son comunes costes/precios del agua subterránea entre 0,3 y 0,4 €/m<sup>3</sup>, según las circunstancias, en aumento por el incremento del coste de la energía para el bombeo, mientras que en Canarias los precios más comunes son del orden de 0,5 €/m<sup>3</sup>, algo mayores en Gran Canaria que en Tenerife. En momentos de gran demanda los precios pueden superar 1 €/m<sup>3</sup> en Gran Canaria. El agua de los acuíferos más intensamente explotados y con mayor efecto minero no siempre es la más cara.

El pago por el agua en la agricultura intensiva de regadío es normalmente una parte pequeña del coste total de la explotación agrícola, de modo que no es un determinante principal de la viabilidad de la explotación, aunque tiene un peso económico significativo en la parte del margen neto económico que puede ser controlado parcialmente por el agricultor. Por esta razón se busca el uso de las fuentes que permiten tener el agua más barata en el lugar de utilización. A falta de caudales de agua superficial accesibles en el lugar de uso, en general a precios que encubren subsidios o economías sin recuperación total de costes, se prefiere el agua subterránea, si bien la minería del agua subterránea produce un encarecimiento progresivo.

Estos efectos son mucho menos sensibles en el caso del abastecimiento urbano y a centros turísticos, donde la posible pérdida de calidad puede tener un efecto económico más importante que el pago por el agua.

La disposición al pago por el agua de los agricultores del Levante español puede llegar hasta 0,4 €/m<sup>3</sup> y a 0,9 €/m<sup>3</sup> puntualmente en caso de sequía para pequeños volúmenes de agua de complemento. En Gran Canaria parece que la disposición al pago puede llegar o superar 1,0 €/m<sup>3</sup> en veranos secos. Los costes actuales del agua subterránea, aun en condiciones de minería, resultan accesibles, de modo que la tendencia es a que el consumo de reservas y la minería del agua subterránea continúen en muchos de los lugares en que se producen, a menos de actuaciones administrativas intensamente disuasorias o en las que se apliquen notables subvenciones para favorecer el uso de otras fuentes de agua.

Muchos aspectos económicos de la minería del agua subterránea son comunes con los de la explotación intensiva, aunque el hecho de que el recurso no sea renovable tiene un coste de escasez y un valor de opción. En las situaciones de explotación intensiva y de minería del agua subterránea del Levante español y de Canarias, la evolución actual de los costes/precios afecta poco por ahora a las extracciones, aunque a más largo plazo se puede producir una disminución de la superficie regada, que en parte ya se ha ido produciendo en algunos lugares. La consecuencia de la baja demanda de otras fuentes de agua es una baja utilización de las instalaciones de producción de agua alternativa, como la desalinización del agua del mar y la reutilización de aguas regeneradas. Esto las encarece en la realidad y hace que las subvenciones para incentivar su uso deban aumentar. El consumo energético tiene en general un peso importante en el coste del agua subterránea extraída y puesta a disposición. El aumento del coste de la energía puede jugar un papel indirecto y no buscado de regulador económico, de modo que sea el principal freno a las extracciones de agua subterránea y su minería, por reducción del uso del agua y no por el acceso a otras fuentes de agua que son también energéticamente intensivas, a menos de notables subvenciones directas o encubiertas.

No se han encontrado evaluaciones explícitas del valor económico bruto y neto de las reservas de agua subterránea consumidas. Para Tenerife, el valor neto de mercado se ha evaluado en 50 M€/a, con un total desde el inicio de las extracciones mediante galerías de alrededor de 3000 M€.

En el Levante español y Canarias, el peso de las subvenciones directas a las aguas subterráneas es pequeño, mientras que es más significativo para otros recursos de agua, lo que produce distorsiones, a pesar de las cuales las aguas subterráneas siguen siendo utilizadas intensamente, minando reservas, y presumiblemente lo continuarán siendo a menos que haya una oferta de agua de otro origen notablemente subvencionada. No se han encontrado datos que permitan

valorar las subvenciones indirectas, las cuales pueden ser importantes y acercar o distanciar los precios relativos de los distintos recursos de agua y que por lo tanto modifican la gestión que se derive de su consideración integrada.

La explotación intensiva de acuíferos y concretamente la minería del agua subterránea en el Levante español y Canarias ha permitido el desarrollo económico y social continuado, evolucionando con las circunstancias, aunque acompañado de costes hidrológicos, ambientales y sociales que en general no están valorados. De hecho, aunque la explotación minera de un acuífero no es hidrológicamente sustentable a largo plazo, puede ser una opción razonable a corto y medio plazo. La gran inercia y resiliencia de los recursos de agua subterránea ha permitido las adaptaciones y cambios socioeconómicos necesarios, aunque con retrasos y costes adicionales debidos a una insuficiente observación de la evolución y su interpretación, tanto por la administración, como por los gestores y políticos, como por los propios usuarios y que no parece en vías de solución, sino al contrario, por una inadecuada valoración de lo que hay que conservar en momentos de crisis económica para poder salir de ella sin excesivos daños.

La minería del agua subterránea es un fenómeno relativamente nuevo al que se le suele atribuir efectos socioeconómicos negativos cuando con frecuencia sólo se trata de una situación transitoria en una evolución que bien conducida permite cambios sociales importantes derivados de un uso temporal del capital natural. En el caso del Levante español y Canarias es a plazo medio, con posible recuperación de parte del patrimonio a largo plazo, pero que requiere que la actividad social evolucione decididamente y que se produzca un cambio de paradigma en la actividad económica y social, ya demandados en parte, pero que no se abordan decididamente y más bien se trata de evitarlos o diferirlos por los estamentos involucrados, que prefieren la más fácil pero más costosa a la larga oferta/petición de agua, en buena parte subsidiada.

La utilización del agua subterránea y de sus reservas aumenta la garantía de disponibilidad de agua para sus distintos usos, lo que se puede valorar como un seguro. Buena parte de los acuíferos explotados intensivamente, incluso los sometidos a minería del agua subterránea, pueden aportar esa reserva. En la sequía de 2005–2009 en el Levante español, especialmente significativa por la reducción de agua superficial disponible, los acuíferos han jugado un papel importante al aportar agua de reservas, parte de las cuales son minería del agua subterránea. Este papel de seguro se obtiene mediante “pozos de sequía”, tanto de titularidad pública como privada, aunque la experiencia de uso es por ahora pequeña. No existen en Canarias, pero allí el peso dominante de las aguas subterráneas en la disponibilidad de agua hace que las sequías sean poco sentidas en cuanto a la disponibilidad de agua, aunque aumenta el estrés por el aumento de la demanda de agua de las áreas que en condiciones normales aprovechan el agua de lluvia.

El hecho de que las aguas sean legalmente del dominio público en España pero que a efectos prácticos buena parte de las aguas subterráneas permanezcan en el dominio privado crea problemas administrativos importantes, que en especial se derivan de la falta de un inventario suficiente de los derechos existentes, pero no parece que limite seriamente la gestión de la explotación intensiva y la minería de las aguas subterráneas en el Levante español y aún menos en Canarias si hay voluntad de gestionar.

Buena parte de los problemas nacen de la rigidez de los derechos de agua, la falta de estudios de detalle, la insuficiente observación y control, la falta de medios administrativos, el no abordar la gobernanza del agua con amplitud y dando cabida y animando la vinculación de los usuarios y la escasa voluntad política para afrontar con decisión los problemas. Se requieren instrumentos distintos a los de aumentar la oferta de agua, lo que además fomenta indirectamente una cultura del derecho a la subvención. Además, la existencia en el Levante español de acuíferos importantes compartidos entre dos demarcaciones hidrográficas requiere órganos propios de gestión a nivel de acuífero que si bien existen en teoría, no son operativos en la práctica.

El tratamiento de las situaciones de explotación intensiva de acuíferos y con minería del agua en el Levante español mediante la herramienta legal de la declaración de acuífero sobreexplotado ha sido poco o nada eficaz por ahora.

Tanto en el Levante español como en Canarias, el desarrollo de las instituciones con acción eficaz de la sociedad civil y de la academia en la gestión y gobernanza de la explotación y minería del agua subterránea es escasa, parece en retroceso y carece de medios. Su fomento e involucración no parece una prioridad en los planes hidrológicos, cuando son necesarias para la aceptación de esos planes además de para la observación y control y en especial para la visión a medio a medio y largo plazo, aunque se apuntan mejoras por el camino de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas, de las que ya hay ejemplos eficaces, pero no en el área aquí considerada.

La notable representación de los usuarios de aguas subterráneas en los Consejos Insulares de Aguas canarios ha venido frenando su actuación propia, que hoy se centra más en grupos de empresarios y de comercio del agua.

En Gran Canaria y Tenerife, la iniciativa privada ha tenido un papel dominante y continuado en la captación de agua y en especial de agua subterránea, de forma que no se han producido situaciones importantes de escasez, pero con un notable consumo de reservas. La oferta de agua pública por la administración ha permitido diversificar las fuentes pero con subsidios, lo que ha contenido los precios de mercado del agua pero también ha desincentivado las inversiones privadas en un momento en que la capacidad pública para realizarlas está muy mermada.

Los aspectos éticos y morales de la minería del agua subterránea no han sido abordados abiertamente en el Levante español y Canarias, ni tampoco en lo que respecta a la propuesta de soluciones alternativas a la explotación intensiva y minera del agua subterránea.

En el Levante español hay ejemplos de transacciones de agua pública –aún poco evaluadas en sus aspectos económicos y sociales– además de un poco conocido comercio de agua en el dominio privado, aunque es limitado. En Gran Canaria y Tenerife este comercio es generalizado, en situaciones que se aproximan a las de mercados libres, cuya valoración social y ética está por realizarse. Actualmente sufren y pueden sufrir cambios importantes en su funcionamiento y capacidad a causa de la oferta pública de agua en el mercado, que puede retraer las inversiones privadas en un momento de escasas inversiones públicas. No obstante el comercio del agua no protege al medio ambiente y sus servicios, para lo que se requiere una intervención pública con el apoyo de la sociedad civil.

Los explotadores locales del agua subterránea piden que se permita la explotación intensiva y la minería del agua subterránea, en especial en Tenerife, ya que pueden continuar produciendo el agua que se demanda a precios competitivos y sin o con una razonable pérdida de calidad. Es una visión cortoplacista que se apoya en que buena parte de la inversión para la captación ya está hecha. Una visión a medio y largo plazo, que debería ser la de la administración pública del agua y la de la sociedad civil y que es lo que pide la aplicación de los principios de la Directiva Marco del Agua europea, debería tender a la reducción de las extracciones, salvo en el caso de acuíferos con muy grandes reservas, que no existen en las áreas consideradas. Es un caso que requiere gobernanza con soluciones acordadas mutuamente en que, respetando la legislación, se busque que todos ganen algo. Esto supone buen conocimiento, observación, control, capacidad para corregir desviaciones y transparencia en la puesta a disposición de la información y en las actuaciones. Esto aún no existe a nivel suficiente e incluso de mínimos en el Levante español y en Canarias.

Sin estudios y consideraciones más detalladas y ponderadas no es posible evaluar la realidad social y económica de la minería del agua subterránea en España, aunque sólo se trate de una evaluación cuantificada preliminar. Ello es además así por los componentes no cuantificables e intangibles. Cabe considerar a la minería del agua subterránea como una forma más de minería de sólidos o fluidos (gas natural o petróleo), de modo que la actividad cesa con el agotamiento práctico de las reservas utilizables. Sin embargo, hay diferencias importantes, como: 1) el agua es vital mientras que la otras sustancias no lo son; en eso se parece más al aire y a bienes comunales, 2) en muchos casos, con el agua se atiende y da empleo en el lugar del recurso o en su entorno a una importante población, mucho mayor que la asociada a la minería clásica, que no es tras-

ladable de lugar y que supone un valor social importante y 3), el agua subterránea del acuífero objeto de minería, en la mayor parte de los casos ya tiene una función ecológica importante que va a disminuir, degradarse o desaparecer, y esto y los servicios que proporciona pueden tener un valor económico, social y sentimental significativo e importante.

Por lo anteriormente expuesto, la minería del agua subterránea tiene asociada unas externalidades negativas que pueden ser importantes. El que casi nunca se hayan considerado ni valorado ni repercutido los costes de estas externalidades no quiere decir que no existan y que no deban tenerse en cuenta. En la realidad esos costes los han estado pagando y los pagan terceros y la sociedad y los pagarán las generaciones futuras. Suponen una competencia desleal respecto a los que conservan los recursos de agua. Esto subyace en las normativas que rechazan la minería del agua subterránea, como lo hace indirectamente la Directiva Marco del Agua europea, aunque sin estudios que lo fundamenten y valoren. Pero, por otro lado, esa minería del agua subterránea ha sido y puede seguir siendo el motor de desarrollo que iguale diferencias económicas y sociales dentro de un conjunto, como la Unión Europea, que substituya a los fondos de compensación interregional. Faltan evaluaciones de la eficacia de unos y otros, pero la experiencia parece mostrar que el uso de las compensaciones interregionales ha sido poco eficiente, mientras que el agua subterránea minada parece haber sido utilizada con cierta eficacia y menor corrupción. No obstante son apreciaciones no fundamentadas. Salvo para usos moderados de grandes acuíferos, que no es la situación española, la minería del agua subterránea es un fenómeno transitorio, con un plazo temporal, que requiere un final en que la sustentabilidad económica y social se base en otros componentes de soporte. Normalmente esto supone un cambio de paradigma que hay que ir afrontando, cuanto antes mejor para que el estrés que supone sea lo menor posible. La gran reserva de agua de los acuíferos favorece la posibilidad de una transición suave y dilatada en el tiempo y que, a través del coste incremental y la escasez progresiva, fuerza a adoptar los cambios necesarios, siempre y cuando las observaciones físicas, económicas y sociales sean las adecuadas, no interfieran los subsidios y no haya una distorsión política de la realidad.

## General summary

The objective of this report is to compile and analyse preliminary the intensive development of aquifers and the groundwater mining in the Spanish areas where they develop most intensively: the Spanish South-east (in the Vinalopó and Segura river basins and in the north-eastern sector of the province of Almería) and in the Canary Islands (Gran Canaria and Tenerife Islands). The total surface area in the Spanish South-east is about 29,000 km<sup>2</sup>, with important urban areas and tourist developments and where about 150,000 ha are irrigated with groundwater besides some

areas where groundwater is for irrigation. Gran Canaria and Tenerife Islands have a total surface area of around 3600 km<sup>2</sup>, close to 1.9 million inhabitants and 15,000 ha of irrigated land, almost exclusively with groundwater. The compilation and analysis of documents is limited to what is needed to get the main objective of evaluating groundwater mining in the selected areas from the hydrological, hydrogeological, economic, administrative-legal, social and ethical points of view.

The climate of the Spanish North-east is semi-arid, trending to arid toward the South and subjected to significant rain droughts and even more to scarce flows in the rivers. In Gran Canaria and Tenerife the climate varies from arid in the southern coastal areas to sub-wet in the highlands, with semi-arid average values.

The complex local geology of South-eastern Spain produce numerous small aquifers of small to medium size units (from some km<sup>2</sup> to some hundred km<sup>2</sup>), mainly in carbonates, and some medium-sized, deep depressions filled with detrital materials. In spite of the great compartmentalization and small porosity of carbonated materials, groundwater reserves may be relatively important due to the great thickness of some of the formations. About 250 aquifers exist in a surface area of about 13,000 km<sup>2</sup>, almost the 50% of the territory, with a surface area of about 9000 km<sup>2</sup> of intensively exploited aquifers, many of them subjected to groundwater mining. Some of them are shared by the Júcar (Xúquer) and Segura river basins. The aquifers in the Canary Islands are in volcanic formations or those derived from them, highly variable and heterogeneous, generally with island cores of very small permeability and a cover of permeable materials which may be unsaturated.

It is considered that intensive aquifer exploitation is being produced when the natural functioning of the aquifer has been significantly modified as well as its relationships with the boundary water bodies. This is accompanied by a slow groundwater reserves decrease, with a trend to stabilization (dynamic reserves) and that can be recovered after ceasing the abstractions in the medium- to long-term. It is considered that there is groundwater mining when abstractions exceed the possible recharge and continuous reserve depletion is produced or fresh water reserves are replaced by saline water (this last is not considered here in detail) and the recovery after a hypothetical cease of exploitation requires at least 50 years. The evaluation of intensive groundwater exploitation requires an adequate knowledge of actual recharge, which is generally poorly known and includes a noticeable uncertainty. Besides, a validated conceptual hydrogeological model of aquifer functioning is needed. These models are available for a good deal of the aquifers but generally they reduce to the geological and partly to the hydrodynamic aspects and sometimes with the support of not sufficiently calibrated mathematical modelling, but without hydrogeochemical and environmental isotope studies to validate them, with some exceptions in the Canary Islands.

The consequences of groundwater mining, in common with that of intensive aquifer exploitation, are modification of spring flow, river base flow and wetlands, the increasing cost of the abstracted water due to the higher elevation, in some case land subsidence, and in non-rare situations a loss of water quality. In South-eastern Spain some important springs have dried out or produce decreased flows and the flow of the main rivers have decreased progressively or ceased, although the causes are complex and poorly studied, and several wetlands have been seriously affected. There is a water quality impairment in part of the aquifers. These impacts have generally neither been studied nor quantified it is known the possible interest in their reclamation. Land subsidence due to groundwater abstraction is noticeable near Lorca. In Gran Canaria Island most of the important springs dried out around the 1950s and 1969s and the water streams are now brooks carrying only occasional water flows. This is not so important in Tenerife Island where springs were relatively small. Groundwater exploitation has produced a progressive impairment of abstracted groundwater quality in several areas, trending to be sodium bicarbonate waters or having high fluorine contents, especially in Tenerife Island.

The initial total groundwater reserves of the intensively exploited aquifers in the Spanish South-east are coarsely evaluated as more than 60 km<sup>3</sup>, of which about 25 km<sup>3</sup> are considered exploitable. The reserve exhaustion is preliminary evaluated around 15 km<sup>3</sup> in 2014, which largely correspond to groundwater mining at rates about 0.5 km<sup>3</sup>/year. These values derive from the evaluation of the difference between abstraction and recharge, being this last one very uncertain although with decreasing importance as the difference increases, and also the emptied volume times the drainable porosity, very uncertain. The discharge into the sea is non-significant except for the small coastal aquifers. The recovery time of the most intensively exploited aquifers, after a hypothetical cease of abstraction, may vary between 30 years and more than 1000 years, frequently between 50 and 200 years as preliminary coarse estimations. In other aquifers the recovery time is about or less than 20 years, so in this case this is not strict groundwater mining. The remaining groundwater reserves may still allow maintaining groundwater development for 15 to 120 years, although these figures are highly uncertain. In some small aquifers the rate of depletion is relatively high with respect to the initial water volume but this is a local problem that can be easily solved with water from the neighbouring hydrogeological units.

The volume of groundwater reserves exploitable above sea level is evaluated coarsely as 2 to 5 km<sup>3</sup> in Gran Canaria Island and as 10 to 20 km<sup>3</sup> in Tenerife Island, although only a fraction is technically and economically drainable. Groundwater abstraction is less than recharge but a fraction of this recharge outflows in diffuse form into the sea and this is technically unavoidable, especially in Tenerife Island. The decrease of groundwater reserves can be coarsely evalua-

ted 0.3 to 0.5 km<sup>3</sup> in Gran Canaria Island and in about 2 km<sup>3</sup> in Tenerife Island, where the average rate of reserve depletion varies from 125 to 150 hm<sup>3</sup>/year in the last decades. These values derive from the emptied volume times the drainable porosity, both very uncertain. The difference between abstraction and recharge cannot be used as the outflow to the sea is significant and unknown. About the 50% of the accessible groundwater reserves have been consumed in both islands. Most of this reserve depletion is dynamic in Gran Canaria Island and more than 50% of the depletion in Tenerife Island has to be considered true groundwater mining due to the permanent drainage produced by the existing water galleries at medium and high elevations.

In the Spanish South-east groundwater abstraction can be evaluated in about 700 hm<sup>3</sup>/year for an estimated recharge of 200 hm<sup>3</sup>/year. It is estimated that about 400 to 500 hm<sup>3</sup>/year come from groundwater reserve depletion, out of which 200 to 300 hm<sup>3</sup>/year can be considered as true groundwater mining. The most intensely exploited aquifers are the coastal ones, those close to the great irrigation, urban and tourist areas and those of the Altiplano Murciano (Highlands of Murcia) and Alto Vinalopó basin, further to those related with the Campo de Dalías. The groundwater demand and the existing water rights exceed recharge, so most aquifers have continued groundwater reserves depletion, except those in the Segura River headwaters area. The ratio extraction/recharge in the different intensively exploited aquifers is often greater than 1, many times greater than 5, up to 50, although these evaluations are highly uncertain. In some aquifers, the water level drawdown from the start of exploitation exceeds widely 100 m, up to more than 300 m, with drawdown rates greater than 1 m/year in many of the aquifers, up to more than 10 m/year in sustained or occasional circumstances. It is not known which part of this drawdown is dynamic and which part is due to groundwater mining, although the greater values are largely due to mining.

In Gran Canaria Island dominates the exploitation by means of wells, at any altitude, with cumulated drawdowns up to more than 100 m. In Tenerife Island dominates the extraction by means of water galleries at mid and high elevation, with groundwater level drawdown up to 300 m in the island inner areas and displacement of the yielding tract of the galleries of more than 1000 m inland wards, complemented by wells in the coastal areas. The average drawdown rates are evaluated to be between 0.2 and 2.6 m/year and between 0.1 and 0.9 m/year in the last decades.

In the Spanish South-east, groundwater prices between 0.3 and 0.5 €/m<sup>3</sup> are common, depending on circumstances and increasing as the cost of energy for the abstraction goes up. In the Canary Islands the most common prices are about 0.5 €/m<sup>3</sup>, more or less stabilized, somewhat greater in Gran Canaria Island than in Tenerife Island. In high water demand moments, the water prices can exceed 1 €/m<sup>3</sup> in



Gran Canaria Island. Water from the most intensively exploited aquifers and presenting the most intense mining effect is not always the most expensive one.

Water payment in intensive irrigated agriculture is normally a small fraction of the total cost of crop production, so as the water does not determine as a principal component the viability of the agricultural development, but it may have a significant weight in the part of the net economic margin that can be partially controlled by the farmer.

This is the reason the farmer looks for the cheapest water sources in the place where it is applied. When surface water flows are no available, in general at prices in the site that hide subsidies or economies without total cost recovery, groundwater is preferred, even if the cost increases progressively due to the mining effect.

These effects are much less sensitive for urban and tourist areas water supply, where the possible loss of water quality has often a higher economic effect than the payment for water quantity. Farmers willingness to pay for the water in the Spanish South-east may go up to 0.4 €/m<sup>3</sup> and temporarily up to 0.9 €/m<sup>3</sup> for small complementary water quantities in case of drought. In Gran Canaria Island it seems that this willingness to pay may reach 1€/m<sup>3</sup> in dry summers. Current groundwater prices under mining conditions are affordable.

So the trend is to continue reserve depletion and groundwater mining in the many places where they are produced, unless dissuasive administrative action is produced or significant subventions are applied to induce the use of other water sources.

Many economic aspects of groundwater mining are common with those of intensive aquifer exploitation, although the fact that the resource is not renewable has a scarcity and option cost. In the situations of intensive development and mining of groundwater in the Spanish South-east and in the Canary Islands, the current water cost/price evolution has a small effect on present groundwater abstraction although at a longer term a reduction in the irrigated surface area may happen, as is currently the case in some areas. The consequence of a low demand of water from other sources is the low use rate of the facilities producing alternative water, as sea water desalination and reuse of reclaimed waste water. This makes them more expensive and that the subventions have to be increased to maintain the prices.

The consumption of energy and its increasing price has in, which is general an important weight on the cost of abstracted and served groundwater, as well as in the industrially produced other water sources. The increase of energy cost may play an indirect and non-looked for role as economic regulator and is a main brake to groundwater abstraction and mining by reducing water use.

The estimation of the gross and net economic value of depleted groundwater reserves has not been reckoned explicitly. For Tenerife Island the net value has been evaluated as 50 M€/year, with a cumulated value since the start of groundwater development by means of galleries of about 3000 M€.

In the Spanish South-east and in the Canary Islands, the weight of direct and indirect subventions is small for groundwater while it is more important for other water resources. This distorts the economic values but in spite of this groundwater continue to be intensely used unless noticeably subsidized water from other origins is offered. No data on the possible evaluation of indirect subventions have been found. This may be important and shorten or make longer the distance between the relative prices of the different water resources and as a consequence modify the management derived from their integrated consideration.

The intensive aquifer exploitation and specifically groundwater mining in the Spanish South-east and the Canary Islands allowed their economic and social continuous development and evolution according to circumstances, although accompanied by hydrological, environmental and social costs, which are generally not evaluated. In fact, even if the mining exploitation of an aquifer is not sustainable in the long term from a hydrogeological point of view, it may be a reasonable option at short- and medium-term. However, the important inertia and resiliency of groundwater resources allowed the adaptation and socio-economic changes, although delayed and with additional costs due to non-enough implementation of monitoring and its interpretation. This involves administration as by, the managers and politicians and the users. This does not seem in the path of solution, but going back. This is due to a non-adequate weighting of what has to be preserved in moments of economic crisis in order to a later way out without excessive damage.

Groundwater mining is a relatively new phenomenon to which negative effects are often associated. In reality it is often only a transient situation inside an evolution that if well-managed allows important social changes from the use of the natural capital. In the case of the Spanish South-east and the Canary Islands this is at medium-term, with possible recovery of part of the heritage at long-term, but an evolving change of the economic and social activity is needed, partly already asked for, but that is not carried out and instead it is avoided or delayed by the different levels and institutions by using the offer/demand of water, partly subsidized.

The use of groundwater and its reserves increases the guarantee of water availability for its different uses, which can be taken and valued as an insurance. Many of the intensively exploited aquifers, even those subject to groundwater mining, may contribute this reserve. In the drought of 2005-2009 in the Spanish South-east, which was especially

important due to the reduction in available surface water, the aquifers played the important role of contributing water from their reserves, part of which came from groundwater mining. This role of insurance is obtained through the so called "drought wells", both publicly and privately owned, although the experience of use is still short. They do not exist in the Canary Islands, but there the dominant contribution of groundwater to water availability makes that droughts have moderate effects on water availability, but with an increasing stress due to the increased complementary water demand in the areas that otherwise use rain-fed water.

Legally, all waters are currently a public domain in Spain but in practice a large part of groundwater rights remain private. This originates important administrative problems, especially those derived from the lack of complete-enough inventory of existing rights. However this does not seriously limits the management of the intensive exploitation and mining of groundwater in the Spanish South-east and still less in the Canary Islands.

The main problems derive from the scarce flexibility of water rights, the lack of detailed studies, the insufficient monitoring and control, the lack of administrative means, the fact of not addressing widely water governance, and incorporating and fostering water users' participation and the scarce political will to address the problems with decision. Management instruments different from water offer are avoided and this fosters a culture of the right to receive subventions. Besides, the existence in the Spanish South-east of important aquifers shared by two hydrographical districts requires their own management organizations at aquifer level, which exist in theory but are non-operative in practice.

The attempts to solve the cases of intensive aquifer exploitation in the Spanish South-east by declaring them legally overexploited have been little or no effective until present.

In the Spanish South-east as well in the Canary Islands, the development of civil society and Academy institutions to participate and foster management and carry out groundwater governance is scarce. It seems that they are going back and lack means to do their job. Fostering them and their involvement do not seem a priority in the Water Plans, while they are needed for the acceptability and feasibility of the plans and to get the needed medium- and long-term vision, besides for monitoring and control. Some improvements are emerging through the Groundwater Users' Communities, although they are scarcely developed in the Spanish South-east and in the Canary Islands. The important representation of groundwater users in the Island Water Councils in the Canary Islands is a brake to their own action, which currently centers preferably in groups of entrepreneurs and water traders.

In Gran Canaria and Tenerife Islands, the private initiative

has had a dominant and sustained role in water and especially groundwater winning, so as important water scarcity situations have not been produced but with an important depletion of water reserves. The offer of public water by the administration allowed diversifying the water sources but with subsidies; this has contained water prices in water markets but has lowered the incentives of the private sector to invest in water.

The ethical and moral aspects of groundwater mining have not being openly addressed in the Spanish South-east and in the Canary Islands nor what refers to the proposal of alternative solutions to the intensive and mining exploitation of groundwater.

In the Spanish South-east examples of public water trading can be found –still poorly evaluated from the social and ethical points of view—besides a poorly known, limited private water trade. In Gran Canaria and Tenerife Islands this water trading is widely practiced, under circumstances close to that of a free water market but whose economic and social evaluation has not been done. Currently they suffer and could suffer in the future important changes due to the public offer of water, which may discourage private investment in a moment of scarce public investment. However water trading does not protect the environment and the services it provides. This protection needs the public administration to intervene with the support of civil society.

Local groundwater developers ask the intensive and mining exploitation of aquifer to be allowed, especially in Tenerife Island, as they can continue producing the water demanded at competitive prices and without or with small water quality impairment.

This is a short-term vision which relies partly on the fact that most investments to get the water are already done. A medium- and long-term vision, which should be that of the public water administration and of the civil society, and which is what is required by the European Water Framework Directive, should tend to abstraction reduction, except when large water reserve aquifers exist, and this is not the case in the considered areas. This is a situation that requires governance, with mutually agreed solutions so as, complying with legal rules, a win-win situation is accomplished. This means good knowledge, monitoring, control, capacity to correct deviations and transparency in the supply of information and in the actions. This still does not exist at sufficient level and even at minimum level in the Spanish South-east and in the Canary Islands.

Without more detailed and weighted studies and considerations it is not possible to evaluate the social and economic reality of groundwater mining in Spain, even a preliminary quantified evaluation. Besides, this cannot be done due to the non-quantifiable and intangible components. Groundwater mining could be considered as a further form of mining activity of solids or fluids (natural gas and oil),

so the activity ceases after the practical usable reserves depletion. However, important differences appear, such as: 1) water is necessary for life while the other substances are not; this makes water closer to environmental air and a common good, 2) in many cases, water provides and creates employment, in the place where the resource is or in the surroundings, to an important population, much greater than classical mining, which cannot be relocated and which has an important social value, and 3) groundwater from the aquifer being mined, in most cases has already a significant and important economic, social and sentimental value.

As above shown, groundwater mining has negative externalities associated, which can be important. The fact that almost never these externalities have been taken into account and not valued and their cost not charged does not mean that they do not exist and that they do not have to be considered. Really, these costs have been paid and are being paid by other persons and the society in general, and will be paid by the forthcoming generations.

Thus, groundwater mining introduces an unfair concurrence with respect to those that preserve water resources. This underlies in the norms that reject groundwater mining, as done indirectly in the European Union Water Framework Directive, although lacking studies to support and evaluate this fact. From other point of view, this groundwater mining has been and may continue being the development motor that level economic and social differences inside the group, as it happens in the European Union, to substitute for the inter-regional compensation funds. There are no evaluations of the efficacy of both of them, but the existing experience seem to show that the use of inter-regional compensations have been poorly efficient, while the mined groundwater seems to be used with some efficiency and less corruption. However, these are non-supported appreciations. Except in the case of moderate uses of large aquifers, which is not the situation in Spain, groundwater mining is a transient phenomenon, with a time dead end, which requires a final point in which the economic and social sustainability should be based in other premises.

This means normally a change of paradigm to be confronted, the soon as possible, in order to lessen the associated stress. The large water reserve in the aquifers favors a possible and extended in the time, smooth transition, which forces through the increment of costs and the progressive scarcity of water to adopt the needed changes, with the condition that physical, economic and social monitoring be what is needed, subsidies do not interfere, and political distortion is avoided.

## **Agradecimientos y reconocimientos**

La realización del presente informe ha sido posible gracias a la contribución financiera de AQUALOGY para ayudar a cubrir los gastos de apoyo humano auxiliar y de desplazamientos. Se agradece la confianza puesta en el autor.

El trabajo se ha realizado en y con el soporte del Grupo de Hidrología Subterránea del Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha sido importante el apoyo y asesoría de Cetaqua en la realización.

No se hubiese podido realizar la tarea sin las contribuciones desinteresadas de las numerosas personas, a título personal o institucional o empresarial, que se relacionan en el Apartado I.4 del Capítulo I, con mayor o menor dedicación y contribución especializada o de colaboración a la localización de expertos o de fuentes de información y entre ellos los que han aportado escritos extensos de su propia elaboración o detalladas sugerencias y correcciones a los diferentes capítulos, como Andrés Sahuquillo, Adolfo Hoyos-Limón, Luis Olavo Puga, José Miguel Andreu Rodes, Tomás Rodríguez Estrella y el grupo de aguas subterráneas de la Diputación de Alicante.

## PREÁMBULO<sup>1</sup>

MASE es un ambicioso proyecto de compilación, ordenación y síntesis de la problemática de la explotación intensiva de aguas subterráneas en España, entrando en dos áreas de especial relevancia: el levante peninsular y las Islas Canarias, con especial foco en Tenerife y Gran Canaria. El reto asumido por el profesor emérito Emilio Custodio (coordinador del proyecto) consiste en abordar la minería del agua subterránea desde sus múltiples facetas: hidrogeológica, económica, ambiental, social, cultural y ética. El documento que a continuación se presenta se basa en la en ocasiones mal llamada “sobreexplotación de acuíferos”, intentando tecnificar el término aportando tres definiciones básicas: explotación intensiva, sobreexplotación y minería del agua subterránea. Esta reflexión inicial sobre la terminología se describe en el capítulo I del documento, cuya lectura es clave para entender el resto de trabajo.

En España, el 22% de los recursos hídricos provienen de las aguas subterráneas, si bien su distribución es irregular en el territorio. El Levante español encabeza el índice de mayor porcentaje obtenido de aguas subterráneas. Sus condiciones de baja pluviometría (300 – 350 mm como mínimo y 620-1160 mm máximos en cuenca y cabecera respectivamente) y régimen termométrico benigno, que ha favorecido la agricultura intensiva, así lo justifican. Los descensos históricos observados de hasta 350 metros en el Alto y Medio Vinalopó o el acuífero Triásico de las Victorias, con descensos anuales que pueden llegar a cuantificarse en 15 metros por año son la evidencia de la explotación intensiva que se ha llevado a cabo en la zona. Otro dato relevante es el incremento de número de pozos censados entre 1983 a 1985, donde en sólo dos años pasó de ser 7800 a 21000<sup>2</sup>. La inversión pública en la cuenca del Segura para hacer frente a las necesidades hídricas se cuantifica en 52 millones de euros en la ejecución de los llamados “pozos sequía”, para acceder a las grandes reservas de recursos subterráneos y garantizar el suministro. Además de la construcción de nuevos sondeos, algunos existentes, fueron reprofundizados, llegando a los 600 metros en el acuífero Ascoy-Sopalmo o Triásico de las Victorias.

En cuanto a la situación en Canarias, la explotación de los acuíferos se ha llevado a cabo utilizando métodos distintos en función de la ubicación y configuración del terreno. Mientras en Gran Canaria y en las zonas costeras de Tenerife los métodos de obtención de agua se han basado en sondeos tradicionales (registro de 3639 captaciones), en cotas elevadas de Tenerife gran parte de las extracciones se han obtenido mediante galerías. La excavación de galerías comporta un agotamiento del recurso por encima de la cota de excavación, ya que la galería actúa como dren constante de la recarga natural.

En este caso particular, el concepto de minería del agua subterránea toma especial relevancia, ya que la recuperación de niveles es prácticamente imposible.

Las ventajas del uso de aguas subterráneas frente a las superficiales son claras. Las inversiones son generalmente menores, presentan mayor proximidad al usuario y su tratamiento generalmente no es necesario, o menor.

En contraposición, las subvenciones en riego superficial están generalizadas, y hay un mayor control sobre estos recursos por parte de los usuarios. Las asociaciones de usuarios para la gestión colectiva de las aguas son mucho más numerosas en aguas superficiales que en subterráneas (1640 versus 21 y 1022 versus 38 en las cuencas hidrográficas del Ebro y Guadalquivir respectivamente).

Las consecuencias de la minería del agua subterránea conllevan externalidades positivas y negativas. Los efectos ambientales del descenso de niveles freáticos más relevantes son la pérdida de manantiales, secado de zonas húmedas, subsidencia del terreno e intrusión marina.

En este último punto, los problemas de salinidad pueden darse a causa del avance de la cuña de intrusión marina, aunque en Gran Canaria esta problemática ha sido causada principalmente por ascensos verticales de aguas profundas de origen marino en formaciones muy permeables. Una evidencia de cambios en el paisaje es la desaparición de los llamados “siete ríos” de Gran Canaria, que desaparecieron en el siglo XX, o la dramática desecación que afectó a las Tablas de Daimiel durante varias décadas.

Cabe destacar el papel de la minería subterránea en el desarrollo de la economía local o regional, y la fijación de población en zonas donde de otro modo quedarían despobladas. A pesar de ello, se trata de un aprovechamiento temporal en el sentido de que varias generaciones se pueden aprovechar de los recursos subterráneos de forma sostenible durante un periodo de tiempo.

Un claro ejemplo de cómo la minería subterránea regula en parte la economía local y regional es el abandono progresivo de la agricultura en Gran Canaria, donde la superficie de regadío se ha visto reducida de 12,8 a 9,8 miles de hectáreas desde 1975 a 1996. Este efecto de reducción de superficie agrícola no es tan claro en el levante español, donde la agricultura tiene un peso mayor en el PIB regional (en Canarias sólo supone un 9%, incluyendo agricultura y pesca, mientras que los servicios suponen el 65%) y donde el agotamiento de recursos ha sido suplido por redotaciones con aguas el Trasvase Tajo Segura y las desaladoras del Plan Agua.

<sup>1</sup>Autor: Marta Hernández (Cetaqua) / Revisor: Eduardo Lupiani (AQUATEC)

<sup>2</sup>No todos son de nueva construcción, sino que algunos existentes también fueron censados en esta época.

El tipo de cultivo y la tecnificación de las explotaciones causan diferencias significativas en el coste que supone el agua subterránea en la agricultura. Mientras en Andalucía el 2% del coste producto económico es debido al agua, en Canarias se ubica entre el 9% y el 12% del total de la explotación agrícola. Para vincular la minería del agua subterránea y el desarrollo económico, el estudio recomienda la ejecución de planes que incluyan alternativas en el caso de agotamiento de recursos, incluso sugiriendo la reubicación de los usuarios y los usos como hace la minería convencional.

Los numerosos gráficos recopilados en el estudio que muestran evolución de los niveles piezométricos, número de captaciones existentes o volúmenes captados tienen una similitud en cuanto a tendencias históricas. Mientras que en la segunda mitad del siglo XX se produjo un aumento exponencial de las captaciones y volumen extraído de los acuíferos y un descenso continuado en los niveles de agua, en la década de 1990 se ha llegado a una estabilización de la situación, dada en parte por la regulación natural de los sistemas. En muchas ocasiones el factor económico es el que condiciona el techo de inversión disponible para seguir captando agua subterránea, y el umbral para abandonar la actividad o que otras fuentes alternativas de agua empiezan a competir con los pozos y sistemas de bombeo. Como ejemplo, en estas condiciones se da una proliferación de plantas de desalación o de tratamiento de aguas subterráneas salobres<sup>3</sup>. A pesar de ello, no se puede generalizar utilizando datos promedio, ya que los costes de bombeo pueden suponer un coste insignificante o relevante para la explotación. Los valores reportados van desde 0,04 a 0,28 €/m<sup>3</sup> en función de los metros de elevación y/o profundidad del nivel piezométrico.

En cuanto a los métodos de control y cuantificación, se cita constantemente la incertidumbre en la obtención de datos fiables de la recarga, aunque en el balance global, cuando la extracción supera en mucho la recarga estimada, esta incertidumbre deja de ser relevante en peso absoluto. Técnicas avanzadas como la isotopía ambiental se han aplicado con éxito para calcular la recarga. El informe en su capítulo VI sobre la gestión repasa la evolución histórica de la legislación española en materia de aguas subterráneas. Se realiza un análisis sobre los mecanismos de gestión y planificación actuales, en parte basados en un sistema top-down, de arriba hacia abajo, sugiriendo que una gestión con mayor participación de los usuarios y la sociedad sería más conveniente para la gestión eficiente de los recursos. Para ello, en la sección VI.3.1 se citan recomendaciones para la adecuada planificación. Los gestores deben entender las complejidades y peculiaridades del agua subterránea, incluyendo las dificultades en monitorización y las escalas territoriales de trabajo amplias.

<sup>3</sup>Las aguas subterráneas salobres proceden de pozos que se han salinizado por intrusión salina lateral o por ascenso salino causado por la sobreexplotación de aguas salinizadas.

Es en este ámbito de la gestión donde el Grupo Agbar lleva años trabajando en concesiones para el abastecimiento de agua potable en zonas áridas o semi-áridas, donde es frecuente la minería del agua. En estas áreas es imprescindible un conocimiento profundo de los recursos locales y una planificación de explotación detallada, siempre basada en la gestión conjunta de recursos superficiales, subterráneos y fuentes alternativas, como la desalación, reutilización, recarga y almacenamiento temporal de excedentes puntuales, o captación de aguas de drenajes urbanos.

En este contexto, AQUALOGY como parte del Grupo Agbar, bajo la supervisión técnica de Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua, ha financiado este interesantísimo trabajo avalado por más de 50 años de experiencia del profesor Emilio Custodio. Es merecido el reconocimiento de un trabajo excelente por parte del autor, así como a su equipo de trabajo en la Universidad Politécnica de Catalunya. Se hace extensivo el agradecimiento a las colaboraciones recibidas por 120 participantes que a través de cuestionarios, comentarios, contribuciones y entrevistas han sido en parte la base del trabajo realizado y le dan una visión inter-disciplinar y plural que hace que este trabajo se convierta en un documento de referencia para la hidrogeología aplicada y la gestión de recursos subterráneos en el futuro.

**AQUALOGY**

# ÍNDICE GENERAL

Presentación .....	01
Resumen general .....	02
General summary .....	06
Agradecimientos y reconocimientos .....	10
Preámbulo .....	11

## Memoria

### Capítulo I

#### Introducción y conceptos

I.1 Introducción y objetivos .....	15
I.1.1 Introducción .....	16
I.1.2 Objetivos .....	17
I.2 Conceptos y definiciones .....	17
I.3 Realización del informe .....	21
I.4 Participación .....	21
I.5 Referencias .....	25

### Capítulo II

#### Minería de agua subterránea

II.1 La explotación intensiva y la minería del agua subterránea a nivel mundial .....	27
II.2 Explotación intensiva y minería del agua subterránea en España .....	33
II.3 Consecuencias de la explotación intensiva y minería del agua subterránea .....	37
II.4 Consideraciones sobre la recarga a los acuíferos ..	39
II.5 Consideraciones generales sobre el contenido del informe .....	41
II.6 Referencias .....	42

### Capítulo III

#### Aguas subterráneas y minería del agua subterránea en el Levante español

III.1 Características del Levante español .....	49
III.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó y explotación intensiva .....	57
III.2.1 General .....	57
III.2.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó .....	59
III.2.3 Acuíferos de Crevillent, Algaiat y Quibas en las cuencas del Júcar y del Segura .....	66
III.3 Las aguas subterráneas y su explotación intensiva en la Cuenca del Segura .....	70
III.3.1 General .....	71
III.3.2 Acuíferos muy intensamente explotados ..	81

III.4 Principales acuíferos de Almería en el Levante español .....	87
III.5 Estimación de la recarga a los acuíferos del Levante español .....	90
III.6 Evaluación del consumo de reservas de agua subterránea .....	91
III.7 Agradecimientos .....	94
III.8 Referencias .....	94

### Capítulo IV

#### Explotación intensiva y minería del agua subterránea en Canarias

IV.1 Características generales del archipiélago canario ....	102
IV.1.1 Características básicas .....	102
IV.1.2 Recursos de agua subterránea .....	103
IV.1.3 Explotación de los recursos de agua subterránea .....	105
IV.1.4 Uso de las aguas subterráneas .....	107
IV.1.5 Conocimiento científico .....	108
IV.1.6 Calidad de las aguas subterráneas .....	109
IV.1.7 Estimación de la recarga a los acuíferos ....	110
IV.1.8 Comentario general .....	110
IV.2 Consideraciones sobre Gran Canaria .....	111
IV.3 Consideraciones sobre Tenerife .....	115
IV.4 Evaluación de la minería del agua subterránea en Gran Canaria y Tenerife .....	122
IV.5 Agradecimientos .....	123
IV.6 Referencias .....	123

### Capítulo V

#### Aspectos económicos de la explotación intensiva y de la minería del agua subterránea en España

V.1 Costes, precios y valor del agua subterránea .....	129
V.1.1 Consideraciones generales .....	129
V.1.2 Consideraciones sobre los costes y precios del agua .....	131
V.1.3 Beneficios del uso del agua en la agricultura .....	134
V.1.4 El agua como bien en un contexto económico .....	134
V.2 Datos sobre costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en España .....	135
V.2.1 Costes del agua y del agua subterránea ..	135
V.2.2 Efecto del coste de la energía en el coste del agua .....	136
V.2.3 Costes, precios y tarifas del agua y del agua subterránea .....	137

<b>V.2.4</b> Productividad económica del agua y del agua subterránea .....	137
<b>V.2.5</b> Aspectos económicos de otras fuentes de agua .....	138
<b>V.3</b> Costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en el Levante español .....	140
<b>V.3.1</b> Costes y tarifas del agua y del agua subterránea .....	140
<b>V.3.2</b> Productividad económica del agua y del agua subterránea .....	145
<b>V.3.3</b> Precios del agua importada y de transacciones .....	146
<b>V.4</b> Costes y precios del agua y del agua subterránea en Canarias .....	147
<b>V.5</b> Tasación de la explotación del agua subterránea ..	152
<b>V.6</b> Aspectos económicos del agua en relación con la minería del agua subterránea .....	153
<b>V.7</b> Agradecimientos .....	155
<b>V.8</b> Referencias .....	155

## Capítulo VI

### Aspectos de gestión del uso intensivo y minería de las aguas subterráneas en España

<b>VI.1</b> Aspectos generales .....	161
<b>VI.2</b> Marco legal y administrativo de las aguas y de las aguas subterráneas en España .....	162
<b>VI.2.1</b> Consideraciones generales .....	162
<b>VI.2.2</b> La Ley de aguas española y las aguas subterráneas .....	163
<b>VI.2.3</b> La Ley de aguas en Canarias .....	165
<b>VI.2.4</b> La planificación hidrológica en España y las aguas subterráneas .....	165
<b>VI.2.5</b> La administración pública del agua en España .....	166
<b>VI.2.6</b> La explotación intensiva de las aguas subterráneas en el marco legal .....	167
<b>VI.3</b> Gestión de los recursos de aguas y de las aguas subterráneas en España .....	169
<b>VI.3.1</b> Consideraciones generales .....	169
<b>VI.3.2</b> Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea .....	171
<b>VI.3.3</b> Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea en el Levante español .....	173
<b>VI.3.4</b> Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea en Canarias .....	176

<b>VI.4</b> Instituciones y aspectos institucionales en relación con el agua subterránea .....	181
<b>VI.4.1</b> Aspectos generales .....	181
<b>VI.4.2</b> Instituciones de gestión colectiva y comunidades de usuarios de agua subterráneas .....	182
<b>VI.4.3</b> Instituciones de gestión del agua subterránea en el Levante español .....	185
<b>VI.4.4</b> Instituciones de gestión del agua subterránea en Canarias .....	186
<b>VI.5</b> Transacciones, comercio y mercados del agua subterránea en España .....	187
<b>VI.5.1</b> Aspectos generales .....	187
<b>VI.5.2</b> Transacciones de agua en el contexto del Levante español .....	190
<b>VI.5.3</b> Los mercados de agua en Tenerife y Gran Canaria .....	191
<b>VI.6</b> Aspectos de gestión del agua en relación con la minería del agua subterránea .....	193
<b>VI.7</b> Agradecimientos .....	194
<b>VI.8</b> Referencias .....	194

## Capítulo VII

### Aspectos sociales del uso intensivo y de la minería del agua subterránea en España

<b>VII.1</b> Consideraciones generales .....	203
<b>VII.2</b> Implicaciones administrativas y de política del agua ..	204
<b>VII.3</b> Aspectos sociales .....	205
<b>VII.4</b> Eficiencia en el uso y ahorro de agua subterránea ..	208
<b>VII.5</b> Implicaciones ambientales .....	209
<b>VII.6</b> Sociedad civil y transparencia .....	210
<b>VII.7</b> Gobernanza .....	210
<b>VII.8</b> Variabilidad climática, sequías y cambio climático y global .....	212
<b>VII.9</b> Consideraciones éticas y morales .....	213
<b>VII.10</b> Aspectos sociales del agua en relación con la minería del agua subterránea en el Levante español y en Canarias .....	215
<b>VII.11</b> Agradecimientos .....	219
<b>VII.12</b> Referencias .....	220

## Contribuciones específicas

<b>A.1</b> Cuestionario y contribuciones	
<b>A.1.1</b> Introducción .....	224
<b>A.1.2</b> Cuestionario de síntesis .....	229
<b>A.1.3</b> Documentos .....	254
<b>A.2</b> Entrevistas	
<b>A.2.1</b> Introducción y resultados .....	464
<b>A.2.2</b> Resultados .....	466

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

**Preámbulo:** Se aportan definiciones básicas y operativas y se trata de ver cuándo en la explotación intensiva de aguas subterráneas los efectos dinámicos se transforman en minería del agua subterránea. Se presentan los objetivos del presente informe, cómo se ha realizado y quienes han participado.

### Resumen

*Este informe tiene por objetivo una recopilación ordenada y clasificada, hasta donde es posible en un tiempo y con recursos económicos limitados, de la documentación que se ha podido obtener sobre la explotación intensiva de acuíferos y minería del agua subterránea, enfocada a las áreas españolas seleccionadas.*

*Para analizar la explotación intensiva de acuíferos con posible existencia de minería del agua subterránea se han seleccionado el Levante español y Canarias, que es donde se produce mayormente. En el Levante español (sudeste peninsular) el interés se centra en las Cuencas del Vinalopó y Segura y en el sector NE de la provincia de Almería y en Canarias se consideran las islas de Gran Canaria y Tenerife.*

*La recopilación y análisis de documentación no es profunda ni detallada sino la necesaria para conseguir el objetivo principal de evaluar la minería del agua subterránea en España bajo sus distintos aspectos: hidrológicos, hidrogeológicos, económicos, administrativo- legales, sociales, ambientales y éticos.*

*Se considera que hay explotación intensiva de acuíferos cuando se ha modificado de forma significativa el funcionamiento natural y las relaciones con las aguas superficiales, otros acuíferos y el mar, lo que va acompañado de una disminución de las reservas de agua subterránea, al principio progresivo, y que puede finalmente estabilizarse o no.*

*Se considera que hay minería del agua subterránea cuando las extracciones superan a la posible recarga y se produce una continuada disminución (consumo) de las reservas de agua subterránea o su reemplazamiento por aguas salinas. Este último caso no se considera en detalle, poniéndose la atención en el consumo de reservas más allá*

*de las reservas dinámicas. Aquí se considera que hay minería del agua si para la recuperación tras un hipotético cese de la explotación se requiere al menos varias generaciones humanas.*

*La explotación intensiva de acuíferos puede ser hidrológicamente sustentable desde el punto de vista del acuífero si las extracciones no superan a la recarga pero puede no serlo bajo otros puntos de vista ni tampoco en acuíferos en conexión hidráulica con el mar, en los que hay que dejar que una fracción de la recarga siga fluyendo al mar.*

*La explotación minera de un acuífero no es hidrológicamente sustentable a largo plazo aunque puede ser una opción razonable bajo diversos puntos de vista a corto y medio plazo y en el caso de grandes acuíferos también a largo plazo.*

*La explotación intensiva de acuíferos y concretamente la minería del agua subterránea ha permitido el desarrollo económico y social de numerosas áreas y en concreto en el Levante español y Canarias, aunque ha conllevado costes hidrológicos, ambientales y sociales. El balance final bajo un amplio conjunto de puntos de vista no es bien conocido aún.*

*Para realizar este informe, además de la búsqueda y consulta de información existente, no exhaustivamente sino la necesaria, se ha contado con la colaboración desinteresada de un buen conjunto de expertos en diferentes ámbitos, que han contribuido mediante respuesta a cuestionarios, preparación de algunas notas extensas, entrevistas y envío de documentación, y que han podido comentar y rectificar los borradores redactados referentes a su especialidad. Su aportación ha sido esencial.*



## Contenido

- I.1 Introducción y objetivos
  - I.1.1 Introducción
  - I.1.2 Objetivos
- I.2 Conceptos y definiciones
- I.3 Realización del informe
- I.4 Participación
- I.5 Referencias

### I.1 Introducción y objetivos

#### I.1.1 Introducción

Toda explotación del agua subterránea que vaya acompañada de un consumo continuado de reservas de agua –minería del agua subterránea– en principio no es sustentable a largo plazo, si bien ese largo plazo puede ser muy dilatado en grandes sistemas acuíferos. La no sustentabilidad no implica que no sea una actividad económica y socialmente viable y aceptable durante un determinado periodo de tiempo. De hecho ha sido el motor del desarrollo en algunas áreas de España y continúa contribuyendo a la creación de riqueza y empleo.

La sustentabilidad de la explotación del agua subterránea de un cierto acuífero o sistema acuífero es un concepto complejo en el que se debe tener en cuenta la cantidad de agua disponible, la calidad del agua aportada y el estado del medio ambiente relacionado en cuanto a funciones y a servicios y bajo considerandos económicos, sociales, administrativo-legales y éticos, además de los hidrológicos. Todos ellos pueden y suelen ir cambiando a lo largo del tiempo.

Algunos aspectos importantes a considerar son:

- coste de explotación del agua subterránea y su evolución con el descenso de los niveles piezométricos a lo largo del tiempo, lo que supone un mayor consumo de energía de extracción y la necesidad de substituir pozos, bombas y elementos asociados al suministro y acceso a la energía
- pérdida de servicios proporcionados por los ecosistemas que dependen del acuífero explotado
- interferencias y costes que han de soportar otros usuarios y la sociedad en general
- en ciertos casos, subsidencia del terreno
- aceptación social
- principios éticos y morales

En general se producen costes crecientes con la explotación, en especial con la explotación minera del agua subterránea, a cambio del beneficio económico y social derivado del uso de ese agua subterránea. La explotación conlleva costes directos e indirectos y efectos intangibles, pero en ocasiones también puede incluir efectos positivos.

La sustentabilidad económica y social derivada de la explotación del agua subterránea no se limita a la de la explotación de dicha agua subterránea sino que se enmarca en la del conjunto integrado de recursos hídricos y su evolución y esto a su vez en el marco de la sustentabilidad de las actividades humanas en relación con el uso del agua o de las que se producen por estar el agua disponible.

Como se presenta en el Apartado I.2, en la realidad es difícil distinguir entre minería del agua subterránea propiamente dicha y los efectos dinámicos asociados a la explotación intensiva de los acuíferos, ya que durante un tiempo se producen efectos similares, a lo que con frecuencia se alude de forma genérica y poco definida como “sobreexplotación”. La no sustentabilidad intrínseca de la minería del agua –se consumen reservas poco o nada renovables– y en especial los costes sociales asociados, son impopulares, pueden crear reacciones mediáticas en contra y puede dar origen a normativas para tratar de impedir que se produzca. Esto puede ser acertado en unos casos pero en otros puede suponer una pérdida de oportunidades de desarrollo económico y social, en especial cuando la minería del agua subterránea se hace de forma racional.

Esa racionalidad puede ser fruto de un planteamiento inicial o más comúnmente ser una consecuencia que se deriva de la toma de conciencia de la evolución que se observa, con adopción de medidas correctoras. En este último caso existe una etapa inicial de deterioro, más o menos dilatada, que se puede acortar y atenuar con conocimiento y buena gobernanza. Los resultados pueden llevar a un desarrollo que es sustentable si hay una progresiva evolución y también a un cambio de paradigma en el momento oportuno que rompa con lo que es costumbre o más cómodo en pos de mayor beneficio social y sustentabilidad. Sin embargo, pueden producirse momentos de tensiones y daños, con costes y beneficios que se aplican desigualmente a los ciudadanos, pero que se pueden paliar y soportar con una adecuada gobernanza del agua.

La minería del agua subterránea –como en otros tipos de minería– puede producir y en muchos casos produce beneficios netos que permiten el desarrollo de las sociedades humanas, de modo que con la capitalización social de esos beneficios es posible evolucionar hacia otros modos de aprovisionamiento hídrico que hagan sostenible la disponibilidad de agua y proporcionen seguridad hídrica, dentro de la a su vez indefinición de sustentabilidad social ya que el contexto es continuamente cambiante. Se trata de algo aún poco analizado en detalle y que merece tratarse con mayor profundidad ante la realidad mundial y la concreta de España. Esto es especialmente importante frente a las obligaciones y restricciones que se derivan de una aplicación estricta, legalista y poco imaginativa de la Directiva Marco del Agua europea, que no está en su espíritu, que se fundamenta en en lograr un buen estado del medio ambiente y evitar competencias desleales entre sus estados miembros. Se debe considerar la posibilidad de negociar excep-

ciones que permitan que la minería del agua subterránea se pueda producir bajo determinadas circunstancias espaciales y temporales, en función de un interés razonable y justificado, que no distorsione la leal competencia y dentro de un contexto de planificación amplio en cuanto al espacio y al tiempo.

Falta un análisis de estos conceptos en España, que debe basarse en la consideración de ejemplos reales españoles en su particular –incluso regional– contexto físico, ambiental, económico, legal, administrativo, ético y social, para tratar de conocer y evaluar el balance final y quienes se benefician y lo soportan y cuál es la prospectiva. Este es en el fondo el objeto del presente estudio–informe, aunque sólo se aportan datos para realizar ese análisis, el cual requiere mayor profundización.

En este informe no se pretende encontrar respuestas definitivas ni proponer acciones concretas, ya que ello no es posible en el contexto del proyecto –una recopilación del estado del conocimiento en un tiempo breve, con recursos muy limitados y sin realizar trabajos complementarios a lo que está publicado o disponible, de fácil acceso– ni dada la gran diversidad de situaciones y las habituales restricciones e ineficiencias legales y administrativas, el comportamiento social de propio de cada lugar y el gran individualismo asociado a la explotación de las aguas subterráneas. Se busca contribuir al conocimiento para una consideración, tratamiento y evaluación más adecuada de la realidad de la minería del agua subterránea, tanto a nivel español como internacional, considerando los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, con el soporte de ejemplos reales, y todo ello con la mayor independencia posible de los posibles condicionantes administrativos, de los grupos humanos implicados y de las orientaciones políticas. Para ello se ha tratado de evitar, en lo posible, ideas y conceptos preconcebidos, algunos de los cuales están profundamente arraigados en el trasfondo legal, administrativo y social español y también en el europeo y mundial.

### I.1.2 Objetivos

El objetivo principal de este estudio–informe es analizar los aspectos económicos, ambientales, sociales, éticos y administrativos del consumo sostenido de reservas de agua subterránea –minería del agua subterránea– en **España**, con el apoyo de un adecuado conocimiento hidrogeológico–hidrogeológico, tanto en cantidad como en calidad, considerando la evolución, estado actual y prospectiva.

Otros aspectos relacionados igualmente interesantes, como los de explotación intensiva, salinización y contaminación, tanto en sus aspectos de cantidad y calidad del agua, aun siendo de gran importancia en sí y en muchas ocasiones los más preocupantes, no son objeto específico de este trabajo. Así, no se consideran aspectos de gran relevancia en España como la intrusión marina, la conta-

minación por nitratos y las afecciones a los humedales de interés europeo y transnacional. Tampoco se consideran cuestiones relativas a las aguas subterráneas transfronterizas por su muy escasa relevancia en el caso español, pero sí que se consideran los a veces notables conflictos entre regiones y entre ámbitos de planificación hidrológica.

Aunque el motivo central está en relación con el consumo continuado de reservas de agua subterránea, por lo menos como iniciador del proceso de desarrollo social, para tener la perspectiva adecuada se las considera en el contexto integral de los recursos de agua y todo ello teniendo en cuenta las implicaciones ambientales, energéticas y territoriales del uso de los recursos de agua.

En lo que sigue se utilizará la designación **minería del agua subterránea (MAS)** con preferencia a **consumo continuado de reservas de agua subterránea**.

La tarea realizada ha sido la de reunir y analizar el conocimiento que ya existe y la experiencia de expertos, así como de personas e instituciones relevantes, para lograr el entendimiento y perspectivas necesarias. Para ello se ha procedido a estudiar la información escrita que se ha podido encontrar y la aportada y a recabar de un conjunto de expertos que se han brindado a colaborar mediante escritos breves o bien respuestas una serie de cuestiones generales y específicas que destilen su experiencia en los aspectos de su especialidad y competencia. También se ha hecho aportando información oral en entrevistas cuyo resultado condensado se refleja en el resumen realizado por el autor de ese trabajo, tras la revisión y acuerdo con el entrevistado. Todos estos escritos están los anejos (Anexo I y Anexo II).

Este estudio–informe ha sido enviado para discusión, complemento y mejoras a los expertos que se relacionan en el Apartado I.4, parte de los cuales han respondido, algunos con gran detalle. Esta fase ha sido esencial para reducir el número de errores e interpretaciones equivocadas o sesgadas, si bien no se descarta que se haya deslizado algunas.

## I.2. Conceptos y definiciones

Toda extracción de agua subterránea supone un descenso de niveles piezométricos –en su caso de la superficie freática– para que el agua fluya hacia la captación. Este descenso supone una reducción del agua almacenada, de forma que al principio el agua extraída procede de ese almacenamiento. A continuación se va produciendo un aporte creciente de agua procedente de la recarga, el cual deja de estar disponible en las descargas naturales o artificiales que existían previamente (Custodio, 2002; Konikow y Leake, 2014). Así, esas descargas se reducen progresivamente hasta alcanzarse un nuevo equilibrio si las otras condiciones se mantienen estables. Pero este

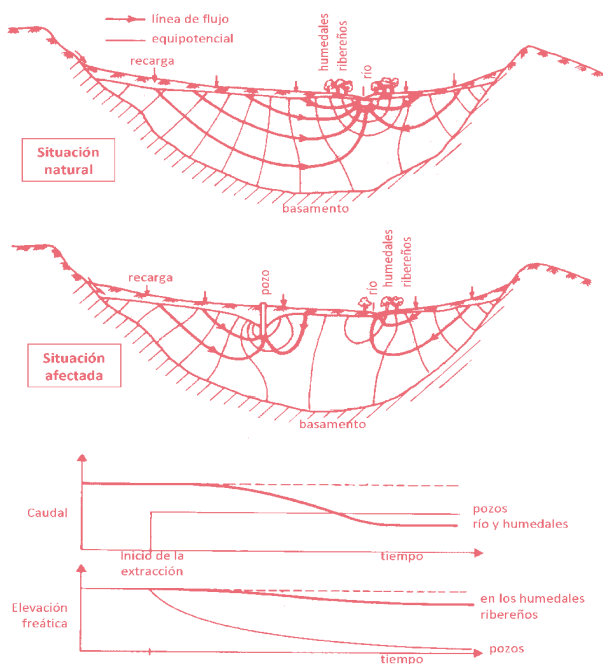
equilibrio sólo se puede alcanzar si la extracción que se realiza es menor que la recarga. De otro modo no se llega a un nuevo equilibrio y se consumen reservas de agua continuamente, hasta su agotamiento práctico o hasta que la extracción ya no puede continuar por razones físicas, de calidad o económicas.

En la realidad hay muchas posibilidades, desde reajustes rápidos en semanas o meses hasta evoluciones a lo largo de decenas de años e incluso milenios, en función del tamaño del sistema acuífero y de sus características hidráulicas (hidrogeológicas), y en ello influye la complejidad del acuífero o sistema acuífero. Los medios naturales son muy diversos, variados y heterogéneos, y con frecuencia están formados por partes más permeables –**acuíferos**– capaces de proporcionar caudales “significativos” a las captaciones y partes de baja permeabilidad –**acuitardos**–, los que pueden almacenar grandes cantidades de agua subterránea que se moviliza lentamente, principalmente a través de los acuíferos, pero que no aportan caudales “significativos” a las captaciones construidas en ellos. El conjunto de acuíferos y acuitardos forma los **sistemas acuíferos**, cuyas descargas naturales y artificiales proceden tanto de los acuíferos como de los acuitardos.

En el supuesto de que la extracción sea menor que la recarga, los descensos necesarios asociados pueden ser desde centímetros a hectómetros, a lo largo de semanas o durando milenios. Estos descensos, que son **descensos dinámicos**, son inevitables y responden al comportamiento hidráulico natural. Pueden estar asociados tanto a pequeñas reducciones como a grandes reducciones del volumen de agua almacenada en el acuífero. En el caso de acuíferos extensos y potentes, estas grandes reducciones suponen una disminución del agua existente en los continentes, la cual que se acumula al volumen de agua en los océanos, como se expone en el Apartado II.1 del Capítulo II. Los descensos dinámicos suponen una reducción de las reservas de agua en el acuífero o sistema acuífero, que se designan consumo de reservas dinámicas. Tras el cese de la explotación las **reservas dinámicas** consumidas se reponen a partir de la recarga que pueda existir, pero con la misma o mayor lentitud con la que se consumieron.

Los resultados de una explotación de agua subterránea son primariamente descensos de niveles piezométricos –en su caso freáticos–, los que se traducen en disminución de la descarga en manantiales, a los ríos como caudal de base y en la transferencia a la atmósfera como evaporación en humedales y áreas de freatofitas (vegetación con raíces capaces de extraer agua subterránea cuando la planta lo requiere), además de las afecciones a otras captaciones de agua subterránea.

Cabe definir varios conceptos relativos a la explotación del agua subterráneas, que se desarrollan en Collin y Margat (1993), Margat (1992; 1993), Custodio (2002; 2010), Custodio et al. (2009), Foster (1993), Hernández-Mora et al. (2001), Llamas y Custodio (2003), Martínez-Cortina et al. (2011):



**Fig. I.1.1** Efectos del establecimiento de una explotación de agua subterránea en un acuífero sencillo y homogéneo con recarga difusa (distribuida) y descarga en un río como caudal de base y en humedales ribereños. Tras el inicio de la extracción se inicia una evolución transitoria con descenso de niveles freáticos y disminución del caudal de descarga y de la extensión de humedales. En el supuesto de que la extracción sea menor que la recarga, la escala de tiempo viene dada por un tiempo de estabilización  $\tau \approx L^2S/T$ ;  $L$  = dimensión;  $S$  = coeficiente de almacenamiento del acuífero;  $T$  = transmisividad hidráulica. El valor  $\tau$  varía desde semanas a meses en acuíferos pequeños con pequeña  $S$  y muy transmisores, hasta siglos en grandes acuíferos con alta  $S$  y poco transmisores.

### Explotación intensiva.

Es la situación en la que se extrae una fracción importante de la recarga posible, lo que va acompañado por cambios importantes en el flujo del agua subterránea en el sistema acuífero y de las relaciones entre sus diversas partes y con las aguas superficiales. Se suele caracterizar por descensos importantes de los niveles piezométricos, que pueden progresar a lo largo del tiempo, a veces a lo largo de un dilatado periodo, y además comportar cambios en la calidad del agua extraída. Suelen haber importantes interferencias entre captaciones y las descargas naturales del sistema acuífero. Se trata de una descripción de una situación, que es cuantificable, pero que no conlleva una cualificación de su bondad (efectos positivos) o daños (costes o efectos negativos).

### Sobreexplotación.

Se aplica cuando se observan efectos que se califican como negativos, tales como descenso continuado o mantenido de niveles piezométricos, con efectos apreciables sobre manantiales, caudal de base de ríos, humedales y áreas de freatofitas (cripto-humedales) y otras captaciones, además de un posible empeoramiento de la calidad del agua. Es un criterio subjetivo, en el que prima la apreciación de efectos negativos no cuantificados. No considera que esos efectos negativos puedan ser debidos a la evolución

hidrodinámica natural y que por lo tanto son inevitables. In extremis, cualquier extracción de agua subterránea puede ser considerada sobreexplotación ya que siempre se le puede atribuir algún efecto negativo, con lo que el concepto carece de rigor y su aplicación resulta confusa y no va más allá de un término coloquial muy difundido y cuyo uso debe ir acompañado de precaución y matización, además de consideración de los beneficios que se derivan. No es raro que se identifique sobreexplotación con extracción que supera a la recarga, lo cual puede y suele ser erróneo. Sin embargo, el término se utiliza y figura en la legislación de aguas española, como se comenta en el Apartado VI.2.1 del Capítulo VI.

### Reservas de agua subterránea.

Es la cantidad de agua contenida en un acuífero o sistema acuífero, total o hasta una cierta profundidad. Es el resultado de considerar los diferentes volúmenes de terreno multiplicados por su porosidad. No toda esa agua es extraíble ya que una parte, una parte importante, no se drena a causa de la retención capilar, de modo que en vez de multiplicar por la porosidad total (reservas brutas) hay que multiplicar por la porosidad drenable (también llamada eficaz, aunque esta denominación suele ser confusa por ser también usada en otras circunstancias) para obtener las reservas drenables. El concepto admite nuevas matizaciones según que se considere de forma diferente la parte que se puede extraer rápidamente de la que requiere un largo tiempo de drenaje o separe agua dulce de la salobre o salina.

### Recursos renovables.

Coinciden aproximadamente con la recarga al sistema acuífero o a una parte del mismo. Esta recarga puede depender de la explotación y de la ubicación de las captaciones, en especial en el caso de acuíferos conectados a aguas superficiales de procedencia externa al acuífero y por lo tanto no es un valor fijo. Cuando el sistema acuífero está principalmente recargado por infiltración de la precipitación, los cambios de la recarga con la explotación son en general pequeños, pero pueden ser muy grandes cuando está en conexión con aguas superficiales. La valoración de la recarga requiere definir claramente las circunstancias en que se produce. Existe una recarga total --la que entra en el sistema acuífero procedente del exterior (precipitación, infiltración de aguas superficiales) --y una recarga neta --la que resulta de restar a la total la que vuelve a la atmósfera por extracción por freatofitas o por evaporación directa en el caso de niveles freáticos muy someros--. Al descender los niveles freáticos a causa de la explotación, la recarga neta tiende a la recarga total y aumentan los recursos renovables, pero a costa de un cambio ambiental. También un acuífero puede intercambiar agua con los acuitardos y otros acuíferos del sistema acuífero o intercambiar agua con otros sistemas, en función de cómo se hayan definido los acuíferos o el sistema acuífero y sus límites. Así, los recursos renovables dependen del estado de explotación del acuífero que se considera.

### Recursos explotables.

Aquellos que pueden ser extraídos con afecciones asumibles. Esto supone una decisión acerca de lo que es asumible, en función no sólo de los efectos sobre otras captaciones de agua subterránea sino sobre otras descargas naturales y en relación con el ambiente. No se trata por tanto un valor determinado y calculable unívocamente sino de conjunto de valores en función de lo que se considere asumible o de lo que se quiere conservar, lo cual es el resultado de decisiones externas a la hidráulica de las

aguas subterráneas. No se decide científica y técnicamente sino que es resultado de los condicionamientos y decisiones sociales y políticas.

### Minería del agua subterránea.

Es una situación de explotación intensiva en la que a largo plazo la extracción supera a la recarga y por lo tanto hay un consumo mantenido de reservas de agua subterránea y un descenso continuado de niveles piezométricos acompañado de un descenso de los niveles freáticos y en ocasiones de un deterioro de la calidad del agua. El término con frecuencia confunde a los no expertos ya que la relacionan con problemas de aguas subterráneas asociados a la minería. Por ello puede ser conveniente hablar de **consumo continuado de reservas de agua subterránea**, aunque el término minería del agua subterránea se sigue usando por estar ya bien introducido y aceptado como término hidrogeológico.

Durante un largo tiempo la evolución inicial en una situación de minería del agua es similar a la de la explotación intensiva con extracción que no supere a la recarga y por eso lo que a veces se califica como minería del agua subterránea es posible que no lo sea, en especial por la dificultad inherente a la cuantificación de la recarga y también de la extracción, dadas las incertidumbres asociadas. La minería del agua subterránea estricta, es decir cuando toda el agua extraída procede de las reservas del acuífero, es relativamente poco frecuente, aunque se da en áreas áridas. Una situación más común es aquella en la que la extracción de agua subterránea supera claramente a la recarga pero con una recarga aún significativa, de modo que si cesase la explotación se podría producir una recuperación lenta de la reserva. El plazo de recuperación es importante e introduce matices.

No es minería del agua el uso de reservas de agua subterránea para compensar variaciones estacionales o interanuales en la recarga, que es un uso común de un acuífero como modo de regulación de recursos de agua, aunque por sus efectos negativos en un cierto momento pueda llegar a ser calificada de sobreexplotación y estar sometida a limitaciones medioambientales o simplemente legales. Se puede considerar que hay **minería del agua subterránea** cuando el tiempo de recuperación tras el cese de las extracciones sea de por lo menos dos generaciones humanas, o sea igual o mayor de 50 años, pero no hay consenso sobre ese valor, aunque es el que se considerará en este trabajo. También la minería del agua subterránea admite una interpretación bajo el punto de vista de la salinidad del agua. Se trata de un consumo continuado de agua dulce de forma que no se reponga (minería estricta) o su sustitución por aguas salinas continentales o marinas antiguas o recientes (intrusión marina). Esto es matizable según que las aguas salobres sean utilizables directamente o tras tratamiento por membranas. Esto supone especificar en cada caso lo que se entiende por minería del agua o consumo sostenido de reservas, además del tiempo mínimo de recuperación. La Tabla I.1.1 resume algunos de los condicionantes. En este informe este aspecto de salinidad sólo se trata secundariamente, sin entrar en detalles, en buena parte porque los datos disponibles para las evaluaciones son muy escasos y poco definidos.

**Tabla I.1.1.** Minería del agua subterránea (consumo continuado de reservas de agua subterránea).  
MINAS = minería del agua subterránea

**Definición:** consumo de reservas de agua subterránea a una tasa mucho mayor que la renovación (recarga)

Referido a:	Es MINAS?	
consumo de volumen total de agua	Si	
consumo de volumen total de agua dulce	Si	
pérdida de calidad	por intrusión marina	?
	por agua salada natural	?
	por contaminación	No
De modo que:	Es MINAS?	
no se reemplaza a largo plazo	Si	
se reemplaza muy lentamente → décadas a siglos	Si	
se reemplaza lentamente → años a décadas	?	
se reemplaza pronto → estacional a pocos años	No	

Tanto la explotación intensiva de acuíferos como la minería del agua subterránea tienen efectos tanto positivos (beneficios) como negativos (costes), tanto directos como indirectos como intangibles (Tabla I.1.2). Los efectos económicos directos son fácilmente valorables pero no las externalidades, en especial en lo que respecta a las im-

plicaciones sociales. La minería del agua tiene además implicaciones éticas y morales en cuanto a cómo afecta a terceros y al medio ambiente y sus funciones y servicios y en especial en lo que respecta a las generaciones futuras, que tienen un contenido ético.

**Tabla I.1.2.** Consecuencias de la minería del agua subterránea

<b>Positivas</b> ☰ beneficios	<b>Negativas</b> ☰ costes
Abastecer agua	energía de bombeo
Desarrollo económico y social	Costes crecientes
Dar empleo	substituciones
Fijar población en el territorio	reponer captaciones
Drenaje de terrenos	Reducción de descargas (de otros recursos)
	Pérdida de calidad (no siempre)
	→ efectos sobre
	personas
	cultivos regados
	industria
	turismo
	<i>Pérdida de caudales extraíbles</i>
	<i>Subsidencia/colapso del terreno (en ciertos casos)</i>
	<i>Merma en servicios ecológicos</i>
	<i>Aumento de polución (posible)</i>

### I.3 Realización del informe

El presente informe se ha realizado mediante:

- 1)** Revisión bibliográfica y de documentación aportada, a la que se suma la propia experiencia del autor. La mayor parte de esa documentación consultada y aportada figura en las referencias de cada sección.
- 2)** Aportaciones de expertos. Se trata de algunos escritos específicos y mayormente de respuestas a las secciones específicas de un cuestionario general, de acuerdo con la especialidad de cada persona. El cuestionario, las respuestas y las contribuciones directas están en el Anexo I. Las que están en forma de publicaciones e informes accesibles se incluyen en el grupo I.
- 3)** Resúmenes de entrevistas con expertos, avalados en lo posible por su conformidad con lo escrito. Estos resúmenes están en el Anexo II.
- 4)** Comentarios a los borradores de los diferentes capítulos, unos detallados y otros genéricos. Las aportaciones se han incorporado directamente el texto del informe, con las indicaciones específicas de los comentarios singulares.

Se ha formado una relación de 120 personas a las que se ha contactado directamente, telefónicamente o mayormente por correo electrónico. De este conjunto:

Personas entrevistadas (una o varias al tiempo)

- a)** para iniciar el trabajo, sin resumen 10
- b)** con resumen 30

Personas que han aportado escritos o respuestas al cuestionario 95

Personas que han enviado comentarios y contribuciones a los borradores de los Capítulos III a VI 30

Las contribuciones recibidas contienen información muy relevante, que se ha utilizado para la redacción del informe. En su caso se cita a los autores de cuestionarios y trabajos específicos como [XXX], entre corchetes rectos, y a los de Entrevistas como {XXX}, entre corchetes curvos, sin indicación de año, en que XXX son siglas según la relación incluida al inicio de las referencias de cada Capítulo. Todas las contribuciones han sido esenciales, lo mismo que las indicaciones incluidas en la extensa correspondencia electrónica.

### I.4 Participación

A la realización del presente informe han contribuido diversos expertos, estudiosos y profesionales en relación con el tema. También han apoyado diversos organismos, facilitando las contribuciones, la colaboración de personas vinculadas a los mismos o facilitando el acceso a sus datos. Esas contribuciones han sido esenciales.

**Personas** que han contribuido (por orden alfabético de apellidos)

A = Aporte con información

Ay = Ayuda para establecer contactos

Q = Cuestionario

E = Entrevista

<b>Contribución</b>	<b>Nombre</b>	<b>Afiliación</b>
E	Carlos Acevedo	SAVASA, Santa Cruz de Tenerife
Q, E, A	José Albiac Murillo	Catedrático de Economía, Universidad de Zaragoza
E, A	Francisco Alcón Provencio	Contratado Doctor en Economía, Sociología y Política Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena
Q	Bartolomé Andreu Navarro	Profesor de Hidrogeología, Universidad de Málaga
Q, A, E	José Miguel Andreu Rodes	Profesor de Hidrogeología, Universidad de Alicante
Q, E	Ramón Aragón Rueda	Investigador, Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Murcia
Q	Adrian Baltanás García	Exdirector General de Obras Hidráulicas, Exdirector de AQUAMED
Q	Juan Batista Gumbau Bellmont	Director Técnico de EVREN, Valencia
Q, A	Julio Berbel Vecino	Catedrático de Economía, Sociología y Política Agraria, Universidad de Córdoba
A, E	Nuria Boluda Botella	Profesor, Universidad de Alicante
Q, E	Juan José Braojos Ruíz	Exfuncionario del Consejo Insular de Aguas de Tenerife
E, Ay	Concepción Bru Ronda	Profesora de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Alicante
E	Francisco Cabezas Calvo	Director del Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia
Ay	María del Carmen Cabrera Santana	Profesor de Hidrogeología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
(E)	Javier Calatrava Leyva	Profesor de Economía, Sociología y Política Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena
A	Juan Carlos Cerón	Profesor de Geología, Universidad de Huelva
Q	Joan Corominas Masip	Exdirector Agencia Andaluza del Agua
E, A	Gonzalo De La Cámara	Profesor de Economía, Universidad de Alcalá de Henares / IMDEA
Q, E	María Dolores De Miguel	Catedrática de Economía, Sociología y Política Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena
E, A	Alberto del Villar García	Profesor de Economía, Universidad de Alcalá de Henares
E	David Díaz Frontón	Aqualia, Tenerife
Q, E	Patricia Domínguez Prats	Investigador, Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Almería
Q	Antonio Embid Irujo	Catedrático de Derecho, Universidad de Zaragoza
E	Teodoro Estrela Monreal	Confederación Hidrográfica del Júcar
E, Ay	José Fernández Bethencourt	Gerente del Consejo Insular de Aguas de Tenerife

Q, E	Miguel Fernández Mejuto	Diputación Provincial de Alicante
Q	Graciela Ferrer Matrieychuc	Profesor, Universidad de Valencia
Q, E	Javier Ferrer Polo	Confederación Hidrográfica del Júcar
E, Q, A	José Luis García Aróstegui	Investigador, Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Murcia
E	Jesús García Martínez	Confederación Hidrográfica del Segura
Q, A	Alberto Garrido Colmenero	Catedrático de Economía Agraria / CEI-GRAM, Universidad Politécnica de Madrid
E	Felipe González Domínguez	González Messeguer Abogados, Santa Cruz de Tenerife
E	Luis González Sosa	Gerente de TAGUA, Santa Cruz de Tenerife
E	José Luis Guerra Marrero	Exgerente del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria
E	Pedro Santiago Henríquez (Mino)	Gerente de la Heredad de Arucas y Firgas, Gran Canaria
Q, E	Juan Antonio Hernández Bravo	Diputación Provincial de Alicante
Q, E, A	Nuria Hernández-Mora	Fundación Nueva Cultura del Agua
Q, E, A, Ay	Adolfo Hoyos-Limón Gil	Exdirector de Aguas del Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife
E, A	José Jiménez Suárez	Exdirector de Aguas del Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria
Q	Francesc La Roca Cervigón	Profesor, Universidad de Valencia
E	Carmelo León González	Profesor de Economía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
E	Juan Antonio López Geta	Instituto Geológico y Minero de España, Madrid
Q	Elena López-Gunn	University of London / Fundación Botín, Madrid
E, A	Josefina Maestu Unturbe	Oficina del Decenio del Agua. Naciones Unidas, Zaragoza
Ay	Marisol Manzano Arellano	Profesor de Hidrogeología, Universidad Politécnica de Cartagena
E	Joaquín Melgarejo Moreno	Profesor, Instituto del Agua, Universidad de Alicante
E	Jesús Mesa Hrenández	Presidente de la Cámara del Agua, Tenerife
E, A	Fernando Ojeda Pérez	S.A.T. Juliano Bonny, Gran Canaria
Q, A	Juan José Ojeda Quintana	Investigador Historia de Canarias / Exfuncionario del Canal de Isabel II
Q	Noemí Padrón Fumero	Profesor de Economía, Universidad de La Laguna
Q, E	Robert Poncela Poncela	Profesional libre, Santa Cruz de Tenerife
E	Daniel Prats Rico	Profesor, Universidad de Alicante
Q, E	Luis Olavo Puga de Miguel	Funcionario (jubilado) del Gobierno de Canarias. Profesor Asociado (jubilado) de la Universidad de La Laguna



Q, E, A	Antonio Pulido Bosch	Catedrático de Hidrogeología, Universidad de Almería
E, Ay	Vicente José Richart Díaz	Gerente Junta Central Usuarios del Vinalopó-Alacantí, Villena
Q, E, A	Luis Rodríguez Hernández	Diputación Provincial de Alicante Profesor de Hidrogeología, Universidad Politécnica de Cartagena
A	Tomás Rodríguez Estrella	Profesor de Hidrogeología, Universidad Politécnica de Cartagena
E	Eulogio Rodríguez Rodríguez	Exgerente Bolsa de Aguas de Tenerife
E	Sergio Rodríguez Rodríguez	Gerente de Comunidad de Aguas Unión Norte de Tenerife
E	Felipe Roque Villarreal	Director ELMASA-Gran Canaria
Q, E	Juan Carlos Rubio Campos	Investigador, Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Granada
A, Q	Andrés Sahuquillo Herraiz	Catedrático Emérito de Hidrología, Universidad Politécnica de Valencia
Q	José María Santafé Martínez	Exdirector General de Obras Hidráulicas del Gobierno español, Valencia
Q, E	Juan Santamarta Cerezal	Profesor de Hidrología, Universidad de La Laguna
E	Melchor Senent Alonso	Universidad de Murcia / Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia
Q, E	Martín Sevilla Jiménez	Catedrático de Economía, Universidad de Alicante
Q, E	Elzbieta Skupień Balon	Profesional libre, Santa Cruz de Tenerife
A	María Luisa Suárez Alonso	Profesor, Universidad de Murcia
Q, E	Teresa Torregrosa Martí	Profesora de Economía Aplicada, Universidad de Alicante
E	José Luis Velasco	Funcionario del Consejo Insular de Aguas de Tenerife
A	María Rosario Vidal-Abarca Gutiérrez	Profesor, Universidad de Murcia

## Organismos que han contribuido (orden alfabético de siglas)

CIAGC – Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria  
 CIATF – Consejo Insular de Aguas de Tenerife  
 CHJ – Confederación Hidrográfica del Júcar  
 CHS – Confederación Hidrográfica del Segura  
 IGME – Instituto Geológico y Minero de España  
 (Sede Central y Unidades de Murcia, Almería y Granada)  
 UA – Universidad de Alicante  
 ULPGC – Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
 UPCT – Universidad Politécnica de Cartagena

## I.5 Referencias

Collin, J.J., Margat, J. (1993). **Overexploitation of water resources: overreaction or an economic reality?** Hydroplus, 36: 26–37.

Custodio, E. (2002). **Aquifer overexploitation, what does it mean?** Hydrogeology Journal, 10(2): 254–277.

Custodio, E. (2010). **Intensive groundwater development: A water cycle transformation, a social revolution, a management challenge.** In: L. Martínez–Cortina, A. Garrido, E. López–Gunn (eds.), Rethinking Water and Food Security. Botín Foundation/CRC Press: 259–298.

Custodio, E., Llamas, M.R., Hernández–Mora, N., Martínez–Cortina, L., Martínez–Santos, P. (2009). **Issues related to intensive groundwater use.** In: A. Garrido and M.R. Llamas (eds.), Water Policy in Spain. CRC Press / Botín Foundation: 145–164.

Foster, S.S.D. (1993). **Unsustainable development and irrational exploitation of groundwater resources in developing nations: an overview.** In: Aquifer Overexploitation. International Association of Hydrogeologists, Selected Papers 3, Heise: 385–402.

Hernández–Mora, N., Llamas, M.R., Martínez–Cortina, L. (2001). **Misconceptions in aquifer overexploitation: Implications for water policy in Southwestern Europe.** In C. Dosi (ed.), Agricultural Use of Groundwater, Towards Integration between Agricultural Policy and Water Resources Management. Kluwer Academic Press: 107–125

Konikow, L.F., Leake, S.A. (2014). **Depletion and capture: Revisiting “the source of water derived from wells”.** Ground Water, 52(1): 100–111.

Llamas, M.R., Custodio, E. (eds.) (2003). **Intensive use of groundwater: Challenges and opportunities.** Balkema Publishers, Lisse: 1–478.

Margat, J. (1992). **Quel est le concept de surexploitation utile a la gestion des eaux souterraines.** Hydrogéologie, 4: 145–152.

Margat, J. (1993). **The overexploitation of aquifers. In: Aquifer Overexploitation.** International Association of Hydrogeologists, Selected Papers 3, Heise: 29–40.

Martínez Cortina, L. Mejías, M., Díaz Muñoz, J.A., Morales, R., Ruíz Hernández, J.M. (2011). **Cuantificación de recursos hídricos subterráneos en la cuenca alta del Guadiana. Consideraciones respecto a las definiciones de recursos renovables y disponibles.** Boletín Geológico y Minero, 122(1): 17–36.

# CAPÍTULO II

## MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

**Preámbulo:** Se presenta la explotación intensiva y la minería del agua subterránea en el contexto mundial y en el español. Se comentan las consecuencias favorables y desfavorables. Se discute el conocimiento de la recarga como término importante en el balance de agua de los acuíferos y sistemas acuíferos. Se presenta el contenido del informe.

### Resumen

*La explotación intensiva de acuíferos es una realidad a nivel mundial desde mediados del siglo XX y más aún desde su último tercio. La tasa de esa explotación intensiva se estima en 730 km<sup>3</sup>/a, de los que 7 km<sup>3</sup>/a corresponden a España y de ellos 1 km<sup>3</sup>/a corresponden al Levante español y casi 0,4 km<sup>3</sup>/a a Canarias.*

*El descenso de niveles del agua subterránea supone una disminución mundial de las reservas de agua subterránea del orden de 4500 km<sup>3</sup>, gran parte de las cuales son reservas dinámicas, es decir consecuencia normal de la explotación en situaciones en que la extracción no tiene que ser y frecuentemente no es superior a la recarga. El agua extraída está ahora incrementando el volumen de océanos y mares.*

*La minería del agua subterránea, que es lo que la extracción supera a la recarga, es menos conocida cuantitativamente y podría ser mundialmente del orden de 20 km<sup>3</sup>/a, con el valor nacional mayor en Arabia Saudita, 10 km<sup>3</sup>, de los que alrededor de 15 km<sup>3</sup> corresponden a España. La tasa de esa minería puede ser mundialmente de alrededor de 20 km<sup>3</sup>/a. En España se evalúa groseramente en 0,5 hm<sup>3</sup>/a, la mayoría en el Levante español y Canarias.*

*Las reservas de agua subterránea aún pueden permitir mantener las extracciones al menos durante 30 a 40 años en los grandes acuíferos con mayor tasa de agotamiento, pero pueden llegar al millar de años en otros. Los tiempos de agotamiento físico, por calidad o económico en los relativamente pequeños acuíferos de las áreas consideradas en España varía entre 15 y 120 años y son una fracción importante de las extracciones totales.*

*El uso del agua subterránea, aunque sólo es el 22% del total de agua usada en España, tiene un muy importante*

*papel económico y social. En muchas áreas agrícolas ha permitido mejorar el valor agrario del secano en un factor 6,5, hasta 5000 €/ha, responde del 30% de los 300.000 empleos directos y el agua produce en agricultura moderna alrededor de 1,5 €/m<sup>3</sup> en promedio.*

*Las consecuencias de la minería del agua subterránea, comunes con la explotación intensiva de los acuíferos, son las afecciones a manantiales, caudal de base de ríos y humedales, un encarecimiento del agua extraída por mayor profundidad de extracción, en algunos casos subsidencia del terreno, y en no pocas circunstancias una pérdida de calidad por salinidad y otros componentes minerales.*

*La evaluación de la explotación intensiva de las aguas subterráneas y de la minería de los acuíferos en cuanto a descenso de niveles, coste de extracción, posibilidad de recuperación y en general la gestión, requiere un conocimiento adecuado de la recarga real que se produce. Esta recarga tiene una notable incertidumbre intrínseca, a la que suma la que se deriva de las simplificaciones, falta de calibración y escasos datos de los métodos disponibles.*

*La incertidumbre del valor de la recarga, tanto espacial como temporalmente, así como de otras variables y parámetros, es algo intrínseco a los recursos naturales y debe ser evaluada y tenida en cuenta en la gestión y gobernanza.*

## Contenido

- II.1 La explotación intensiva y la minería del agua subterránea a nivel mundial
- II.2 Explotación intensiva y minería del agua subterránea en España
- II.3 Consecuencias de la explotación intensiva y minería del agua subterránea
- II.4 Consideraciones sobre la recarga a los acuíferos
- II.5 Consideraciones generales sobre el contenido del informe
- II.6 Referencias

### II.1 La explotación intensiva y la minería del agua subterránea a nivel mundial

Existen inventarios de la explotación intensiva y minería del agua subterránea a nivel mundial. Uno de tales intentos es el de la Figura II.1.1, que combina la recarga media con las extracciones totales y el volumen de reservas de agua subterránea consumido por descenso de nivel del agua en los acuíferos. Lo que se muestra corresponde mayormente a descenso dinámico (véase el Apartado I.2 del Capítulo I) y no necesariamente corresponde a minería del agua subterránea propiamente dicha. Esta situación de consumo de reservas de agua subterránea es consecuencia del desarrollo de tecnología asequible y relativamente económica para captar y extraer el agua subterránea desde el primer tercio del siglo XX, primero con amplia difusión en los Estados Unidos, luego en México, Norte de África, Australia y España, luego en los países árabes y más recientemente y muy intensivamente en India, Pakistán y China, entre otros (Shah et al., 2007). Esto se refleja en la Figura II.1.2. Todos esos países han tenido momentos de rápido crecimiento de la explotación, para luego evolucionar hacia una moderación en los que tienen más tradición, como los Estados Unidos y España. La Figura II.1.3 muestra ese momento de fuerte desarrollo entre 1960 y 1975 en el acuífero Ogallala-High Plains en Kansas, Estados Unidos, que es una referencia a nivel mundial de la explotación intensiva y minera del agua subterránea en un país desarrollado (Hornbeck y Kensin, 2014; Peck, 2007; Scanlon et al., 2012; Sophocleous, 2009; 2012a, b; Steward et al., 2013). En España se reprodujo unos años después.

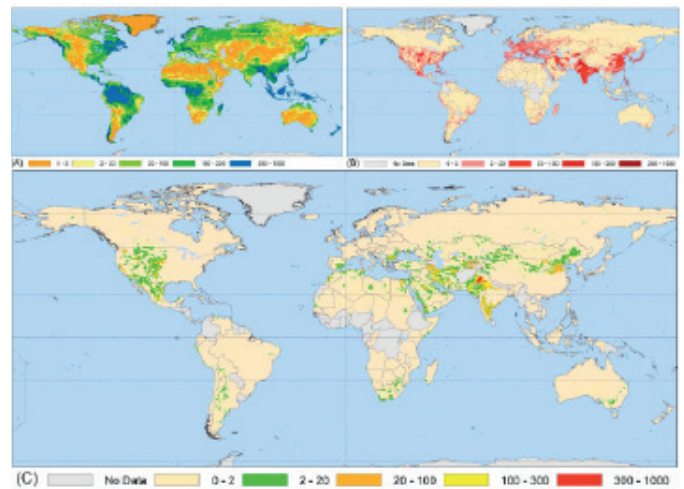


Fig. II.1.1. Uso intensivo global de las aguas subterráneas en el año 2000, según Wada et al., 2010. Valores en mm/a. a) Recarga media a los acuíferos según PCR-GLOBWB (celdas de 0,5°x0,5°); b) Extracciones totales; c) Volumen de reservas consumidas por descenso de nivel, en mm/a (en buena parte dinámico). Nótese la concentración de puntos verdes en el SE español.

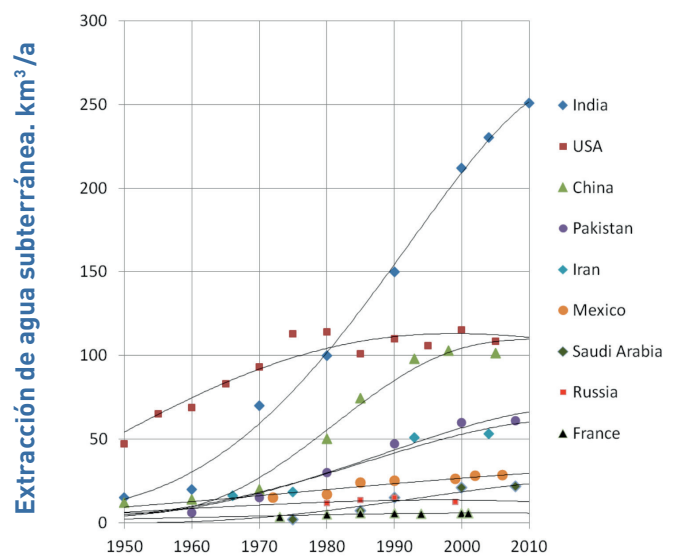
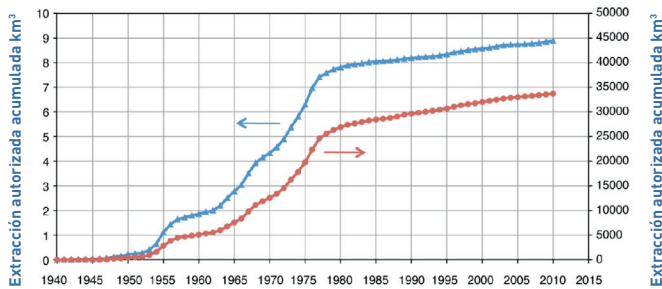


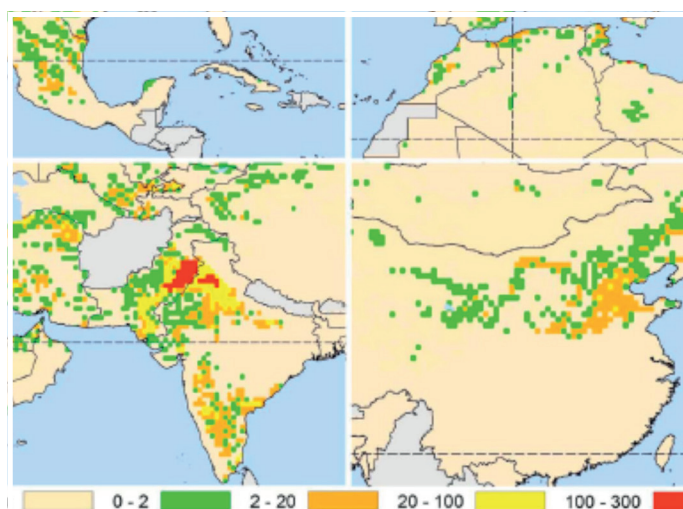
Fig. II.1.2. Evolución de las extracciones de agua subterránea desde 1950 en diferentes países (según Margat y van der Gun, 2013). Los valores absolutos dependen del tamaño del país, además de la actividad y del clima. España ocupa una posición próxima a Francia. Estos valores por país no indican la existencia de minería de agua subterránea pero apuntan a su posible presencia.



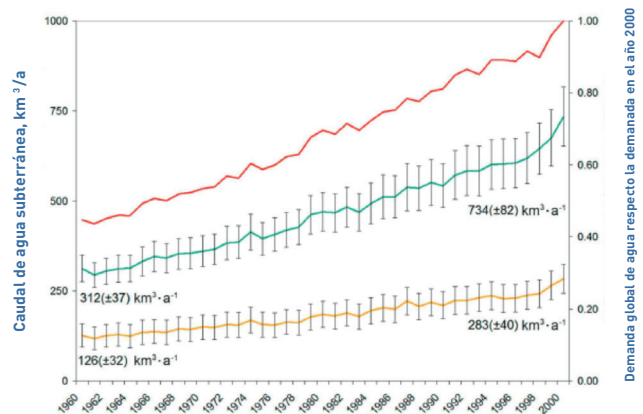
**Fig. II.1.3.** Aceleración de la explotación del acuífero Ogallala-High Plains en Kansas en el período 1960-1975 por numerosas autorizaciones de extracción [según Sophocleous, 2012a]. a) Extracción de agua subterránea autorizada acumulada; b) Número acumulado de derechos de agua.

Las explotaciones más intensivas coinciden en general con áreas semiáridas y áridas en las que existen buenas condiciones para agricultura de regadío y donde la agricultura de regadío es con mucho el mayor consumidor de agua. Según Wada et al. (2010), en 100 años las extracciones mundiales han pasado de 310 km<sup>3</sup>/a a 730 km<sup>3</sup>/a y lo que lo que dichos autores designan como *overdraft* (sobreexplotación), sin definirla, pasó de 130 a 280 km<sup>3</sup>/a. Estas cifras parecen exageradas y pueden explicarse por el concepto amplio de *overdraft* que han utilizado, ya que otras fuentes de datos dan cocientes *overdraft*/extracción de 0,1 a 0,2 en vez de 0,4.

La Figura II.1.4 detalla el consumo de volumen de agua subterránea en las áreas más explotadas. En ella aparece destacado el **Levante Español**. La Figura II.1.5 muestra la tasa de consumo global de reservas de agua subterránea, que no es necesariamente minería del agua subterránea.



**Fig. II.1.4.** Consumo de volumen de reservas de agua subterránea en diversas regiones del mundo en mm/a (según Wada et al., 2010). a) En América del Norte (principalmente centro-oeste de USA y México); b) En el área Mediterránea (el Levante Español queda bien destacado); c) En Oriente Medio y Sur de Asia; d) En China.



**Fig. II.1.5.** Evolución entre 1960-2000 de: a) índice de demanda global de agua respecto al año 2000; b) extracción global de agua subterránea; c) consumo de reservas de agua subterránea (según Wada et al., 2010). El consumo de reservas es dinámico y por tanto mayor que el de minería del agua subterránea.

La Tabla II.1.1 muestra la explotación de recursos de agua subterránea no renovable (minería) en países seleccionados. Se muestran las relaciones entre agua subterránea extraída y agua usada total, el uso de agua subterránea y el caudal no renovable. Se alcanzan relaciones de hasta 0,8 en algunos casos. Comparando la tasa de consumo de volumen con el volumen en el acuífero o sistema acuífero se puede estimar el tiempo de agotamiento de las reservas de agua subterránea.

Esa estimación de volumen de agua en el acuífero (reservas) es una cifra muy incierta ya que sólo se puede extraer una parte del agua total (el resto queda como retención capilar o saturación irreductible), una parte del acuífero puede contener agua salina no explotable, el descenso de explotación está limitado por la profundidad de las captaciones y el coste de extracción, además de que puede no estar disponible en un momento dado debido a la lenta cesión del agua cuando una parte importante del almacenamiento de agua subterránea está en acuitardos o en los bloques entre fisuras en el caso de acuíferos fisurados.

**Tabla II.1.1.** Cociente entre uso de agua subterránea y uso total de agua y explotación de recursos de agua subterránea no renovable (entorno del año 2000) en países seleccionados (según Foster y Loucks, 2010). Se ha añadido una estimación preliminar de las cifras para España, a título de comparación, según se deduce del Apartado II.3 y lo que se expone en los Capítulos III y IV en cuanto a las áreas más significativas.

País	Agua subterránea / total de agua	A Uso total de agua subterránea, en km <sup>3</sup> /a	B Caudal no renovable, en km <sup>3</sup> /a	B/A
Argelia	0,54	2,6	1,7	0,65
Arabia Saudí	0,85	21,0	17,8	0,85
Bahrein	0,63	0,26	0,09	0,35
Egipto	0,07	4,8	0,9	0,19
EAU	0,70	1,9	1,6	0,82
Libia	0,95	4,3	3,0	0,70
Omán	0,89	1,64	0,24	0,15
Qatar	0,53	0,18	0,15	0,81
Túnez	0,59	1,67	0,46	0,28
Yemen	0,62	2,8	0,7	0,25
<b>España</b>	<b>0,22</b>	<b>7,0</b>	<b>0,25</b>	<b>0,04</b>

La relación entre el volumen estimado de reservas de agua subterránea explotables y las extracciones se muestra en la Tabla II.1.2. Este valor es el tiempo de agotamiento de las reservas.

**Tabla II.1.2.** Algunos de los mayores sistemas acuíferos mundiales que contienen reservas de agua subterránea poco o muy poco renovables (modificado de Foster y Loucks, 2010).

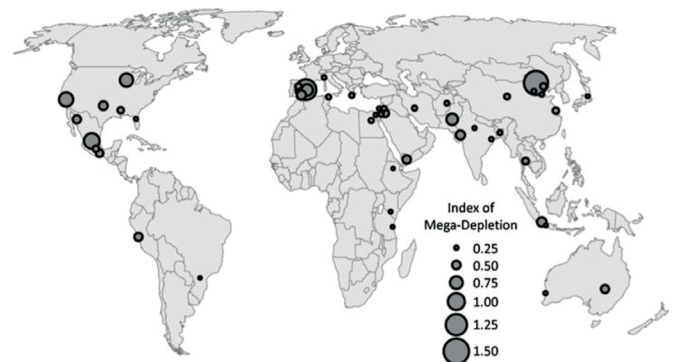
Países	Designación del sistema acuífero	S 10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup>	V km <sup>3</sup>	B km <sup>3</sup> /a	V/B años
Egipto, Libia, Sudan, Chad	Areniscas de Nubia	2200	21,70	1,7	670
Argelia, Libia, Túnez	Sahara NW	1000	2,66	17,8	480
Argelia, Libia, Níger	Cuenca de Murzuk	450	1,80	0,09	33-45
Mauritania, Senegal, Gambia	Maestrichtiense	200	0,27	0,9	1800-2150
Malí, Níger, Nigeria	Iullemeden	500	0,23		1090-8700
Níger, Nigeria, Chad, Sudan, Camerún, Libia	Cuenca del Chad	600	0,25	1,6	680-1400
Botswana	Arenisca del Karrou	80	2,89	3,0	30
Arabia Saudí, Bahrein, Qatar, EAU	Diversos nombres	225-250	14	0,24	36-156
Jordania	Qa Disi	3	0,17	0,15	35
Australia	Gran Cuenca Artesiana	1700	0,60	0,46	280

S=superficie; V=volumen de reservas de agua explotables; B=extracciones

En la Tabla II.1.3 se presenta un intento de Wada et al. (2012a) de ordenar el consumo de reservas de un amplio conjunto de acuíferos mundiales, grandes y pequeños. En la lista de la Tabla II.1.3, representada en la Figura II.1.6, se muestra el intento de Werner et al. (2013) para ordenar el grado de uso de reservas de agua subterránea según el índice indicado en la propia tabla. En ella aparecen cuatro acuíferos españoles, uno de ellos en segundo lugar; los tres primeros corresponden al Levante español. Otros criterios darían otras ordenaciones.

**Tabla II.1.3.** Ordenación de los países de acuerdo a la extracción de agua subterránea, con el consumo de reservas de agua subterránea y relación porcentual entre los dos (tomado de Wada et al., 2012a), con indicación del margen de incertidumbre. Ese consumo de reservas no es necesariamente minería del agua subterránea sino que incluye el descenso dinámico. En el caso de España, el valor más reciente de la extracción es de 7 km<sup>3</sup>/a, en vez de los 4,6 km<sup>3</sup>/a indicados, con lo que también hay que modificar el valor del consumo de reservas, aunque C/B cambia poco.

País	B Extracción (km <sup>3</sup> /a)	C Consumo reservas (km <sup>3</sup> /a)	C/B (%)
India	190 ± 37	71 ± 21	37 ± 19
USA	115 ± 14	32 ± 7	28 ± 9
China	97 ± 14	22 ± 5	22 ± 9
Pakistán	55 ± 17	37 ± 12	69 ± 48
Irán	53 ± 10	27 ± 8	52 ± 24
México	38 ± 4	11 ± 3	30 ± 11
Arabia Saudí	21 ± 3	15 ± 4	72 ± 30
Rusia	12 ± 2	1,5 ± 0,5	14 ± 7
Italia	11 ± 3	2,3 ± 0,6	21 ± 13
Turquía	8 ± 2	2,4 ± 0,8	31 ± 18
Uzbekistán	6,5 ± 1,8	4,0 ± 1,4	63 ± 43
Egipto	5 ± 1,3	3,0 ± 1,2	61 ± 43
Bulgaria	4,8 ± 1,4	2,0 ± 0,8	42 ± 32
<b>España</b>	4,6 ± 1,1	1,7 ± 0,6	42 ± 32
Argentina	4,5 ± 0,9	0,9 ± 0,3	20 ± 11
Libia	4,4 ± 1,2	3,1 ± 0,9	70 ± 43
Ucrania	4,2 ± 0,9	0,3 ± 0,08	7 ± 3,5



**Fig. II.1.6.** Lugares del mundo con altos valores del índice de gran consumo de reservas de agua subterránea (según Werner et al., 2013). Nótese la singularidad del **Levante español**.

Para comparar acuíferos, Gleeson et al. (2012) han propuesto hacerlo mediante la evaluación de lo que llaman huella ecológica (ecological footprint, HE), que es el área que se requiere para sostener una recarga igual a la extracción de agua subterránea más la necesaria para los servicios de los ecosistemas que dependen del agua subterránea. HE se define como  $A \cdot C / (R - E)$  en la que A=superficie del acuífero, C=extracción anual de agua subterránea, R=recarga anual y E=contribución anual al caudal de base de los ríos. En un inventario global se obtiene que  $HE \geq 3,5$  en un área que afecta a  $1,7 \cdot 10^9$  personas. Sin embargo este HE es un valor discutible ya que E es difícil de estimar y sujeto a controversia, C es a veces mal conocida y A no siempre se corresponde con la superficie cartografiada. HE supone que se alcanza una situación de equilibrio, con lo que no se tiene en cuenta la lenta evolución hidrodinámica y por tanto el papel del consumo de reservas de agua subterránea.

La Figura II.1.7 muestra la evolución del consumo de reservas en acuíferos intensamente explotados de Estados Unidos y el valor total nacional, como ejemplo de un área tradicional.

La cantidad de agua continental subterránea transferida al océano parece elevar sensiblemente al nivel medio del mar, según las Figuras II.1.8 y II.1.9. El efecto de aumento de humedad en la atmósfera es despreciable en cuanto a cantidad de agua.

**Tabla II.1.4.** Ordenación de acuíferos o sistemas acuíferos con mayor consumo de reservas (modificado de Werner et al., 2013). Se relacionan los 25 primeros acuíferos de una lista de 47.

Acuífero	País	Índice (*)
Llano del río Hai	China	1,30
<b>Altiplano de Murcia</b>	<b>España</b>	1,18
Cuenca de México	México	0,92
Cuenca del río Huang	China	0,85
Valle Central de California	USA	0,84
Cámbrico-Ordovícico, centro N-NW	USA	0,75
Cuenca del río Huai	China	0,74
Cuenca del Indo	Pakistán	0,72
<b>Alto Vinalopó</b>	<b>España</b>	0,64
<b>Cuenca del Segura</b>	<b>España</b>	0,55
Mehsana	India	0,50
South High Plains	USA	0,49
Llano de Sana'a	Yemen	0,46
Gran Cuenca Artesiana	Australia	0,46
Lima	Perú	0,45
Bangkok	Tailandia	0,43
Costa de Hermosillo	México	0,43
Yakarta	Indonesia	0,43
Mujib	Jordania	0,42
Valle de Erla	México	0,41
Llano costero del Golfo	USA	0,40
Cuenca de Annan-Zarqa	Jordania	0,38
Valle de Puebla	México	0,35
Delta del Yangtze	China	0,34
<b>La Mancha</b>	<b>España</b>	0,32

$$(*) \text{Índice} = \sum_{i=1}^8 W_i \frac{P_i}{P_i^{\max}} + \left[ W_9 \left( 1 - \frac{P_9}{P_9^{\max}} \right) \right]$$

$i = 1$  a  $9$ ,  $W_i$  = peso;  $P_i$  = valor del parámetro;  $P_i^{\max}$  = valor máximo del parámetro.

i		W
1	Superficie de la cuenca	0,05
2	Población	0,2
3	Número de pozos	0,2
4	Extracción	0,2
5	Exceso de extracción	0,5
6	Descenso de nivel	0,5
7	Máximo descenso	0,5
8	Máxima subsidencia	0,5
9	Precipitación media	0,2



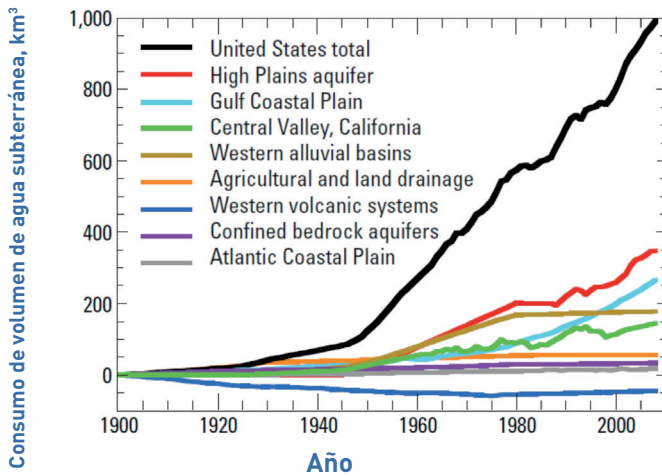


Fig. II.1.7. Consumo acumulado de reservas de agua subterránea en los principales acuíferos explotados de los Estados Unidos desde 1900 a 2008 (según Konikow, 2011, 2013).

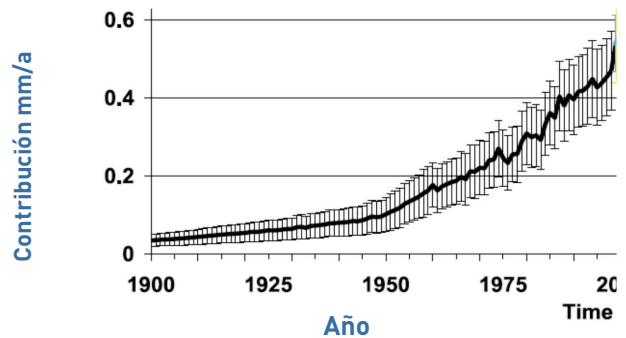


Fig. II.1.9. Contribución del consumo de reservas de agua subterránea a la subida global del nivel del mar desde 1900 a 2000, con la incertidumbre indicada por la franja de barras de error. Modificado de Wada et al., (2012b); se han eliminado de la figura las proyecciones hacia el futuro. La acumulación es de 10 mm, que se compara bien con lo indicado en la Figura II.1.8.

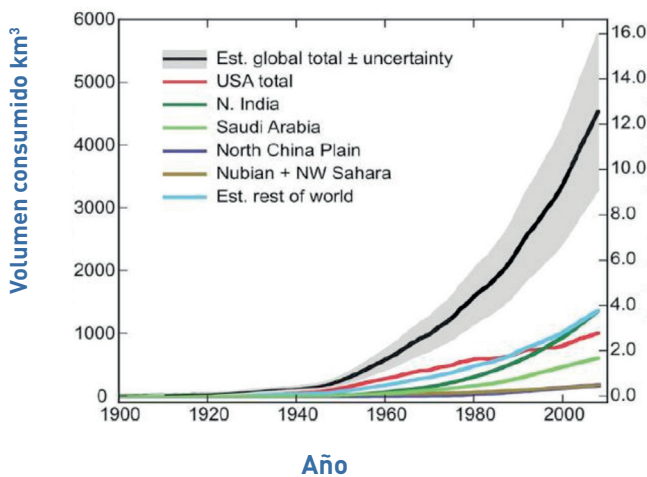


Fig. II.1.8. Volumen acumulado mundial de agua subterránea consumido desde 1900 a 2008 (según Konikow, 2011). Se llega a 12,6 mm de ascenso acumulado del nivel medio del mar, que es el 6,7% del ascenso total. La tasa media de extracción es de 9,8 km<sup>3</sup>/a en el periodo 1900-2008 y de 25 km<sup>3</sup>/a en el periodo 2000-2008.

Los datos anteriores son interesantes desde un punto de vista global pero no reflejan las circunstancias reales de interés de los acuíferos con explotación intensiva y con minería del agua subterránea, para los que las circunstancias locales son las que importan, incluso dentro de los acuíferos de tamaño continental. La escala de análisis ha de ser la adecuada a cada situación. Este efecto es aún más marcado en el caso de pequeñas islas que tienen gran población e importante actividad económica. Los análisis a nivel regional y nacional pueden tener moderada o poca relevancia para el usuario y para el análisis de la problemática del lugar y su entorno.

En ningún país la extracción de reservas de agua subterránea es mayor que los recursos de agua subterránea, excepto en Yemen, donde para una recarga de 1,3 km<sup>3</sup>/a se explotan 2,5 km<sup>3</sup>/a frente a unas reservas de 35 km<sup>3</sup> (Taher et al., 2012; Werner et al., 2013). A nivel de acuífero la explotación puede superar ampliamente a la recarga, como sucede en algunos acuíferos del Levante español, aunque en un ambiente menos árido que en muchos de los países mencionados.

A nivel mundial, en numerosos lugares se citan descensos de nivel del agua subterránea acumulados que superan los 100 m, que en algunos casos llegan a 500 m.

## II.2 Explotación intensiva y minería del agua subterránea en España

La explotación intensiva del agua subterránea se inició en España en la década de 1940 y se mantuvo entre 1950 y 1980, entrando posteriormente en una situación de crecimiento lento, hasta la casi estabilización (Fig. II.2.1), siguiendo el patrón común de evolución de otros países con varias décadas de desarrollo de las aguas subterráneas, como Estados Unidos y México (Fig. II.2.2). El inicio de la explotación intensiva en un cierto número de acuíferos en la España peninsular es debido en buena parte a la promoción del desarrollo agrícola de regadío por el entonces Instituto Nacional de Colonización (INC), después Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) y también para el abastecimiento urbano asociado al fuerte desarrollo turístico de la costa mediterránea. Los resultados han sido objeto de trabajos diversos, desde los oficiales (MOPTMA-MINER, 1994; MIMAM, 2000, Hernández-Mora et al., 2007) hasta los incluidos en diversas reuniones nacionales e internacionales en España con motivo tanto de la sobreexplotación como de la explotación intensiva (Pulido-Bosch et al., 1989; Candela et al., 1991; Simmers et al., 1993; Llamas y Custodio, 2003; Hernández-Mora et al., 2003; Llamas et al., 2001; Llamas y Garrido, 2007). El análisis de detalle del Levante español se realiza en el Capítulo III y el caso singular de Canarias en el Capítulo IV, ya que tiene características propias y desde una época más temprana.

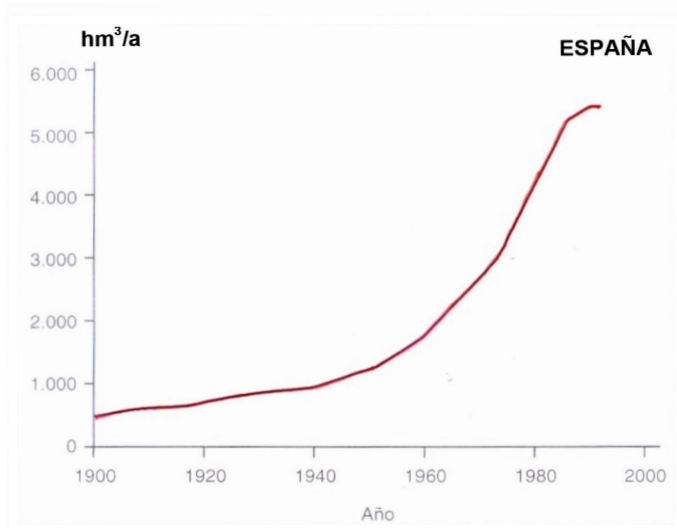


Fig. II.2.1. Evolución de la explotación de las aguas subterráneas en España, 1900–1998 (MOPTMA-MINER, 1994; MIMAM, 2000). En 2013 se estimaba una extracción de 7 km<sup>3</sup>/a.

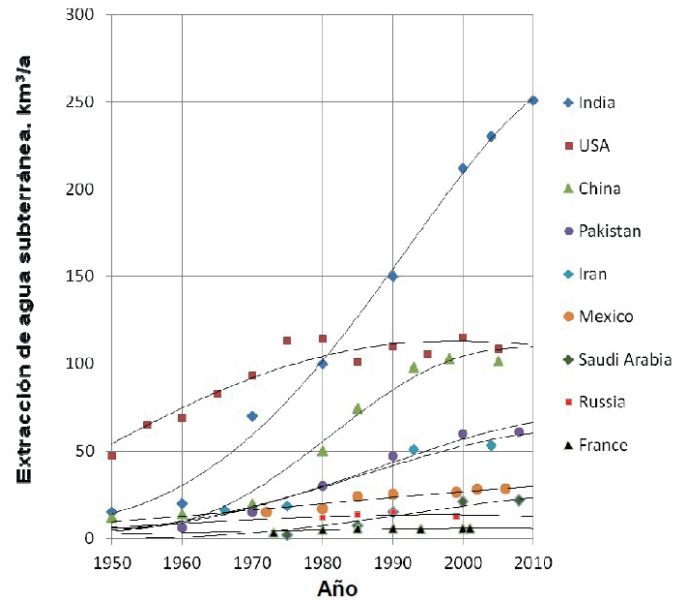


Fig. II.2.2. Rasgos generales aproximados de la evolución de algunos indicadores del uso y gestión del agua subterránea en países áridos y semiáridos según las sucesivas etapas, con indicación de en qué año sucedía en distintos lugares (Llamas y Martínez-Santos, 2006). En amarillo acuíferos detríticos y en verde los carbonatados.

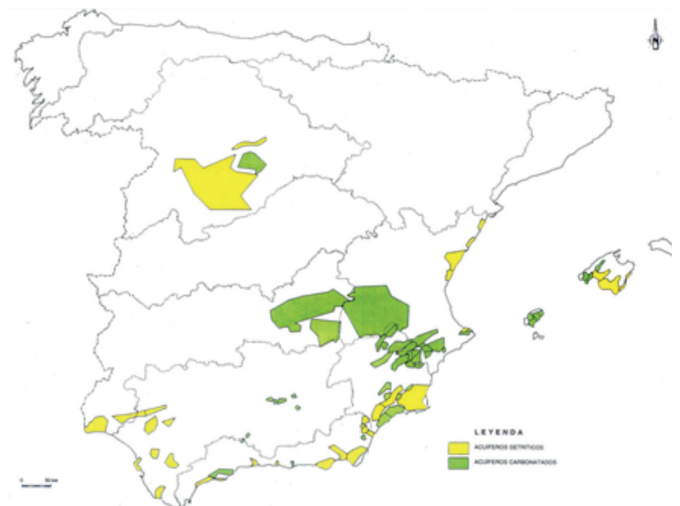
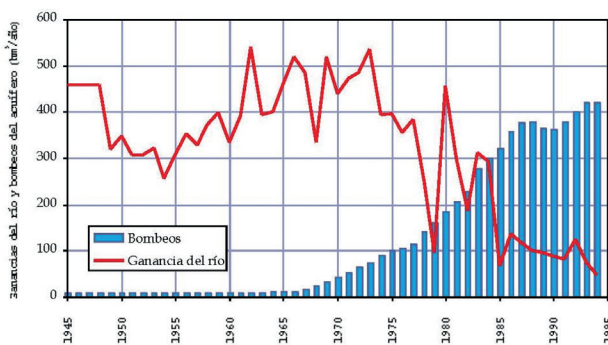


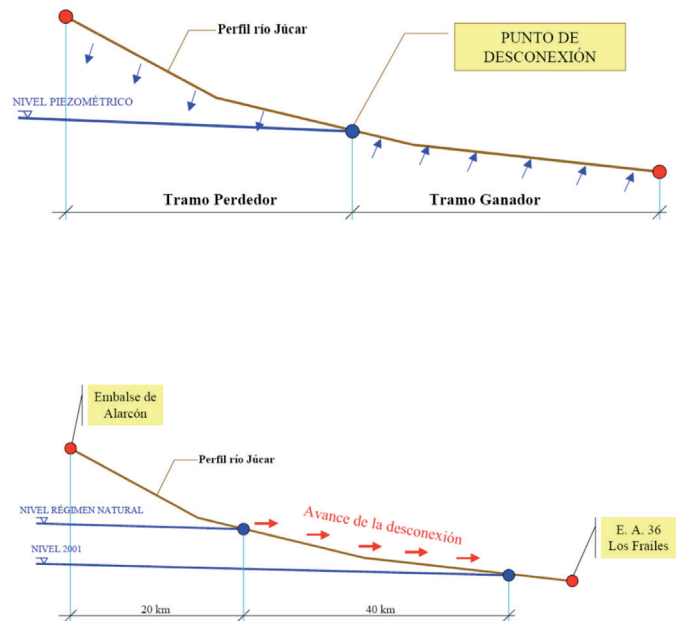
Fig. II.2.3. Acuíferos españoles que en 1996 tenían reconocidos problemas de “sobreexplotación” según la DGOHCA-ITGE (1997).

La explotación intensiva de las aguas subterráneas, además de generar beneficios privados y sociales ha producido problemas que han alarmado a la administración del agua, a los propios usuarios y a los ambientalistas. Esto se ha reflejado en la Ley de aguas de 1985 (ver el Apartado VI.2.2 del Capítulo VI), que lo recoge e introduce este hecho bajo la denominación de sobreexplotación. Un primer censo inicial de los acuíferos españoles sobreexplotados se muestra en la Fig. II.2.3, realizado a partir de los trabajos del Instituto Geológico y Minero de España (DGOHCA-ITGE, 1997). Recientemente se ha progresado notablemente en el conocimiento de dichos acuíferos gracias a la Planificación Hidrológica que se inició en la década de 1990 y que se tiene que realizar actualmente en y por todas las Demarcaciones Hidrográficas. Sin embargo no siempre se ha hecho ni se ha aplicado el detalle y seguimiento requerido. En los 505.992 km<sup>2</sup> de territorio español se han definido 744 MASb (masa de agua subterránea, unidad administrativa según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua, DMA, europea) que totalizan un área de 355.000 km<sup>2</sup> (De Stephano et al. 2014).

La situación en varias áreas ha sido y es fuente de conflictos administrativos y sociales, que han sido objeto de trabajos nacionales e internacionales. Aparte de los que se consideran en este informe en cuanto al Levante español (Capítulo III) y Canarias (Capítulo IV), son bien conocidos los asociados a las Tablas de Daimiel-La Mancha, Lagunas de Ruidera-La Mancha, Mancha Oriental en relación con la detracción de caudales de tramos altos del río Júcar (Figuras II.2.4 y II.2.5), Parque Nacional de Doñana y Humedales de Villafáfila, con otros más locales, con frecuencia en la costa y asociados a intrusión marina, en Mallorca, Camp de Tarragona, Delta del Llobregat y Plana de Castelló, entre otros.



**Figura II.2.4.** Evolución de los caudales del río Júcar (Xúquer) entre 1945 y 1994 y de las extracciones de agua subterránea en La Mancha oriental, en su cabecera (MIMAM, 2000) que muestra que tras el inicio de esas extracciones se produce una merma de caudal progresiva en casi caudales equivalentes pero con un retraso de unos 10 años.



**Figura II.2.5.** Explicación gráfica de cómo la explotación de aguas subterráneas en La Mancha Oriental, en la cabecera del río Júcar (Xúquer) hace que los tramos en que el río era ganador se convierta en río perdedor (según PHJ, 2014).

En las situaciones antes mencionadas se han producido problemas que se traducen en descensos notables de niveles piezométricos y freáticos, merma o cese de caudales superficiales y de manantiales, afección y desecación de humedales y una importante intrusión marina en la costa, pero no se trata propiamente de minería del agua subterránea ya que si cesasen las extracciones se produciría en la mayoría de casos una razonable recuperación de niveles hasta una situación próxima a la natural en pocas décadas, entre una y dos generaciones humanas, aunque puede ser más diferido en cuanto a afecciones a la calidad del agua subterránea.

Uno de los casos históricos más llamativos de explotación intensiva fue el del Camp de Tarragona, en la década de 1970 y principios de la de 1980 (Custodio, 1979; Pujol et al., 2006), en parte debido a la gran demanda de agua del complejo petroquímico de Tarragona y del pujante desarrollo turístico y de segunda residencia. Se llegó a suministrar agua salobre a Tarragona y otros núcleos de población. A pesar de las importantes repercusiones económicas, sociales y mediáticas, hidrogeológicamente es un caso pobremente documentado debido a que parte de las actuaciones estuvieron fuera de control de la administración, tanto por tratarse entonces de aguas privadas como por una fuerte presión de la demanda que favoreció acciones incontroladas y permitió precios elevados del agua, todo ello en un entorno claramente especulativo. Sin embargo, esta situación considerada dramática dejó de serlo desde 1985 al abastecerse el área costera con

caudales procedentes del Bajo Ebro, con una recuperación rápida de los acuíferos, aunque también mal documentada y poco estudiada. Este caso es un ejemplo pasado de lo que ha sucedido después en otros lugares, a menor escala, y puede pasar en las áreas de interés de este informe.

Los datos previos del consumo de reservas de agua subterránea en el **Levante español** para el periodo 1980–1995 se dan en la Tabla II.2.1. Estas estimaciones tienen gran incertidumbre. Los rápidos agotamientos previstos en Almería no se han producido, posiblemente por subvaloración de la recarga y una incierta evaluación de las reservas profundas situadas sobre agua salada.

**Tabla II.2.1.** Primeras estimaciones de la tasa de consumo de reservas de agua subterránea en el Levante español en el periodo 1980–1995 (DGOH-ITGE, 1997)

Área	Reservas de agua subterránea, hm <sup>3</sup>			Tasa de consumo hm <sup>3</sup> /a	Tiempo hasta agotarse, años	Comentarios
	consumidas, 1980–1995	existentes	usables			
Almería	800	1100	750	50	15 (10–75)	
Murcia	2000	10000	7100	125	60 (10–80)	desde 1985
Alacant	1000	7000	6000	50	120 (10–400)	
Valencia	100	2500	200	15	130 (20–350)	

**Tabla II.2.2.** Uso del agua subterránea en España y en las demarcaciones hidrográficas donde están las áreas de interés de este trabajo (modificado de De Stephano et al., 2013), con cifras redondeadas. Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Área	España	Júcar	Segura	C. Sur (1)	Canarias (2)
Urbano	1500	320	-	140	125
Riego agrícola (C)	5000	1180	450	377	210
Industria	300	100	-	3	8
Recreo	65	10	-	20	12
Total subterráneo (A)	7000	1610	485	540	355
Total de agua (B)	31500	3156	1850	1225	510
A/B	0,22	0,51	0,26	0,44	0,70
C/A	0,71	0,73	0,93	0,70	0,59

El uso del agua subterránea en España se refleja en la Tabla II.2.2. El uso total actual (2013) es de 7 km<sup>3</sup>/a (22% del uso total de agua) y era de 5,5 km<sup>3</sup>/a hace una década; el 80% se produce en 7 de los 25 demarcaciones hidrográficas españolas (De Stephano et al., 2014), con 1,6 km<sup>3</sup>/a en la Cuenca del Júcar (el valor mayor) y 0,5 km<sup>3</sup>/a en la del Segura. La agricultura usa el 73% mientras el uso doméstico es del 21%. Es manifiesto el predominio del uso agrícola del agua respecto al conjunto de usos en toda España, excluido el hidroeléctrico. Este es el caso de las cuencas del **Levante español** (en especial en la Cuenca del Segura) mientras que actualmente es menos acusado en Canarias debido al mayor peso del abastecimiento urbano y turístico. En la Tabla II.2.3 se muestran los datos de uso y económicos asociados al agua subterránea.

Los resultados reales dependen de la precisión de las cifras, además de que no se han utilizado los mismos criterios de evaluación en las diferentes fuentes de esos datos y que pueden tener una notable imprecisión. En general, el agua subterránea tiene una productividad económica aparente algo mayor que el agua superficial, excepto quizás en la Cuenca del Júcar.

Esta comparación tiene poca relevancia en **Canarias**, donde el uso de aguas superficiales para regar es poco significativo por su escasez. La productividad por superficie regada crece con la aridez. La relativa alta dotación de riego en Canarias es debida al gran peso que tiene el cultivo de la platanera, que sólo se cultiva allí.

**Tabla II.2.3.** Uso y valor económico del agua subterránea agrícola en España y en las demarcaciones hidrográficas (cuencas) donde están las áreas de interés de este trabajo (modificado de De Stephano et al., 2013), con cifras redondeadas. Se han añadido ratios ilustrativos (valor relativo, productividad económica aparente por ha y por m<sup>3</sup>, dotación media).

Área		España	Júcar	Segura	CMA (1)	Canarias (2)
Superficie regada, 10 <sup>3</sup> ha	sT	3345	490	200	210	25
	sS	945	160	70	85	25
Uso, hm <sup>3</sup> /a	uT	12000	1655	800	755	170
	uS	3220	535	270	310	170
Valor, M €/a	vT	15300	2260	1450	2460	340
	vS	4730	410	585	1385	340
uS/uT		0,31	0,18	0,40	0,56	1,0
vT/sT 10 <sup>3</sup> €/ha		4,6	4,6	7,2	11,7	13,6
vS/sS 10 <sup>3</sup> €/ha		5,0	2,6	8,4	16,3	13,6
vT/uT €/m <sup>3</sup>		1,3	1,4	1,8	3,3	2,0
vS/uS €/m <sup>3</sup>		1,5	0,8	2,2	4,5	2,0
uT/sT m <sup>3</sup> /ha/a		3590	3380	4000	3600	6800
uS/sS m <sup>3</sup> /ha/a		3410	3345	3860	3650	6800

s= superficie; u = uso; v = valor

T = agua total; S = agua subterránea

(1) Antes Cuenca del Sur, hoy Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

(2) Conjunto insular canario; cada una de las 7 islas es una demarcación hidrográfica

Según datos de Thuy et al. (2014), el uso total de agua para riego ha disminuido desde el anterior 80% al actual 62%, a pesar de que la superficie regable (con infraestructura para hacerlo y donde se ha hecho al menos una vez) ha pasado desde poco más de 1 Mha en 1998 a 3,76 Mha (uso de 35 km<sup>3</sup>/a), de las que se riegan 3,34 Mha, o sea el 14,5% de la superficie agrícola útil española. En promedio, el 67% de la superficie de riego usa agua superficial, el 25% agua subterránea y del orden del 6% es de uso mixto. En 2011, el 30% de la superficie era regada por gravedad, el 22% por aspersión y el 48% por goteo (era del 17% en 2000).

El inventario de obras hidráulicas arroja 1170 grandes presas con 56 km<sup>3</sup> de capacidad, del orden de 1 millón de pozos, 5000 km de grandes conductos y 10.000 km de canales de riego. La modernización del regadío ha supuesto que de un uso de agua para riego de 24 km<sup>3</sup>/a en 1990 se usasen 16 km<sup>3</sup>/a en 2008. La Tabla II.2.4 muestra el uso del agua en las áreas de interés de este informe. En el año 2000 el uso total de agua fue de 35,3 km<sup>3</sup>/a, de los que 24,1 km<sup>3</sup>/a fueron para riego, 4,7 km<sup>3</sup>/a para usos urbanos, 1,6 km<sup>3</sup>/a para industria y 4,9 km<sup>3</sup>/a fueron para refrigeración.

El riego supone el 60% (13.000 M€/a) de la producción económica agrícola (20.000 M€/a), respondiendo del 80% de las exportaciones agrarias a partir del 14% del área agrícola (3,5 Mha), con una relación de producción económica regado/no regado = 6,5 y el 30% de los 600.000 empleos agrarios.

El valor económico aportado por el agua subterránea es de 4700 M€/a, que es el 30% del regadío, usando el 25% de los casi 18 km<sup>3</sup>/a de agua totales utilizados (De Stephano, 2014): 14,5 km<sup>3</sup>/a (81%) superficiales, 3,2 km<sup>3</sup>/a (18%) subterráneas y 0,2 km<sup>3</sup>/a (1,2%) no convencionales, principalmente agua residual regenerada y de mar desalinizada.

**Tabla II.2.4.** Uso del agua en km<sup>3</sup>/a en agricultura en áreas de interés en 2008 según MAGRAMA [en Thuy et al., 2014].

Cuenca	Superficie regada 10 <sup>3</sup> ha	uso hm <sup>3</sup> /a	retornos hm <sup>3</sup> /a	consumo hm <sup>3</sup> /a
Júcar	384	2356	184	2172
Segura	276	1724	157	1567
Sur (*)	142	801	75	726
Canarias	29	210	27	183

(\*) actualmente Cuencas Mediterráneas Andaluzas

## II.3 Consecuencias de la explotación intensiva y minería del agua subterránea

Las razones del notable desarrollo de la explotación de las aguas subterráneas durante el siglo XX parten en primer lugar del avance del conocimiento científico –entendimiento de lo que son las aguas subterráneas y los acuíferos y del papel del agua en el planeta Tierra– y tecnológico –desarrollo de las bombas mecánicas de extracción en perforaciones, en especial la bomba de turbina, de métodos asequibles y rápidos de perforación y acabado de pozos y de la disponibilidad de energía en casi cualquier lugar a partir de motores de combustión interna o eléctricos– además de importantes progresos en la prospección y evaluación de las aguas subterráneas.

Todo ello va unido a las ventajas del desarrollo de las aguas subterráneas –efectos positivos o beneficios– pero también desventajas –efectos negativos o costes asociados, en buena parte externalidades negativas, es decir soportados fuera del esquema de aprovechamiento– tanto más cuanto más intensivo es el desarrollo.

Esto es lo que simplificadaamente muestra la Tabla II.3.1, de forma general, aunque se pueden producir numerosas excepciones. No sólo los aspectos de cantidad (hidráulicos) son los importantes –aunque pueden serlo numéricamente en áreas áridas– sino también los de calidad, económicos y sociales y entre éstos últimos los éticos.

La explotación intensiva del agua subterránea, al suponer un cambio importante en el funcionamiento del ciclo del agua, afecta a los otros componentes del ciclo del agua y del ambiente que dependen del agua y pueden llegar a afectar a las condiciones del terreno. Entre las consecuencias físicas más comunes están la merma o secado de manantiales, caudal de base de ríos y humedales y afecciones a la vegetación de ribera y freatófítica, además de posible subsidencia de formaciones geológicas recientes poco consolidadas, la que puede ser general –lo más común– o concentrada en el entorno de discontinuidades del terreno o de hundimiento localizado en caso de formaciones susceptibles de disolución (colapsos en carbonatos y en yesos karstificados).

A las consecuencias físicas se unen las que afectan a la calidad del agua, como la movilización de aguas salinas naturales procedentes del mar y lagos o existentes en el propio terreno o aguas que contienen solutos inadecuados, como flúor (como ión fluoruro) y boro (como ión borato y ácido bórico) o como resultado de condiciones redox y de pH que posibiliten la disolución de componentes nocivos, como arsénico, hierro y manganeso y las ecológicas ya mencionadas entre las consecuencias físicas, además del aumento del riego de desertización o de inundaciones de áreas que sufren subsidencia. A veces son más importantes y determinantes las consecuencias económicas y so-

cioeconómicas, en general asociadas a un coste creciente cuando los niveles piezométricos descienden, lo que se agrava por la tendencia creciente del coste de la energía, además del coste que supone ir adecuado la captación y maquinaria de extracción de agua a esos descensos.

El cese de la explotación intensiva supone en general una recuperación de las condiciones de los acuíferos afectados, en un tiempo que depende del volumen de reservas de agua subterránea consumidas y de la recarga, desde pocos años a siglos, según los casos, pero que en muchos casos es posible que se produzca. De hecho ha sucedido en tiempos relativamente cortos en casos de uso intensivo, pero no sucede en tiempos cortos en el caso de minería del agua subterránea. Esta recuperación restaura hasta donde son posible los caudales de manantiales y ríos y los humedales, en cantidad, no tan rápida ni efectivamente en calidad.

La posibilidad de recuperación depende de las perturbaciones permanentes que queden, tales como drenes, galerías drenantes, excavaciones o pozos que cortocircuitan diferentes acuíferos. La recuperación de niveles piezométricos es un efecto con frecuencia deseado e implícito en muchas normativas, pero en ocasiones puede comportar daños importantes, tales como encharcamientos, inundación de excavaciones y obras subterráneas realizadas en épocas de niveles piezométricos bajos y lixiviado de residuos enterrados en lo que antes fue medio no saturado. Hay múltiples ejemplos de estos efectos negativos. Para evitarlos o paliarlos, en algunos casos hay que mantener extracciones en unos lugares del acuífero mientras que puede ser que en otros haya que reforzar la recarga (caso del Llano de Barcelona y del Baix Llobregat).

Tabla II.3.1 Ventajas y desventajas del uso intensivo de las aguas subterráneas.

Aspectos	Ventajas Efectos positivos Beneficios	Desventajas Efectos negativos Costes
Hidráulicos	Fácil captación Ubicuidad territorial Disponibilidad	Descensos de niveles Interferencias: – entre acuíferos – con aguas superficiales – con manantiales Modificaciones territoriales (humedales) Subsidencia y colapso del terreno
De calidad	Frecuentemente buena Poca variabilidad Resiliencia a la contaminación Sin gérmenes patógenos (*)	Cambios progresivos lentos Posible salinización progresiva Solutos naturales inconvenientes Posible entrada de contaminantes Contaminación por pozos inadecuados
Económicos	Relativamente barata (**) Escasa inversión inicial Rápida puesta en servicio Sin grandes estructuras Susceptible de comercio	Posible encarecimiento progresivo Riesgo de exceso de explotación Externalidades: – de difícil evaluación – que no se pagan Altos costes de vigilancia y observación
Sociales	Acceso sencillo Poco propensas a corrupción Flexibilidad de uso Seguridad de disponibilidad	Amenaza de la “tragedia los comunes” Numerosos actores / afectados Pobre conocimiento público Fácil demagogia Difícil control / gestión

\* las aguas subterráneas salvo situaciones excepcionales; no necesariamente los pozos, los que con frecuencia están desprotegidos y facilitan la contaminación

\*\* depende de qué costes se evalúan en la puesta a disposición de recursos de agua y de la existencia de subvenciones; en ocasiones pueden ser más caras, aunque no puestas en el lugar de utilización y además la seguridad de disponibilidad es un beneficio

El modo en que la explotación intensiva y minera del agua subterránea afecta a la seguridad hídrica y biodiversidad de los ríos es muy variable a nivel mundial. En el inventario mundial de Vörösmarty et al. (2010), el impacto en la Península Ibérica (con el poco detalle con que es posible observarlo en el estudio realizado) se avalúa como una importante amenaza a la seguridad del agua para abastecimiento humano y la biodiversidad, en especial por uso consuntivo del agua y estrés creado por la agricultura, pero que en parte está compensado por las altas inversiones que se hacen para que el resultado del impacto sea menor, con bajo nivel de amenaza a la seguridad hídrica y alto a la biodiversidad.

## II.4 Consideraciones sobre la recarga a los acuíferos

El balance de agua en los acuíferos requiere conocer y cuantificar la recarga, en especial la que procede de la infiltración de la lluvia –en su caso de la fusión de nieve– que en general es el componente principal, salvo en acuíferos conectados a cursos fluviales o cuerpos de agua superficial, como los lagos y el mar.

La cuantificación de la recarga se puede abordar mediante un variado elenco de métodos, aunque no equivalentes ya que los valores obtenidos dependen de la escala espacial y temporal de trabajo. Unos métodos se orientan a evaluaciones locales y otros a regionales, unos se refieren al evento de lluvia –o un conjunto de eventos en un tiempo corto– y otros a valores medios multianuales en el supuesto de que las circunstancias medias no hayan evolucionado a largo plazo.

La recarga es muy variable en función de cómo se produce la precipitación –en su caso considerando la cobertura de nieve y su fusión posterior–, del tipo de terreno –principalmente el suelo edáfico y parte superior del mismo– del tipo de vegetación existente y su estado vegetativo, de las condiciones de temperatura y humedad del suelo y la atmósfera y también de la pendiente del terreno. Todo ello influye en como la precipitación se reparte entre evapotranspiración, incremento de la humedad del suelo, escorrentía superficial y recarga en tránsito. La recarga en tránsito se convertirá en recarga al acuífero tras un flujo esencialmente vertical a través de la zona no saturada (vadosa), después de descontar posibles descargas laterales por formación temporal o permanente de acuíferos colgados.

Los cálculos entrañan suposiciones sobre los procesos y estimación de los parámetros físicos y agregados, que suelen ser difíciles y poco caracterizados, tanto más cuanto más difiera el terreno de un medio granular homogéneo. Todo eso hace que los resultados sean intrínsecamente inciertos. Esta incertidumbre debe hacerse explícita. Sin embargo en raras ocasiones se hace. Si no se evalúa la incertidumbre, las cifras que se presentan adquieren una

aparición de exactitud que es ilusoria. Si la incertidumbre se evalúa a través del coeficiente de variación CV (cociente entre la desviación estándar y la media de la serie de valores), es frecuente que el CV sea de 0,2 o 0,3, a veces entre 0,5 a 1 y en ocasiones sea notablemente mayor que 1, en cuyo caso la cifra de recarga carece de significación cuantitativa.

Se puede reducir la incertidumbre –no se puede anular– cuando se conoce la descarga del acuífero o sistema acuífero, que en general es a otra escala espacial y temporal, y es posible hacer comprobaciones de que los procesos considerados son correctos. Esto permite calibrar los parámetros.

Pero la descarga es también incierta por no estar bien identificada, por errores en la medida o estimación de los caudales de descarga naturales o artificiales, por imposibilidad de evaluarla cuando la descarga se hace a un gran cuerpo de agua (lago, río o mar) o se hace como transferencia subterránea a otros acuíferos, además de que para cerrar el balance hace falta conocer las variaciones del volumen de agua almacenado en el acuífero. Para esto último hay que disponer de un número suficiente y adecuado de puntos de control piezométrico que informen de la variación del nivel freático.

En estudios a largo plazo de acuíferos en estado natural o de explotación estable, sin cambios en el uso del territorio y el clima, se puede suponer que el cambio del volumen de agua almacenado es nulo.

Sin embargo, muchas de las evaluaciones se hacen cuando los sistemas ya están perturbados y en evolución, en los que la variación del almacenamiento en algunas partes del sistema es significativa. Un buen apoyo de calibración puede ser la modelación matemática del flujo en el acuífero –mejor aun considerando el transporte de masa–, siempre y cuando haya información adecuada y suficiente.

Los métodos de evaluación y cálculo de la recarga de carácter local o de eventos sirven para el diseño de métodos de escala espacial y temporal menos detallada, que son los que interesan para establecer el balance de agua de los acuíferos y que son los que se consideran aquí. Estos métodos se presentan en distintas publicaciones (Scanlon et al., 2006; Lerner et al., 1990; de Vries y Simmers, 2002; Custodio y Llamas, 1976, Sec. 6; Custodio et al., 1997). Su aplicación a acuíferos del Mediterráneo se comenta en Ibáñez et al., (2008).



El método más utilizado es el del balance de agua en el suelo, en general y deseablemente a partir de datos diarios de la precipitación, que es especialmente conveniente y necesario en climas semiáridos. Para realizar esos balances secuenciales hay diversos códigos disponibles. En España es de uso habitual el Código BALAN (Samper et al., 1999; 2005; 2007) y también el EASY\_BAL (GHS, 2014) en aplicaciones simplificadas.

Los resultados se agregan después de forma mensual o anual o se determinan medias y variaciones multianuales a partir de series suficientemente largas. La calibración se puede hacer ajustando los resultados a las series de datos de niveles freáticos o de descarga de manantiales o del caudal de base de ríos que drenen al acuífero, en el supuesto de que no haya modificación importante del estado del acuífero a lo largo del tiempo. Muchas veces no es este el caso y hay que efectuar reajustes, los que aumentan la incertidumbre. Este método es para unas condiciones determinadas del territorio.

En muchos casos el territorio en el que se produce la recarga es cambiante en altitud, suelo, vegetación y clima, con lo que los resultados en unas ciertas condiciones no se pueden considerar que sean los que corresponden a otros lugares. Por calibración –si es posible hacerla– se pueden ajustar parámetros agregados para toda el área de recarga, pero no son necesariamente constantes ni extrapolables a otras áreas.

Se puede y se suele recurrir a parcelar el territorio en unidades aproximadamente homogéneas en clima, suelo y vegetación y hacer el balance en cada una de ellas mediante técnicas SIG (Sistemas de Información Geográfica, GIS en inglés) y luego integrar los resultados y calibrar por comparación con los caudales de descarga, si son conocidos y se sabe el área tributaria. Es lo que hace el GIS-BALAN (Samper, 1998; Álvares y Samper, 2009; Pisani, et al., 2013).

Los métodos de balance del agua en el suelo pueden proporcionar series de recarga mensuales y anuales de gran utilidad en la gestión de los acuíferos, siempre y cuando se trate de acuíferos freáticos (libres). En el caso de acuíferos o niveles acuíferos confinados hay que relacionar las fluctuaciones piezométricas observadas con las de las áreas de recarga (Espinosa, 2014). La modelación matemática es de gran ayuda.

Estos métodos de cálculo no proporcionan directamente la estimación del error. Para estimarlo hay que recurrir a análisis de sensibilidad para determinar las funciones de ponderación de las variables que más afectan y estimar la incertidumbre de esas variables (es lo más difícil y a veces subjetivo y requiere experiencia y conocimiento del área considerada, además de posibles ensayos complementarios), por lo que rara vez se hacen.

Otro método de estimación de la recarga media multianual, independiente del anterior, es el balance de la deposición atmosférica de cloruro en el suelo. Es un método a gran escala (agrega las condiciones del territorio) para obtener valores promedio de la recarga a largo plazo.

Su aplicación requiere una situación estacionaria (sin cambios en los usos del territorio ni climático ni en las condiciones de salinidad del agua que percola por el medio no saturado), conocer la deposición atmosférica de cloruro media en el lugar y su variación espacial, conocer el contenido en cloruro del agua de recarga (frecuentemente a través del agua en la parte superior del acuífero) y en la escorrentía, y descontar la escorrentía (Custodio, 2009). Esta información no siempre está disponible y en muchas áreas españolas no se conoce en detalle. Su obtención necesita algunos años de observación. A nivel de la España peninsular se dispone de estudios y resultados a nivel general (Alcalá y Custodio, 2008, 2013, 2014).

Los métodos de balance de la deposición atmosférica de cloruro necesitan el soporte de un buen modelo conceptual de funcionamiento del acuífero, para lo cual hay que combinar métodos geológico-hidrogeológicos, hidrodinámicos, hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales. Ya se ha adquirido aceptable experiencia en diversas áreas de España (Alcalá, 2006), incluyendo Baleares y Canarias, pero que no se han aplicado con carácter general en el Levante español, en especial en lo que respecta a los aspectos hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales.

En ocasiones es posible cuantificar los modelos conceptuales mediante el estudio de trazadores ambientales radioactivos, como el tritio en casos de renovación rápida de las reservas de agua subterránea o el radiocarbono cuando esa renovación es muy lenta. Sin embargo la correcta interpretación y la derivación de datos sobre la recarga media requiere considerar correctamente el sistema de flujo y la significación de los muestreos (Custodio et al., 1997) e introducir simplificaciones operativas. Los trabajos recientes en el sistema acuífero de los Ports de Beseit-Tortosa-Plana de la Galera, en Cataluña (Espinosa et al., 2013; Espinosa, 2014), en condiciones similares a las del interior del Levante español, aunque menos áridas, aportan un intento de acoplar un sistema cordillera que alimenta a un área llana de relleno de una depresión geológica, compensando la escorrentía superficial. Los resultados pueden ayudar a la evaluación en áreas similares en el Levante español, que ya se han avanzado en trabajos en la cabecera del río Mundo, en la Cuenca del Segura (Hornero et al., 2013), y que se han venido aplicando en Canarias (Cabrera et al., 2013).

Otros métodos son puramente empíricos y tratan de determinar la fracción de la precipitación anual o de la precipitación media anual que se convierte en recarga mediante la atribución de un valor (tanto o score en inglés) a cada una de la serie de variables que se supone que son las más importantes en cuanto a la producción de recarga por la precipitación. El método en buena manera es similar a la que se utiliza en el método DRASTIC (Aller et al., 1987) de evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Una vez elegidas las variables se deciden los rangos de valores y su tanteo y se da peso a cada una de ellas, para así obtener un valor final que aquí es la fracción de recarga respecto a la precipitación. El método guarda similitud con el método de Kessler (1957) aplicado en Hungría a acuíferos kársticos, retomado en otros lugares, como recientemente en Portugal. Los pesos y escala de tantos se ajustan mediante la aplicación a casos bien conocidos en que se conocen bien las descargas. Su mejor aplicación es en acuíferos carbonatados con límites bien definidos.

En España se ha desarrollado el método APLIS (Andreo et al., 2004, 2008), que ha sido experimentado en acuíferos kársticos del Sur y Sudeste de España por la Universidad de Málaga y el IGME (Martos-Rosillo, et al., 2013; Aguilera y Murillo, 2009), en condiciones similares a las que existen en el Levante español. APLIS viene de Altitud, Pendiente, Litología, Infiltración, Suelo, que son las variables consideradas para las que definen los pesos a aplicar a cada una.

Los diferentes métodos suponen que hay variabilidad climática pero no tendencia a largo plazo. Para periodos muy largos, de significación en acuíferos de muy lenta renovación, puede que la suposición de estacionariedad no sea cierta y que naturalmente se parta de un estado no estacionario de niveles piezométricos y aún más de distribución de salinidad, tanto en el medio saturado como en el no saturado. El cambio climático y global hace que esta estacionariedad falle o sea cuestionable de cara al futuro (Taylor et al., 2013).

## II.5 Consideraciones generales sobre el contenido del informe

La explotación intensiva de las aguas subterráneas en España con posible uso minero de las reservas, en el sentido de que la recuperación requiera tiempos superiores a dos generaciones humanas, se encuentra principalmente en el **Levante español** y en **Canarias**, aunque puede darse muy localizada en otros lugares, pero con poca relevancia. A esas áreas principales se dedicarán los análisis hidrológico-hidrogeológicos de los Capítulos III y IV.

Muchas veces, los acuíferos afectados son de mediana a pequeña extensión, en especial en el **Levante español**, en un territorio geológicamente fragmentado en bloques aislados por una compleja tectónica.

Sin embargo su importancia local es capital. Dada esa fragmentación en numerosas unidades y una intensidad de explotación en función de la proximidad de demandas de agua, principalmente agrícolas, pero también turístico-poblacionales en las áreas costeras, los datos de los que se dispone son con frecuencia escasos para una evaluación detallada, en especial en lo que respecta a los aspectos hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales. La explotación, por la presión de la demanda y una cierta especulación, ha ido muy por delante de la observación y el control y lo que se ha hecho ha sido de forma poco regulada. Buena parte de los estudios afectan sólo a una parte de los acuíferos y en general no se han desarrollado en detalle, a pesar de que en algunos casos se ha llegado a la modelación numérica, aunque los modelos no se han podido calibrar bien respecto a valores controlables o una situación de partida bien conocida. La mayoría de los modelos se han hecho cuando el acuífero estaba ya notablemente perturbado, con sus descargas naturales afectadas o desaparecidas y sin estudios complementarios para acotar las incertidumbres.

Por estas razones de conocimiento y observación insuficiente, por la falta de acceso a muchas explotaciones privadas, por tratarse de sistemas muy afectados por las fluctuaciones climáticas, con grandes cambios interanuales que afectan tanto a la recarga como a la demanda que condiciona las extracciones y por errores en las estimaciones (a veces sin suficiente base de apoyo), las cifras pueden ser muy cambiantes de un estudio a otro. Además no es raro encontrar evaluaciones contrapuestas o que a veces no son el resultado de estudios de detalle sino cifras arrastradas de unos informes a otros, sin análisis crítico ni actualización. Esto suele ser debido a una combinación de escasos recursos económicos para trabajos de campo, tiempos cortos de estudio y un infundado respeto a lo ya dicho.

La cifras que se aportan en el presente informe, en los capítulos posteriores, son aproximaciones basadas en la información consultada, no toda la existente por razones de tiempo y capacidad para hacerlo, con mayor reflejo de lo que son datos de organismos oficiales, las que pueden cambiar de un informe a otro y aún presentar incoherencias dentro de un mismo informe. A causa de las incertidumbres asociadas –que en general son poco acotables– las cifras no se reproducen tal cual sino que se ha tendido a redondearlas para así poder poner el énfasis en el orden de magnitud y los valores relativos en vez de en las cuantificaciones absolutas.

Uno de los términos hidrogeológicos más inciertos y variables en el tiempo y en el espacio es la recarga a los acuíferos por la precipitación, en especial en áreas montañosas poco vegetadas y en materiales carbonatados. En algunos casos las estimaciones realizadas pueden llegar a tener incertidumbres superiores a un coeficiente de variación de 0,5 y a veces de hasta 1.

## II.6 Referencias

- Aguilera, H., Murillo, J.M. (2009). *The effect of possible climate change on natural groundwater recharge based on a simple model: A study of four karstic aquifers*. Environmental Geology, 57(5): 963–974.
- Alcalá, F.J. (2006). *Recarga a los acuíferos españoles mediante balance hidrogeoquímico*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya: 1–719. <http://tdx.cat/handle/10803/6240>.
- Alcalá, F.J., Custodio, E. (2008). *Atmospheric chloride deposition in continental Spain*. Hydrological Processes 22: 3636–3650.
- Alcalá, F.J., Custodio, E. (2013). *Evaluación de la recarga a los acuíferos mediante balance de masa de cloruro atmosférico y su incertidumbre en el territorio continental español*. En: 7 Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Donostia–San Sebastián, 2012. Aranzadi Zientzia Elkarte: 549–554.
- Alcalá, F.J., Custodio, E. (2014). *Spatial average aquifer recharge through atmospheric chloride mass balance and its uncertainty in continental Spain*. Hydrological Processes, 28: 218–236.
- Aller L, Bennet T, Leher JH, Petty RJ, Hackett G. (1987). *DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeological settings*. EPA 600/2–87–035: 1–622.
- Álvares, D., Samper, J. (2009). *Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del Ebro mediante GIS-BALAN*. En: IX Jornadas de la Zona no Saturada, ZNS'09, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona: 491–498.
- Andreo, B., Vías, J., López-Geta, J.A., Carrasco, F., Durán, J.J., Jiménez, P. (2004). *Propuesta metodológica para la estimación de la recarga en acuíferos carbonáticos*. Boletín Geológico y Minero, 115 (2): 177–186.
- Andreo, B., Vías, J., Durán, J.J., Jiménez, P., López-Geta, J.A., Carrasco, F. (2008). *Methodology for groundwater recharge assessment in carbonate aquifers: application to pilot sites in southern Spain*. Hydrogeology Journal 16: 911–925.
- Cabrera, M.C.; Naranjo, G.; Cruz-Fuentes, T.; Hernández-Quesada, P.; Benavides, A.; Estévez, E.; Martín, L.F., Custodio, E. (2013). *Aplicación del balance de cloruros para la estimación de la recarga natural al acuífero del norte de Gran Canaria*. X Simposio de Hidrogeología. Granada. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Asociación Española de Hidrogeólogos. Madrid: 499–508.
- Candela L, Gómez MB, Puga L, Rebollo LF, Villarroya F (eds.) (1991). *Aquífer overexploitation. Proceedings XXIII Congress, International Association of Hydrogeologists*, Puerto de la Cruz.
- Custodio, E. (1979). *Estudio de los recursos hídricos del Bajo Francolí. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental*. Barcelona: 1-301 + 10 anejos.
- Custodio, E. (2009). *Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance*. Contributions to Science 5(2): 81–97. <http://revistes.iec.cat/index.php/CtS/issue/view/3516/showToc81-97>.
- Custodio, E., Llamas M.R. (1976). *Hidrología subterránea*. Ediciones Omega. Barcelona: 1–2350.
- Custodio, E., Llamas, M.R., Samper, J. (eds.) (1997). *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica*. Instituto Tecnológico Geo-Minero. Madrid: 1–455.
- De Stefano, L., Martínez-Cortina, L., Chico, D. (2013). *An overview of groundwater resource in Spain*. In: L. de Stephano and M.R. Llamas (eds.), Water, Agriculture and the Environment in Spain, can We Square the Circle?. CRC Press/Botín Foundation: 87–104.
- De Stephano, L., López-Gunn, E. Martínez-Santos, P. (2014). *Intensive groundwater use in agriculture and IWRM: An impossible marriage?* En: P Martínez-Santos, M.M. Aldaya y M.R.
- Llamas (eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century*. CRC Press/Botín Foundation: 121–143.
- De Vries, J.J., Simmers, I. (2002). *Groundwater recharge: an overview of processes and challenges*. Hydrogeology Journal, 10(1): 5–17.
- DGOH–ITGE (1997). *Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización*. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas / Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid: 1–43 + Apéndice.
- Espinosa, S. (2014). *Estimación de la recarga media anual de acuíferos: aplicación al Baix Ebre*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería del Terreno, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona: 1–286.
- Espinosa, S.; Custodio, E.; Alcalá, F.J.; Lambán, L.J. (2013). *Estimación de la recarga en el Baix Ebre (Cataluña, España) mediante el método de balance de la deposición total de cloruro atmosférico*. En: 7 Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Donostia–San Sebastián. Aranzadi Zientzia Elkarte: 535–539.

- Foster, S., Loucks, D.P. (eds.) (2011). **Non-renewable groundwater resources: a guide book on socially-sustainable management for water-policy makers**. IHP-VI Series in Groundwater 10, UNESCO/IAH/GW-State Word Bank: 1–103.
- GHS (2014). **Easy\_Bal, Soil Water Balance Program. Grupo de Hidrología Subterránea**. Universidad Politécnica de Cataluña-CSIC-IDAEA, Barcelona.  
<http://www.h2ogeo.upc.es/software/EASY%20BAL/index.htm>
- Gleeson, R., Wada, Y., Bierkens, M.F., van Beek, L.P.H. (2012). **Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint**. *Nature*, 488: 197–200
- Hernández-Mora, N., Martínez Cortina, L., Fornés, J. (2003). **Intensive groundwater use in Spain: In M.R. Llamas and E. Custodio (eds.), Intensive Use of Groundwater: Challenges and Opportunities**. Balkema, Dordrecht: 387–414.
- Hernández-Mora, N., Martínez Cortina, L., Llamas, M.R., Custodio, E. (2007). **Groundwater issues in southern EU member states: Spain country report. Report to the European Academies of Sciences Advisory Council (EASAC)**. European Union Water Initiative for the Mediterranean Countries.
- Hornero, J.; Manzano, M.; Ortega, L.; Custodio, E. (2013). **Estimación de la recarga natural en la masa de agua subterránea de Alcazovo (Cuenca del Segura, España) mediante balance de cloruro atmosférico y balance de agua en el suelo. X Simposio de Hidrogeología. Granada. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos**. Asociación Española de Hidrogeólogos. Madrid, XXX: 517–528.
- Hornbeck, R., Keskin, P. (2014). **The historically evolving impact of the Ogallala Aquifer: agricultural adaptation to groundwater and drought**. *American Economic Journal: Applied Economics*, 6(1), 190–219.
- Ibáñez, J., Martínez, J., Puigdefabregas, J. (2008). **Assessing overexploitation in Mediterranean aquifers using system stability condition analysis**. *Ecological Modelling*, 218: 260–266
- Kessler, H. (1957). **Estimation of subsurface water resources in karstic regions**. In: *Groundwater, Symposium Vegetation*, Symposium Dew. AIHS-UNESCO General Assembly of Toronto, Canada: 199–206.
- Konikow, L. (2011). **Contribution of global groundwater depletion since 1900 to sea-level rise**. *Geophysical Research Letters*, 38, L17 and 01. doi: 10.1029.2011.42048.604.
- Konikow, L. (2013). **Groundwater depletion in the United States (1900–2008)**. U.S. Geological Survey, Scientific Investigation Report 2013–5079, Reston, Virginia: 1–63.
- Lerner, D.N., Issar, A.S., Simmers, I. (1990). **Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge**. International Association of Hydrogeologists, International Contributions to Hydrogeology 8. Heise: Hannover; 1–345.
- Llamas, M.R., Fornés, J., Hernández-Mora, N., Martínez-Cortina, L. (2001). **Agua subterráneas: retos y oportunidades**. Mundi-Prensa/Fundación Botín. Madrid: 1–529.
- Llamas, M.R., Custodio, E. (eds.) (2003). **Intensive use of groundwater: Challenges and opportunities**. Balkema Publishers. Lisse: 1–478.
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P. (2006). **Significance of the Silent Revolution of intensive groundwater use in world water policy**. In: P. Rogers, M.R. Llamas and L. Martínez-Cortina, *Water Crisis, Myth or Reality?*. Marcelino Botín Foundation Water Forum 2004. Taylor & Francis: 163–180.
- Llamas, M.R., Garrido, A. (2007). **Lessons from intensive groundwater use in Spain: economic and social benefits and conflicts**. In: *The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development*. CAB International, Wallingford, UK: 266–295.
- Margat, J., van der Gun, J. (2013). **Groundwater around the world: A geographic synopsis**. UNESCO-PHI/IGRAC/CRC Press: 1–376.
- Martos-Rosillo, S., Marín-Lechado, C., Pedrera, A., Vadiello, I., Motyka, J., Molina, J-L., Ortiz, P., Martín Ramírez, J.M. (2013). **Methodology to evaluate the renewal period of carbonate aquifers: A key tool for their management in arid and semiarid regions, with the example of Bece-ro aquifer, Spain**. *Hydrogeology Journal*, DOI 10.1007/s10040-013-1086-9.
- MIMAM (2000). **Libro blanco del agua en España. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas**, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MOPTMA-MINER (1994). **Libro blanco de las aguas subterráneas. Serie Monografías. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente / Ministerio de Industria y Energía**, Madrid: 1–135.
- Peck, J.C. (2007). **Groundwater management in the High Plains Aquifer in the USA: Legal problems and innovations**. In: Giordano and Villholth (eds.), *The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development*, CABI, Oxford, UK.

- PHJ (2014). *Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar*, ciclo 2009–2015 [aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación el 14 de marzo de 2014]. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacion-hidrologica/Paginas/Proyecto-Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015.aspx>
- Pisani, B., Samper, J., Li, Y. (2013). *Estimación de los impactos del cambio climático en la recarga de los acuíferos de la Plana de La Galera y del aluvial del Ebro en Tortosa mediante modelos hidrológicos de balance de agua*. Boletín Geológico y Minero, 124 (4): 535–549.
- Pujol, J., Berbel, J., Ramírez-de-Cartagena, F., Viaggi, D., Raggi, M. (2006). *Evaluation of markets for irrigation water in the internal river basins of Catalonia, Spain*. Spanish Journal of Agricultural Research, 4: 3–16.
- Pulido-Bosch, A., Castillo, A., Padilla, A. (eds.) (1989). *La sobreexplotación de acuíferos. Asociación Internacional de Hidrogeólogos/Grupo Español-Instituto Tecnológico GeoMinero de España*, Almería. Madrid: 1–687.
- Samper, J. (1998). *Evaluación de la recarga por la lluvia mediante balances de agua: utilización, calibración e incertidumbres*. Boletín Geológico Minero, 109: 31–54.
- Samper, J., Huguet, LL., García Vera, M.A. (1999). *Manual de usuario del programa Visual Balan v.1.0: Código interactivo para la realización de balances hidrológicos y la estimación de la recarga*. Publicación Técnica 05/99, ENRESA, Madrid: 1–134.
- Samper, J., Huguet, LL., Ares, J., García-Vera, M.A. (2005). *User's guide VisualBALAN v.2.0: código interactivo para la realización de balances hidrológicos y la estimación de la recarga*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, A Coruña: 1–150.
- Samper, J., García-Vera, M.A., Pisani, B., Varela, A., Losada, J.A., Alvares, D., Espinha Marques, J. (2007). *Using hydrological models and geographic information systems for water resources evaluation: GIS-VISUAL-BALAN and its application to Atlantic basins in Spain (Valiñas) and Portugal (Serra da Estrela)*. In: J.P. Lobo Ferreira, J.M.P. Vieira (eds.), *Water in Celtic countries: quantity, quality and climate variability*. IAHS Publ. 310, IAHS, Wallingford, UK: 259–266.
- Scanlon, B.R., Keese, K.E., Flint, A.L., Flint, L.E., Gaye, C.B., Edmunds, W.M., Simmers, I. (2006). *Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions*. *Hydrological Processes* 20: 3335–3370.
- Scanlon, B. R., Faunt, C. C., Longuevergne, L., Reedy, R. C., Alley, W. M., McGuire, V. L., P.B. McMahon (2012). *Groundwater depletion and sustainability of irrigation in the US High Plains and Central Valley*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(24), 9320–5.
- Shah, T, J. Burke, K.Villholth, M. Angelica (2007). *Groundwater: a global assessment of scale and significance*. In, D. Molden (ed.), *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management*, International Water Management Institute, Sri Lanka: 395–423,
- Simmers, I., Villarroja, F., Rebollo, L.F. (eds.) (1993). *Aquifer Overexploitation*. Int. Assoc. Hydrogeol., Selected Papers 3, Heise: 1–392. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1220351110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1220351110)
- Sophocleous, M. (2009). *Review: groundwater management practices, challenges, and innovations in the High Plains aquifer, USA – lessons and recommended actions*. *Hydrogeology Journal*, 18(3), 559–575.
- Sophocleous, M. (2012a). *The evolution of groundwater management practices in Kansas and possible new steps towards water sustainability*. *Journal of Hydrology*, 414–415: 550–559.
- Sophocleous, M. (2012b). *Conserving and extending the useful life of the largest aquifer in North America: the future of the High Plains/Ogallala aquifer*. *Ground Water*, 50(6): 831–839.
- Steward D.R., , Bruss, P.J., Yang X., Staggenborg, S.A., Welch, S.M., Apley, M.D. (2013). *Tapping unsustainable groundwater stores for agricultural production in the High Plains Aquifer of Kansas, projections to 2110*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1220351110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1220351110)
- Taher, T., Bruns, B., Bamaga, O., Al-Weshali, A., van Steenberg, F. (2012). *Local groundwater governance in Yemen: building on traditions and problems communities to craft new rules*. *Hydrogeology Journal*, 20: 1177–1188.
- Taylor, R.G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J.S., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T.R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M.F.P., Alan MacDonald, A., Fan, Y., Maxwell, R.M., Yechieli, Y., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Shamsudduha, M., Hiscock, K., Yeh, P.J-F., Holman I., Treidel, H. (2013). *Ground water and climate change*. *Nature Climate Change*, 3 April 2013. [www.nature.com/natureclimatechange](http://www.nature.com/natureclimatechange)
- Thuy, L.A.D.R., Valero de Palma, J., López-Gunn, E. (2014). *The institutional organization of irrigation in Spain and other Mediterranean countries*. In: P Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century*. CRC Press: 277–301.

Vörösmarty, C.J., Malntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A, Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C., Davies, P.M. (2010). **Global threads to human water security and river biodiversity.** *Nature*, 467: 551–561.

Wada, Y., van Beek, E., van Kempen, C., Reckman, J. Vasak, S., Binkens, M. (2010). **Global depletion of groundwater resources.** *Geophysical Research Letters*, 37: 1–5.

Wada, Y., van Beek, L.P.H., Bierkens, F.F. (2012a). **Non sustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment.** *Water Resources Research*, 48, W00L6, doi: 10.1029/2011/WR010562.

Wada, Y., van Beek, L.P.H., Sperna Woiland, F.C., Chao, B.F., Bu, Y-H, Bierkens, M.F.P. (2012b). **Past and future contribution of groundwater depletion to sea-level.** *Geophysical Research Letters*, 39, L09, doi: 10.1029/2012GL051230.

Werner, A.D., Zhang, Q., Xue, L., Smerdon, B.D., Li, X., Zhu, X., Yu, L., Li, L. (2013). **An initial inventory and indexation of groundwater mega-depletion cases.** *Water Resources Management*, 27: 507–533.

# CAPÍTULO III

## AGUAS SUBTERRÁNEAS Y MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL LEVANTE ESPAÑOL

**Preámbulo:** Tras definir el área, se presentan las principales características de uso intensivo y de minería del agua subterránea en el Levante español, para luego pasar a las especificidades del Alto y Medio Vinalopó, de la Cuenca del Segura y de Almería, con consideración especial de las áreas de mayor intensidad de explotación dentro de cada una de ellas. Se discute el conocimiento que se tiene del balance de agua y en especial de la recarga. Con la información disponible se hace una evaluación de la existencia de minería del agua subterránea en el Levante español.

### Resumen

*El Levante español comprende la cuenca del río Vinalopó (Alicante) en la Cuenca del Júcar, la Cuenca del Segura (Murcia, Alicante y Albacete) y la parte NE de la provincia de Almería, principalmente el Campo de Dalías, el Campo de Nijar y la cuenca del Almanzora. Comprende un área total de unos 29.000 km<sup>2</sup> en la que se riegan unas 300.000 ha, de ellas la mitad con agua subterránea, aunque hay riegos mixtos.*

*El clima del Levante español es semiárido, tendiendo a árido hacia el sur, sometido a significados periodos de sequía pluviométrica y aún más de recursos de agua en los ríos.*

*La sequía más reciente es la de 2005–2009, especialmente significada por la reducción de agua superficial disponible, durante la que los acuíferos han jugado un papel importante al aportar agua de reservas, parte de las cuales son minería del agua subterránea.*

*Hay diversos manantiales importantes que se han secado o con caudales mermados, el caudal de los ríos principales ha ido disminuyendo o se han secado, aunque las causas son complejas y poco estudiadas, y diversos humedales han sido afectados. El total de humedales identificados es de unos 50, de tamaño pequeño, salvo el Mar Menor que en parte se relaciona con aguas subterráneas. Las afecciones varían según el lugar, desde moderadas a importantes e incluso secado y desaparición, en especial en el valle del Guadalentín. En general estas afecciones no están cuantificadas ni se ha estudiado el posible interés de la restauración, si ésta fuese posible. Muchos de los efectos ya no están en la memoria de los habitantes locales por haberse producido hace varias décadas. Buena parte de los terrenos desecados están hoy ocupados por actividades humanas. La subsidencia del terreno a causa de la extracción de agua subterránea es notable en el entorno de Lorca (Valle del Guadalentín), hasta 1,5 m acumulados, y menor en Murcia aunque con efectos urbanos.*

*La compleja geología local hace que existan numerosos acuíferos en unidades de tamaño pequeño a medio (la mayoría entre 3 y 50 km<sup>2</sup>), principalmente en carbonatos y algunas depresiones profundas rellenas de materiales detríticos de tamaño medio como los del Valle del Guadalentín y Campo de Cartagena. A pesar de la gran compartimentación las reservas de agua subterránea pueden ser relativamente importantes al encontrarse tramos permeables a profundidades grandes. El Campo de Dalías recibe buena parte del agua del relativamente extenso acuífero de la Sierra de Gádor.*

*Se identifican unos 250 acuíferos en una superficie de unos 13.000 km<sup>2</sup>, casi el 50% de territorio, aunque la proporción es mayor en la Cuenca del Vinalopó y buena parte de la del Segura. La superficie de los acuíferos intensamente explotados, en buena parte sometidos a minería del agua subterránea, es del orden de 9000 km<sup>2</sup>. Hay numerosos acuíferos localmente importantes compartidos entre las Cuencas del Júcar y del Segura, muchos de ellos con minería del agua subterránea.*

*El número total de pozos es muy elevado, quizás más de 25.000, aunque el de pozos profundos operativos en los acuíferos de mayor explotación intensiva es mucho menor. En alguno de los acuíferos más significativos son algunas decenas de pozos, pero dada la pequeña extensión de algunos de ellos resulta aún una densidad espacial notable.*

*Parte de los acuíferos intensivamente explotados y con minería del agua subterránea están afectados por una progresiva degradación de la calidad del agua por movilización de agua subterránea profunda, que está afectada por formaciones geológicas salinas, en general los del*

Medio Vinalopó y los de la Serra de Crevillent, Quibas, Ascoy-Sopalmo y en cierto modo Jumilla-Villena. En otros acuíferos no hay un empeoramiento importante de la calidad a pesar de los grandes descensos de niveles. La información disponible sobre la calidad del agua subterránea y su evolución, y en concreto sobre la salinidad, es escasa o si existe ha sido poco elaborada y no es fácilmente accesible. Faltan estudios hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales para la comprensión del funcionamiento, balance y procesos de las unidades más importantes.

Hay numerosos acuíferos costeros afectados por intrusión marina, pero muchos de ellos son pequeños y en principio recuperables, aunque la información disponible es escasa y poco detallada. Entre los acuíferos mayores, el Campo de Dalías tiene una clásica intrusión marina en el entorno de Aguadulce que afecta a los niveles poco profundos. La intrusión marina en los acuíferos profundos parece importante, hasta el punto de que podría hablarse de minería del agua dulce subterránea, pero la información disponible no es suficiente para una evaluación cuantitativa. La información sobre intrusión marina en el Campo de Níjar, el Campo de Cartagena y Mazarrón-Águilas es muy escasa.

Los acuíferos más intensamente explotados son los costeros, los próximos a las grandes demandas de riego, población y turismo y los del Altiplano Murciano y Alto Vinalopó, además de los en relación con el Campo de Dalías. La demanda de agua subterránea y los derechos de extracción aducidos superan la recarga más los retornos de riego, con lo que la mayoría de acuíferos, excepto los de cabecera de la cuenca del Segura, tienen consumo sostenido de reservas de agua subterránea. La extracción conjunta de agua subterránea se puede valorar en unos 700 hm<sup>3</sup>/año para una recarga estimada del orden de 200 hm<sup>3</sup>/año.

La relación extracción/recarga en los diferentes acuíferos intensamente explotados es frecuentemente mayor que 1, alcanzando valores de 5 a 10 en muchos de ellos (como en Jumilla-Villena, Mazarrón-Águilas, Crevillent, Alto y Bajo Guadalentín) y para los acuíferos más intensamente explotados varía en cifras redondas desde 15 para el de Tobarra-Tedera-Pinilla, a 30 en el de Ascoy-Sopalmo y a 50 en el de Quibas, aunque se trata de valoraciones que pueden tener gran incertidumbre.

En algunos acuíferos los descensos del nivel freático o piezométrico desde el inicio de la explotación superan ampliamente los 100 m en el Alto Guadalentín, Ascoy-Sopalmo, Crevillent, Serral-Salinas, Quibas y otros, hasta más de 300 m en el acuífero del Triásico de Los Victorias. Se han observado tasas de descenso de nivel superiores a 1 m/año en muchos de los acuíferos y valores mantenidos o durante ciertos periodos que pueden llegar a 5 m/a (acuíferos de Ascoy-Sopalmo, Alto Guadalentín,

Serral-Salinas), hasta algo más de 10 m/a (Triásico de Los Victorias) y algunos de los acuíferos profundos del Campo de Dalías. No se conoce bien la parte de ese descenso que es debido a efectos dinámicos y la parte que es debida a minería del agua subterránea, si bien los valores mayores sostenidos son en buena parte debidos a la extracción minera.

La recarga total a los acuíferos, incluyendo los de cabecera, se estima en alrededor de 1200 hm<sup>3</sup>/a, de los que unos 600 hm<sup>3</sup>/a alimentan a los ríos de la Cuenca del Segura, mayormente en su cabecera y prácticamente nada a los otros ríos del área; una parte poco significativa descarga directamente al mar. El aumento de la explotación del agua subterránea es en parte responsable de la disminución de los caudales fluviales generados en el área.

Para una extracción actual de aguas subterráneas de alrededor de 700 hm<sup>3</sup>/a, se estima que unos 400 a 500 hm<sup>3</sup>/a proceden de disminución de reservas de agua subterránea, de los que alrededor de 200 a 300 hm<sup>3</sup>/a pueden considerarse como minería del agua subterránea propiamente dicha. Las salidas de agua subterránea al mar es poco significativa.

En el Campo de Dalías se estima un exceso de extracción de los acuíferos profundos 100 hm<sup>3</sup>/a, con un excedente en parte de los acuíferos superficiales, que ha generado una extensa zona lagunar (Bolsa del Sapo) en la Cañada de las Norias.

Las reservas iniciales de agua subterránea del conjunto de acuíferos intensamente explotados se evalúan en más de 60 km<sup>3</sup>, de los cuales se consideran como explotables alrededor de 25 km<sup>3</sup>, aunque estas cifras tienen una notablemente incertidumbre. La disminución de reservas se evalúa en cerca de 15 km<sup>3</sup> en 2014, que en buena parte son de minería del agua subterránea. Los acuíferos que han soportado mayores extracciones absolutas de reservas son los de Ascoy-Sopalmo, Alto Guadalentín, Bajo Guadalentín, Jumilla-Villena, Quibas, Crevillent, Serral-Salinas y Solana (Villena-Beneixama). Hay acuíferos y subacuíferos pequeños en los que el vaciado es relativamente importante respecto al volumen de agua inicial, sobre todo en el Medio Vinalopó, pero es un problema local se ha venido solucionando con facilidad por aporte desde las unidades hidrogeológicas vecinas. Aquí no se incluye el sistema acuífero de Sierra de Gádor-Campo de Dalías por no disponerse de cifras contrastables.

Los acuíferos en que el vaciado de reservas supera 1 km<sup>3</sup> (hasta 1,8 km<sup>3</sup>) son los de Ascoy-Sopalmo, Alto y Bajo Guadalentín y Crevillent-Algaiat, y los 0,5 km<sup>3</sup> en los de Jumilla-Villena, Campo de Cartagena (principalmente en el Triásico de Los Victorias), Serral-Salinas, Quibas y Solana (Villena-Beneixama).



*El consumo de reservas utilizables se evalúa en 15% y el 20% en el acuífero de Ascoy-Sopalmo y en los del Alto y Bajo Guadalentín.*

*La tasa de consumo minero de aguas subterráneas en la Cuenca del Segura se evalúa en 170 hm<sup>3</sup>/año frente a unos recursos renovables de 240 hm<sup>3</sup>/año y un uso total de agua de 1330 hm<sup>3</sup>/año, incluyendo las superficiales, transvasadas y de regeneración.*

*Los tiempos de recuperación de los acuíferos con mayor intensidad de explotación y minería del agua subterránea, en el supuesto de cese de las extracciones, puede variar entre 30 años y más de 1000 años, en general entre 50 y 200 años, como estimaciones groseras preliminares: 1300 años para el acuífero de Ascoy-Sopalmo, del orden de 200 años para los acuíferos de la Serra de Crevillent, Alto y Bajo Guadalentín, Triásico de Los Victoria (alto Campo de Cartagena) y Serral-Salinas. En otros está en el entorno de 20 años o menos, con lo que no se trataría de minería del agua subterránea propiamente dicha.*

*El cese o disminución de la tasa de descenso en algunos de los acuíferos más intensamente explotados tras el descenso de las extracciones por diversas causas parece indicar que en algunos acuíferos parte de esa tasa es dinámica y que la recarga es algo mayor de lo estimado y menores tiempos de recuperación.*

*Con el apoyo de estudios avanzados que combinan datos hidrogeológicos con datos geofísicos, la Diputación de Alicante dispone de curvas de producción para sus acuíferos, que relacionan nivel del agua con las reservas de agua extraíbles; son un buen apoyo a la gestión del uso temporal de reservas dinámicas y de la minería del agua subterránea.*

*El agua subterránea juega un papel importante, no sólo como recurso ordinario sino para atender a déficits en otras fuentes de agua, como las transvasadas, y para momentos de sequía. Existen casi 200 "pozos de sequía", tanto de titularidad pública como privada, con capacidad total de extracción puntual del orden de 15 m<sup>3</sup>/s que han llegado a suministrar casi 400 hm<sup>3</sup> en un año crítico.*

*Las cifras son en ocasiones notablemente inciertas, a pesar de los esfuerzos de conocimiento, en parte a causa de la complejidad y fragmentación de los acuíferos y en parte a la escasez de datos en algunos de ellos. Debido a la disminución de extracciones por el creciente coste del bombeo –en especial a causa del incremento del coste de la energía– y a veces por el aumento de salinidad, se observan tendencias a la estabilización que aconsejan una revisión de las estimaciones de la recarga y de los valores de la porosidad drenable.*

## Contenido

- III.1 Características del Levante español
- III.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó y su explotación intensiva
  - III.2.1 General
  - III.2.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó
  - III.2.3 Acuíferos de Crevillent, Algiat y Quibas en las cuencas del Júcar y del Segura
- III.3 Las aguas subterráneas y su explotación intensiva en la Cuenca del Segura
  - III.3.1 General
  - III.3.2 Acuíferos muy intensamente explotados
- III.4 Principales acuíferos de Almería en el Levante español
- III.5 Estimación de la recarga a los acuíferos del Levante español
- III.6 Evaluación del consumo de reservas de agua subterránea
- III.7 Agradecimientos
- III.8 Referencias

**Nota:** el contenido de este capítulo se basa en la documentación escrita y oral a la que se ha tenido acceso, sin una búsqueda bibliográfica profunda especializada y sin realizar estudios específicos adicionales. Las evaluaciones y valoraciones han de entenderse en ese contexto y explican ciertas inconsistencias al usar fuentes diversas y de diferentes momentos. Las actualizaciones sólo se han hecho cuando se ha dispuesto de datos suficientes y confiables. El contenido puede tener en ocasiones problemas de interpretación de las fuentes, aunque el contenido trata de mostrar el mejor conocimiento actual. Lo que en muchos casos se refleja son los datos de las fuentes, los que muchas veces no van acompañados de los detalles o referencias sobre cómo o en qué condiciones han sido obtenidos o responden a designaciones no bien definidas en el lenguaje de recursos de agua e hidrogeológico. La clarificación supone profundizaciones, estudios complementarios o planteamiento de cuestiones a los autores que superan el alcance y posibilidades de este informe.

## III.1 Características del Levante español

En este informe se designa como **Levante español** al conjunto de la porción sur de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, buena parte de la Demarcación del Segura y parte de Almería, en las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (CMA, anteriormente Cuenca del Sur). También se denomina **Sudeste español**. Afecta a las provincias de Alicante (Murcia, Almería y Albacete).

Se trata de un área geológicamente muy compleja, afectada por la orogenia alpina. Comprende los dominios estructurales y paleogeográficos de las béticas, subbéticas y prebéticas. Los acuíferos que se consideran son en buena parte carbonatos (calizas y dolomías) del Mesozoico, salvo en el extremo SW en que son materiales dolomíticos triásicos. En el subbético y prebético hay importantes depósitos plásticos del Keuper (Triásico), que contienen arcillas y yesos con intercalaciones de halita; esto ha facilitado grandes desplazamientos de bloques durante los eventos orogénicos y se han inyectado entre ellos. Los materiales evaporíticos del Keuper han formado importantes diapiros salinos, destacando el de Pinoso, en el Medio Vinalopó, casi lindando con la Cuenca del Segura.

Los materiales arcillosos del Keuper tienen un comportamiento impermeable a nivel regional, por lo que constituyen el muro o el techo de las formaciones carbonatadas acuíferas, las que son potenciales buenos acuíferos, a veces de gran espesor aunque de reducida extensión superficial y con partes confinadas. También tienen interés acuífero los rellenos de algunas fosas y depresiones postorogénicas, desde el Mioceno hasta el Cuaternario, como las del Guadalentín y del Campo de Cartagena. Sin embargo, las formaciones carbonatadas que se encuentran formando parte del substrato de estas fosas son también potenciales acuíferos de interés, pero pueden estar casi erosionadas, como sucede en el valle del Guadalentín, y suelen contener aguas de muy mala calidad. En el Campo de Cartagena, estas formaciones se consideran posibles objetivos para inyectar en ellas salmueras residuales procedentes de plantas desalinizadoras.

La Figura III.1.1 muestra la ubicación geográfica de las principales formaciones permeables. En lo que sigue se hace referencia a las mismas como unidades hidrogeológicas (UH), siguiendo el censo y designación del SGOP (1990) y del ITGE (2000). También se las designa siguiendo la forma actual de masas de agua subterránea, MASb (aunque hubiera sido mejor traducir el término anglosajón water body como cuerpo de agua), de carácter administrativo dentro de cada Demarcación Hidrográfica. Para el detalle que exige el conocimiento y la gestión de las aguas subterráneas se han definido acuíferos. En la cuenca del Segura se identifican 234 acuíferos y hasta 90 en la del Júcar, los que cubren prácticamente todo el territorio. En general no se considera la existencia de acuíferos superpuestos, aunque puede haber varios niveles y parte de ellos tener

comportamiento cautivo; en el NW de la cuenca del Segura se considera la existencia de un acuífero profundo regional. Las unidades hidrogeológicas compartidas, las que están en más de una cuenca (SGOP, 1993; PHN, 2000), son numerosas entre las cuencas del Júcar y del Segura. La partición entre las respectivas Demarcaciones Hidrográficas crea una división artificial que si bien es conveniente administrativamente, no lo es ni hidrogeológicamente ni para la gestión de las aguas subterráneas, además de algunas imprecisiones de designación y ubicación.

A medida que se ha progresado en el conocimiento hidrogeológico se han reajustado los límites de las UH y de las MASb, con lo que algunas de las MASb tienen distinta superficie, numeración y designación según el momento, lo que crea cierta confusión cuando se manejan documentos producidos en momentos distintos.

Buena parte de las unidades acuíferas del Levante español tienen un grado de explotación que se puede calificar como de explotación excesiva ya desde el inicio de la planificación hidrológica (DGOHCA-ITGE, 1997).

A efectos de este informe se consideran los aspectos relevantes de la parte S de la Cuenca del Júcar (Cuenca del río Vinalopó), de la parte media y baja de la Cuenca del Segura, incluyendo el Altiplano murciano de Yecla y Jumilla, y de la parte E de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (anteriores Cuencas del Sur, en la provincia de Almería). La Cuenca del Segura es la parte central, está intensivamente explotada y sirve de referencia. Las tres áreas presentan similitudes en cuanto a desarrollo agrícola, poblacional y turístico y en lo referente a la explotación intensiva de las aguas subterráneas.

El clima del Levante español es predominantemente mediterráneo semiárido, evolucionando desde un NE más húmedo hacia un SW más seco, incluso árido en ciertas áreas de Almería. El contraste paisajístico es muy marcado entre las superficies bien vegetadas de la cuenca del río Serpis, el río permanente al N de la cuenca del río Vinalopó, y el área aquí considerada en la que el paisaje tiene cada vez menos cobertura de vegetación, de norte a sur. La Cuenca del Segura recibe una precipitación media de 300 mm/a en la costa y 400 a 500 mm/a en el interior, con temperaturas medias de 18°C.

La variabilidad climática estacional y anual es importante, así como la interanual. En la estación de Ruidera (cabecera del Guadiana), cerca de la cabecera del río Mundo (cuenca del Segura), con una precipitación variable entre 200 y 860 mm/a y media de 445 mm/a; se aprecian periodos pluviométricamente medios entre 1960 y 1967 y entre 1973 y 1986, con un periodo húmedo entre 1969 y 1973 y otro de tendencia seca entre 1986 y 2009, que incluye dos años de precipitación mínima (1995 y 1999). En la cuenca del Segura se consideran secuencias especialmente secas las de 1980–1982, (1990)–1993–1995 y 2005–2008 (Sanchis Ibor et al. 2011).

El año 1990 fue muy lluvioso en las Cuencas del Júcar [AS, comunicación personal]. La secuencia seca de 2005–2008 es la más recordada, no sólo por ser la más reciente, sino por su intensidad relativa e impacto. Los límites temporales que se dan para esta sequía varían de unos trabajos a otros, de modo que a veces se considera como inicio el 2004 y se la extiende hasta el 2009. La Tabla III.1.1 muestra la secuencia de años secos y húmedos según los valores anuales de precipitación de la cuenca del Segura, que coincide razonablemente con la secuencia en la parte de la Cuenca del Júcar situada en el lado opuesto a la cabecera del río Vinalopó.

Estos datos son estimativos y según tendencias, con lo que los límites no siempre coinciden ni temporalmente ni espacialmente. Hay una sequía generalizada entre 1976 y 1983 y entre 1997 y 1996, pero no tan claramente entre 2005 y 2009, en la que la sequía se refiere en especial a la escasez de caudales del río Segura.



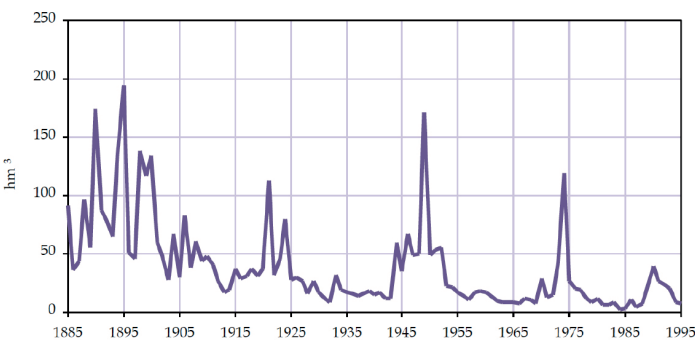
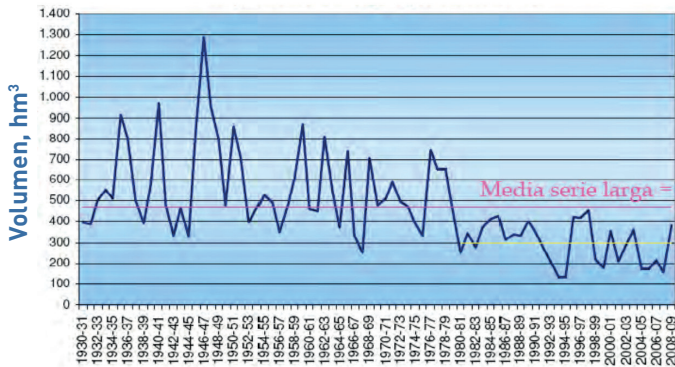
**Fig. III.1.1** Mapa esquemático del área considerada como Levante español, con indicación de los principales cursos de agua y acuíferos, además de las desalinizadoras de agua del mar construidas en los últimos años (modificado de Pulido-Bosch et al., 2012); faltan las plantas desalinizadoras más recientes del Andarax y de Balerna. Justo en el extremo S está el sistema del Campo de Dalías y la Sierra de Gádor, que forma parte del área aquí considerada.

Tabla III.1.1. Precipitación anual (P) en la Cuenca del Segura (PHS, 2013) y tipos de periodos.

Lugar	Periodo	Precipitación mm/a			Periodos largos		
		Media	Máxima	Mínima	Húmedos	Medios	Secos
Cuenca	1960–2010	380	620	300	1976–1980	1940–1962	1963–1971
					1988–1994	1970–1977	1982–1988
						1996–2004	2005–2010
Cabecera	1961–2010	750 → 650	1160	350	1963–1968	1960–1977	1969–1972
					1976–1982	1984–1990	1995–1997
					1988–1995		2004–2010

El río principal del Levante español es el Segura, con sus afluentes principales, el río Mundo en la parte alta y el río Guadalentín en la baja. Otros ríos destacables son el Andarax y el Adra, en Almería. Los otros ríos del Levante español son menores y entre ellos destacan el Vinalopó en Alacant y el Almanzora en Almería, que si bien fueron semipermanentes, hoy tienen largos periodos sin caudal a causa de la acción humana, salvo pequeños escurrimientos en tramos sobre materiales poco permeables. Los otros cauces y cuencas son predominantemente barrancos y ramblas, en especial en las áreas más bajas meridionales, los que permanecen secos buena parte o todo el año, salvo en eventos intensos de precipitación. En la parte noreste, fuera del área considerada, el río Serpis es permanente e importante.

La Figura III.1.2 muestra la evolución de aportaciones anuales del río Segura. Dentro de una gran variabilidad de un año a otro, los caudales se mantuvieron más o menos estables hasta 1978 y luego descendieron desde valores medios de 500–600 hm<sup>3</sup>/a hasta 250 hm<sup>3</sup>/a. Este cambio podría explicarse en parte por el efecto de las extracciones de agua subterránea en la cuenca, de modo similar a lo que sucede en el río Júcar, pero no se han encontrado estudios de detalle al respecto. Sin embargo, parece que las explotaciones de los acuíferos del Altiplano y de la cuenca del río Mundo no pueden explicar más que una pequeña parte del descenso de caudales medios ya que hay numerosas derivaciones y tomas [AS, comunicación personal].



**Fig. III.1.2.** Gráfico superior: variación de las aportaciones anuales del río Segura en su tramo inferior entre 09–1931 y 09–2009; valor medio de 471  $\text{hm}^3/\text{a}$  para toda la serie y 296  $\text{hm}^3/\text{a}$  para la serie reciente, según Cabezas (2011). Gráfico inferior: variación de las aportaciones anuales del río Guadalentín en el Estrecho de Puentes, donde actualmente está la presa del Embalse de Puentes, entre 1885 y 1995, en  $\text{hm}^3/\text{a}$ , según Bautista Marín y Muñoz Bravo (1986) y MIMAM (2000).

Algo similar sucede en el río Guadalentín, donde se dispone de aforos en su cuenca alta (Estrecho de Puentes) desde 1885, con aportaciones muy superiores a las de la segunda mitad del siglo XX. La explotación de los acuíferos en la cuenca alta es muy pequeña, de modo que cabría pensar que la disminución de caudales sea debida a un progresivo mayor consumo de agua por la vegetación a causa de cambios en la extensión y manejo de la masa forestal [AS, comunicación personal].

No se han encontrado estudios al respecto. Estas evoluciones son similares a las que observan en la cabecera del río Ter y otros ríos de Cataluña y también en el río Ebro después de compensar el incremento de superficie regada. No se tiene una explicación documentada y no parece que la evolución sea debida a cambio climático, por lo menos totalmente, sino a cambio global que podría estar en relación con el estado de uso y gestión de las masas forestales.

La descarga natural de los acuíferos era predominantemente por manantiales que daban origen a los ríos y cabeceras de los arroyos y barrancos, con una parte de drenaje directo al mar en el caso de los acuíferos costeros.

Actualmente destaca por su espectacularidad el manantial de la cabecera del río Mundo (Calar del Mundo), aunque tiene fluctuaciones importantes a causa de las variaciones de la precipitación, ya que apenas hay extracciones de agua subterránea aguas arriba. Una buena parte de los manantiales de áreas altas de la cuenca del Segura subsisten y no muestran afecciones graves por la explotación del agua subterránea, bien por estar éstas ubicadas en áreas alejadas o bien por estar los manantiales alimentados por acuíferos profundos regionales aún poco explotados y poco conocidos en general.

Existieron otros notables manantiales, como los del Altiplano murciano, hoy mermados en sus caudales o secos a causa de la explotación intensiva de las aguas subterráneas, con la excepción de los alimentados por los acuíferos profundos regionales antes mencionados. En el acuífero intensamente explotado de Ascoy–Sopalmo no existen actualmente manantiales ya que el nivel freático está a más de 200 m de profundidad.

Subsisten el manantial del Gorgotón, que drena el Sinclinal de Calasparra, y el de Cañada Berosa que drena al acuífero de El Molar, hoy casi seco; todos ellos emergen en el cauce del río Segura. Hay algunos manantiales que descargan acuíferos profundos a través de rasgos tectónicos y que manifiestan termalismo y/o composiciones químicas anómalas, en general con salinidad media a alta, como por ejemplo los Baños de Tus (Rodríguez Estrella, 1979).

El Levante español tiene pocos humedales importantes que dependan predominantemente del agua subterránea. La mayor parte de los que existieron, poco numerosos, han desaparecido por descenso de los niveles freáticos y piezométricos. Tal ha sucedido en las cuencas del Vinalopó y del Guadalentín. Algunos humedales están asociados a saladares (salers) de evaporación, como los de Les Salines en la cuenca del Vinalopó, hoy secos. Normalmente corresponden a cuencas endorreicas o semiendorreicas relacionadas con afloramientos del Keuper, donde el agua aportada tiene ya elevada salinidad por disolución de yesos y otras sales, las que luego precipitan en las zonas más bajas por evaporación.

La información sobre la salinidad y composición de las aguas subterráneas es en general escasa a muy escasa en relación con la referente a la cantidad. A pesar de la aridez, que supone una intensa evapoconcentración, la recarga que se produce en los afloramientos carbonatados es presumiblemente de poco a sólo ligeramente salina. Sin embargo, se pueden producir salinizaciones importantes y progresivas de las aguas captadas con el progreso de la explotación a causa de la existencia de formaciones salinas, en general asociadas o derivadas del Keuper, como en el Medio Vinalopó (Andreu Rodés et al. 2010).

En las áreas costeras, la salinización de las aguas subterráneas por contaminación de origen marino puede ser importante, como en Mazarrón, ya conocida desde la década de 1970 (Sánchez-Fresneda y Custodio, 1988). La contaminación por nitratos y agroquímicos en las áreas de regadío puede ser manifiesta. Estos aspectos no se consideran en este informe.

El agua subterránea extraída se destina en gran parte a regadío, aunque una parte importante es para abastecimiento en el Vinalopó. En la Figura III.1.3 se muestra la evolución de la superficie regada en la Cuenca del Segura. También los usos urbanos y turísticos son importantes y crecientes y revisten especial importancia en el caso poblaciones pequeñas y núcleos rurales. A este respecto, la Diputación de Alicante, en cuyo territorio el uso del agua subterránea es muy importante para el abastecimiento humano, mantiene un servicio de estudio e información bien diseñado y actualizado, para garantizar el abastecimiento de agua a los núcleos de población, en especial los dispersos [DA].

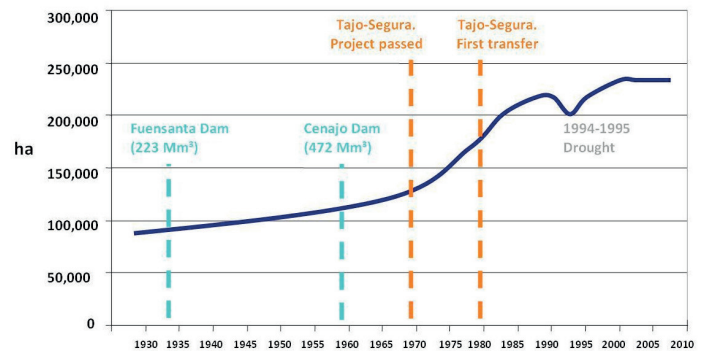


Fig. III.1.3. Evolución de la superficie total regada en la Cuenca del Segura con aguas superficiales, subterráneas, manantiales, aguas regeneradas y desalinizadas (Sanchis Ibor et al., 2011). Se muestran las diferentes acciones de aporte de agua superficial, con la capacidad de los embalses asociados, en hm<sup>3</sup>.

La agricultura de regadío se practica en el Levante español desde la época de la cultura árabe y probablemente con anterioridad, desde la época íbero-romana, principalmente con aprovechamientos en el río Segura y también en los ríos Vinalopó, Almanzora, Andarax y Adra, y más localmente a partir de manantiales. Los cursos permanentes asociados a manantiales, en especial los situados ya fuera del límite NE del área aquí considerada, se utilizaron para accionar molinos y para introducir la producción del papel en la Península Ibérica. Fuera de las áreas servidas por aguas superficiales y manantiales, con sus obras hidráulicas asociadas, principalmente construidas en la primera mitad del siglo XX, el resto eran paisajes de monte bajo, secanos y eriales, con muy baja productividad económica y una sociedad pobre y con tendencia a la emigración. No obstante, hay buenos suelos y el clima es muy apropiado para cultivos de huerta y para frutales. Los primeros intentos de regadío con aguas subterráneas se iniciaron en el siglo XVIII y en especial en el siglo XIX, mediante galerías y pozos para servir heredamientos y como promociones oficiales y privadas, tanto de individuos como de asociaciones. Los pozos con extracción mecánica ya son del primer tercio del siglo XX, para la transformación de secanos en el valle del Guadalentín, Murcia, Orihuela (Oriola), Campo de Cartagena y Medio Vinalopó.

Para desarrollar económicamente el área, el entonces Instituto de Colonización (INC), actual Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), desde 1939 y en especial en la década de 1950, promovió y facilitó la extracción de agua subterránea para el desarrollo de nuevos regadíos, con un notable éxito y creciente superficie regada (Sevilla et al. 2010) e induciendo inversiones privadas. Los planes del IRYDA afectaron principalmente a Hellín, Tobarra, Mazarrón, Jumilla y Yecla (PHS, 2013). Así se originó una demanda creciente de agua, con extracciones de agua subterránea en aumento casi exponencial entre las décadas de 1960 y 1980 en las áreas sin acceso al agua superficial, con iniciativas y perforaciones con frecuencia poco o nada controladas ni inventariadas por las administraciones públicas.

La forma de evolución se puede explicar en buena parte por tratarse entonces de aguas privadas según la Ley de aguas de 1879 entonces vigente (ver el Capítulo VI).

No tardaron en aparecer problemas de grandes descensos de los niveles del agua subterránea y de afecciones a aguas superficiales y al medio ambiente. Ya en las décadas de 1960 a 1980 se hicieron numerosos estudios para conocer lo que sucedía y evaluar la situación, principalmente por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, durante un periodo ITGE, Instituto Tecnológico GeoMinero de España), en buena parte dentro del Plan de Aguas Subterráneas (PIAS), y el hoy extinto Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) del Ministerio de Obras Públicas.

En esa época ya se señaló la necesidad de controlar el desarrollo de las aguas subterráneas y proteger lo que se había hecho contra la especulación y codicia, pero las armas legales eran pocas y había bastante desinterés en actuar por parte de las autoridades del agua, en parte explicable por ser las aguas subterráneas de dominio privado. Como intento de control, y por similitud con lo que legalmente se hacía con los manantiales de aguas minerales y minero-medicinales al amparo de la legislación minera, en 1956 ya se establecieron algunos perímetros de protección para tratar de limitar la intensidad de extracción de aguas subterráneas en áreas del Segura y del Júcar, en los acuíferos de Caudete-Villena-Sax, Yecla-Villena-Beneixama y Jumilla-Villena y Peñarrubia, pero con escasos o nulos resultados prácticos.

También el abastecimiento humano y los usos recreativos han producido un notable aumento de la demanda de agua subterránea, en buena parte asociado al turismo. El conjunto, regadío y abastecimiento humano, han favorecido el crecimiento y mejora social de la población, en parte debido a la agricultura. La parte industrial es relativamente poco importante en el Levante español, salvo en el Medio y Bajo Vinalopó, donde la explotación intensiva de las aguas subterráneas ha tenido gran influencia. Existen problemas de salinización en las áreas costeras y en algunas del interior, de aumento de costos por incremento de la elevación y del precio de la energía, de riesgo de agotamiento de reservas y de necesidad de garantizar el abastecimiento mediante nuevas captaciones, a veces alejadas, lo que requiere redes de distribución supramunicipales.

El número de pozos operando en las distintas unidades carbonatadas más explotadas, tanto del Vinalopó como de la Cuenca del Segura, es moderado y los grandes descensos observados derivan de la elevada productividad de parte de esos pozos, que suelen tener gran profundidad. En otros acuíferos existe un gran número de pequeñas captaciones, frecuentemente someras o de moderada profundidad.

Para la mejora y extensión de las áreas de regadío con aguas superficiales, mejora del abastecimiento a la población y su garantía de cantidad y calidad, desde la década

de 1980 se han ido aportando nuevos recursos de agua, que se aplican de forma diferente a las distintas áreas del Levante español. Estas actuaciones son principalmente:

a) Transvase de agua desde la Cuenca del Tajo a la Cuenca del Segura (Transvase Tajo-Segura, TTS), en operación desde 1979, gestionado por el Acueducto Tajo-Segura (ATS), con capacidad de hasta 600 hm<sup>3</sup>/año (el proyecto inicial era para 1000 hm<sup>3</sup>/año). En la realidad se ha transvasado un máximo de 510 hm<sup>3</sup>/a (360 hm<sup>3</sup>/a reales) y 290 hm<sup>3</sup>/a en media y 240 hm<sup>3</sup>/año en los últimos 15 años.

El 40% ha sido para abastecimiento y el 60% para agricultura. Los volúmenes a transvasar para abastecimiento y riego han de aprobarse por Ley cada año. El TTS abastece a la provincia de Murcia, salvo las áreas de Águilas, Mazarraón y parte del Alto Guadalentín, y al sur de Alicante. La utilización agrícola se gestiona a través del SCRATS (Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura). En la Figura 3.1.4 se muestra el área atendida por el ATS. Fuera de la misma, para regar se ha de recurrir principalmente a las aguas subterráneas. También se extrae agua subterránea en sequías y como garantía de suministro en las áreas que reciben agua superficial y no son de regadío tradicional.

b) Captación de agua de la cabecera de la Cuenca del Segura y transporte por canal de 214 km. Se construyó entre 1926 y 1949, con ampliaciones entre 1974 y 1981 (Águila Guillén et al, 2012). Funciona desde 1957 y ha ido creciendo hasta 2003. Está gestionado por el organismo autónomo Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT). Es para abastecimiento de 79 municipios de Murcia (60%), SW de Alacant (40%) y Albacete (0,1%), incluyendo las ciudades de Murcia, Cartagena y Alacant, pero no Yecla ni Jumilla. Actualmente la MCT distribuye su propia agua tomada del río Taibilla (máximo de 47 hm<sup>3</sup>/a, con un aporte medio actual de 42 hm<sup>3</sup>/a y mínimo de 37 hm<sup>3</sup>/a), afluente del río Segura, más la que recibe del TTS a través del ATS (110 a 130 hm<sup>3</sup>/a; 87 hm<sup>3</sup>/a en 2010 según el PHS, 2013) y de desalinización marina (115 hm<sup>3</sup>/a de las plantas de Alicante (2), San Pedro del Pinatar (2) y Valdelentisco). La distribución total en 2009 fue de 216 hm<sup>3</sup>. También aporta agua para regadío.

c) Transvases ocasionales desde la cuenca del Guadalquivir al embalse del Negratín, en el Guadiana Menor, provincia de Granada, para usos de regadío en el Bajo Almanzora, a partir de la adquisición negociada de agua (véase el Capítulo V).

d) Reutilización de aguas urbanas usadas, con tratamiento terciario, para usos agrícolas y algunos usos recreativos, como por ejemplo el riego de campos de golf y áreas verdes y ajardinadas. En la Cuenca del Segura la reutilización de esas aguas urbanas para regadío es casi completa, lo que es un ejemplo destacado a nivel mundial.

d) Transvase Júcar-Vinalopó, construido, a punto de empezar a funcionar y sólo pendiente de decisiones principalmente políticas. Ya se ha realizado una primera prueba de funcionamiento. Está diseñado para poder transvasar 80 hm<sup>3</sup>/a, estimados en 70 hm<sup>3</sup>/a reales. Puede incorporar un máximo de 15 hm<sup>3</sup>/a de agua regenerada y 18 hm<sup>3</sup>/a de la nueva desalinizadora de agua del mar de Mutxamel.

e) Desalinización de agua del mar mediante ósmosis inversa, en un conjunto de plantas ya construidas o previstas. Existen 8 plantas en la cuenca del Segura, con capacidad nominal de 330 hm<sup>3</sup>/a. Dos de esas plantas están cerca de Alacant, con capacidad conjunta de 48 hm<sup>3</sup>/a, instaladas en 2003 y 2008 respectivamente. En Alacant está en construcción la mencionada planta de Mutxamel. En la parte del Levante español en la provincia de Almería, en las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, hay 4 plantas operativas con capacidad conjunta de 115 hm<sup>3</sup>/a: Carboneras I, Bajo Almanzora, Rambla Morales (que en realidad es de agua salina subterránea) y Almería.

La de Cabo de Gata, de 0,5 hm<sup>3</sup>/a, está desmantelada tras no poder producir agua con menos de 1mg/L de B. Otras 3 están en construcción (70 hm<sup>3</sup>/a) y otra más está prevista.

Está previsto que el agua producida sea tanto para abastecimiento humano como para riego, aproximadamente en igual proporción, aunque el alto coste frente al de otros recursos de agua, cuando están disponibles, limita el uso del agua desalinizada para agricultura (véase el Capítulo V).

De hecho las plantas existentes están subutilizadas por no tener compradores, aún en momentos de alta demanda. El consumo energético específico total actual es de aproximadamente 4,3 kWh/m<sup>3</sup>, con tendencia a reducirse moderadamente y variable según la altitud del depósito final de almacenamiento y distribución.

**Tabla III.1.2.** Plantas desalinizadoras en el Levante español, ordenadas de norte a sur. Estado según ABC (2012) y otros datos. La situación en 2014 puede haber cambiado.

Capacidad nomina Planta	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /día	hm <sup>3</sup> /año	Estado
Mutxamel	50	18	En construcción
Alicante-1	65	24	En servicio
Alicante-2	65	24	En servicio, paralizada
Torrevieja	240	80	En construcción
San Pedro del Pinatar I	65	24	En servicio, paralizada
San Pedro del Pinatar II	65	24	En servicio, paralizada
Escombreras	55	20	En servicio, explotada en mínimos
Valdelentisco	140	63	En servicio, explotada en mínimos
Águilas	180	70	En construcción
Bajo Almanzora	40	15	En servicio
Carboneras I	120	42	En servicio (producción aprox. 8 hm <sup>3</sup> /año)
Carboneras II	120	42	En construcción
Nijar (Rambla Morales)	55	20	En servicio, paralizada por quiebra económica
Campo de Dalías	80	30	En construcción



f) Desalobración (reducción de la salinidad) de aguas subterráneas salobres, en general de iniciativa privada, para regadío en el Campo de Cartagena, en el Bajo Almanzora y en el Campo de Níjar, gestionadas por los agricultores, con unos 10 años de funcionamiento. Además de las plantas grandes de Rambla Morales (antes incluida entre las de desalinización) y de Águilas-Guadalestín (para Pulpí; 3 hm<sup>3</sup>/año) y Palomeras (10 hm<sup>3</sup>/año), ambas a pleno uso, y la nueva prevista para tratar la salinidad y acumulación de plaguicidas de la Balsa del Sapo (Campo de Dalías), en el Campo de Níjar hay en el entorno de dos centenares de plantas que en 2011 tenían entre 0,4 y 4 m<sup>3</sup>/día de capacidad (De Miguel et al., 2011; GEM, 2009). Hay otras en el Levante español. Además existen algunas unidades pequeñas de promoción oficial para abastecimiento municipal en algunas poblaciones del interior de la provincia de Alacant. Todas estas plantas suponen una explotación añadida a los acuíferos de los que toman el agua salobre. No se ha identificado la existencia de plantas para reducir la salinidad de aguas regeneradas. El consumo energético para plantas que tratan aguas moderadamente salobres es en promedio de unos 0,9 kWh/m<sup>3</sup>. La evacuación segura de las salmueras de rechazo de estas plantas, sin afectar a las aguas subterráneas, es con frecuencia un problema pendiente de resolver, en especial en lugares alejados del mar. En el Campo de Cartagena hay algunos colectores que vierten en la costa y en el Mar Menor.

La Figura III.1.5 muestra la evolución temporal porcentual del origen del agua para regadío en la cuenca del Segura.

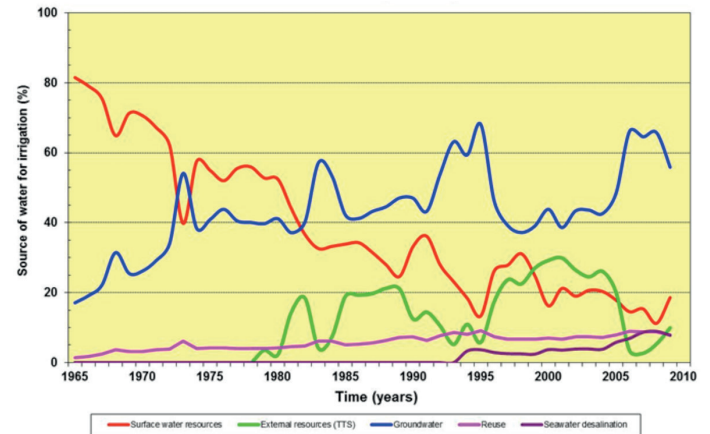


Figura III.1.5. Evolución temporal porcentual del origen del agua para regadío en la cuenca del Segura [JLGA]. En rojo las aguas superficiales, en azul las aguas subterráneas, en verde las importadas a través del TTS, en morado las aguas regeneradas y en violeta el agua de mar desalinizada.

En el Levante español existen algunos acuíferos importantes compartidos entre las Demarcaciones de la Cuenca del Segura y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y numerosos entre las cuencas del Segura y el Júcar, y en concreto con la del Vinalopó (Tabla III.1.3). Administrativamente están divididos en dos MASb, una parte en cada Demarcación Hidrográfica, lo que facilita las actuaciones administrativas de cada una de ellas pero no la gestión conjunta y coordinada del acuífero.

La decisión de cómo repartir los recursos depende de la Dirección General de Aguas, del Gobierno Central, lo que aleja mucho el órgano responsable y merma la capacidad de actuación local ante las presiones de los explotadores. Así, se ha observado un incremento de extracciones en un factor 3,3 en la parte de los acuíferos de Jumilla-Villena y Serral-Salinas en la Cuenca del Segura, en buena parte por la expansión humana y económica de Yecla, mientras en la Cuenca del Júcar se han realizado esfuerzos para reducir las extracciones, logrando hacerlo en un 14%. Es una situación poco coordinada ya que se trata de un mismo acuífero

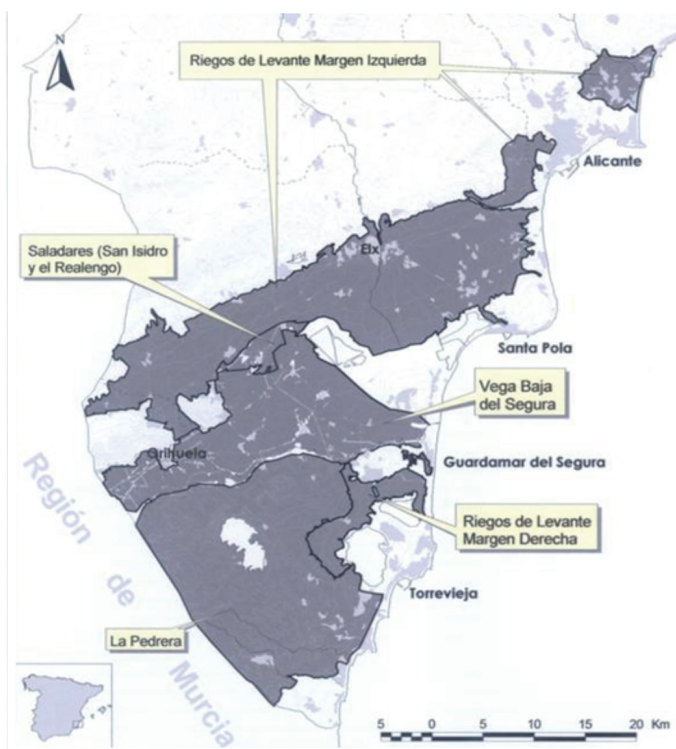


Fig. III.1.4. Superficies regadas con aguas superficiales en la parte de la Cuenca del Segura en Alacant, según Sanchis Ibor et al., 2011. El resto de las áreas regables se abastecen con agua subterránea, la cual también se utiliza en parte en las nuevas áreas regadas con agua superficial, como complemento, en momentos de carestía y en sequías.

**Tabla III.1.3.** Unidades hidrogeológicas compartidas entre la Cuenca del Segura y las Cuencas vecinas (PHS, 2013). El código es el de la Cuenca del Segura; tienen un código diferente en la otra cuenca. Caudales compartidos según Ley del PHN (2005).

Con la Cuenca del Júcar	Con la Cuenca del Guadalquivir	Con las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
07.01 Sierra de la Oliva	07.07 Fuente Segura–Segura	07.43 Sierra de Almagro
07.02 Sinclinal de la Higuera	07.14 Segura–Madera–Tus	07.44 Saltador
07.03 Boquerón	07.17 Caravaca	07.45 Saliente
07.05 Jumilla–Villena	07.19 Taibilla	
07.10 Serral–Salinas	07.27 Orce–María	
07.11 Quibas	07.36 Calar del Mundo	
07.12 Sierra de Crevillente	07.39 Castril	
07.16 Tobarra–Tedera–Pinilla	07.54 Sierra de la Zarza	
07.24 Vega Media y Baja del Segura		
07.35 Cingla		
07.42 Sierra de Argallet		
07.50 Moratalla		
07.56 Lácerca		

Caudales compartidos, hm<sup>3</sup>/a

07.01 / 08–34 Sierra de la Oliva 3/1  
 07.05 / 08–35 Jumilla–Villena 2/6  
 07.10 / 08–42 Serral–Salinas / Carche–Salinas 2,5/1,8  
 07.12 / 08–52 Sierra de Crevillente 0,8/0,8

## III.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó y su explotación intensiva

### III.2.1 General

La cuenca del río Vinalopó ocupa una superficie de 1692 km<sup>2</sup> al sur de la Demarcación del Júcar (ver Fig. III.1.1), con un recorrido de 81 km. Gran parte está en la provincia de Alacant, con pequeñas porciones en Albacete, Murcia y Valencia. Limita con las cuencas de los ríos Segura y Serpis y con la comarca de la Marina Baja. Los afluentes principales del río Vinalopó, con cuencas pequeñas, son el Arroyo (Acequia) del Rey (canal artificial de drenaje) y el río de Tarafa. Los recursos de agua del río Vinalopó dentro del conjunto provincial de Alacant han sido estudiados por Bru Ronda (1993a) y Murillo et al. (2010), además de lo que se expone en el PHJ (2014).

El río Vinalopó nace en Font de la Coveta, en Serra Mariola (término municipal de Bocairant, Valencia). Este manantial está hoy muy mermado. El río tiene escaso caudal en

cabecera y en el resto del recorrido está seco la mayor parte del año, salvo tras eventos intensos de lluvia, cuando en su tramo final el caudal puede superar puntas ocasionales de 200 m<sup>3</sup>/s. Entre 1912 y 1931 funcionó una estación de aforos a la salida de la depresión de Villena, de cuyos datos se deduce una aportación anual natural entre 9 y 30 hm<sup>3</sup>/a, con un valor medio de 16 hm<sup>3</sup>/a (Murillo et al., 2009). El río era ganador a su paso junto a la Serra de la Solana [AS], en el tramo de Villena y en algunos tramos aguas abajo, por las descargas de manantiales. Fluía por el llano del entorno de Villena (aguas caballeras o surgentes). En Novelda recibía un aporte de descargas laterales salinas. Actualmente el agua del cauce en su tramo inicial puede tener una conductividad eléctrica entre 400 y 1000 µS/cm y se infiltra totalmente después de Banyeres de Mariola, antes de Beneixama. En Villena recibe agua de la Acequia del Rey y lleva agua hasta pasado Elx (Elche), pero con mayor conductividad eléctrica, aunque se seca en verano. En su tramo final, cerca de Santa Pola, puede circular agua procedente de excedentes de riego y vertidos, con conductividad eléctrica entre 1300 y 1500 µS/cm y puntas de hasta 5000 µS/cm. En la realidad el cauce no llega al mar Mediterráneo y desaparece antes de alcanzar a las Salinas de Santa Pola y a la Laguna del Fondo (Hondo) al ser captado el escaso caudal por las acequias previas al Molar, que conducen el agua hasta las salinas de Santa Pola.

En Villena hubo una laguna que fue desecada tras la construcción de la Acequia del Rey. La Laguna de Salinas, cerca del Elda, explotada para obtener sal, tuvo diferentes proyectos de desecación y finalmente ha quedado desecada, en gran manera a causa de las extracciones de agua subterránea. En la cuenca no hay otros humedales significativos. Los humedales del área costera y de Elx (Elche) quedan fuera del área aquí considerada.

El río Vinalopó se divide en Alto (Alt), Medio (Mitjà) y Bajo (Baix) Vinalopó, que representan áreas bien diferenciadas entre sí (Fig. III.2.1). Aquí se considera el Alto y Medio Vinalopó, donde se produce la mayor parte de la explotación de agua subterránea.

En la cuenca del Vinalopó hay alrededor de 500.000 habitantes: unos 60.000 en el Alto Vinalopó, 170.000 en el Medio Vinalopó y 270.000 en el Bajo Vinalopó.

Según los datos de Murillo et al. (2009), la precipitación media en el Alto y Medio Vinalopó varía entre 280 y 420 mm/a, algo mayor en el Medio Vinalopó que en el Alto Vinalopó. La precipitación aporta en promedio 340 hm<sup>3</sup>/a (entre 190 y 600 hm<sup>3</sup>/a), con un coeficiente de variación de los valores anuales de 0,28. Descontando la evapotranspiración potencial, se tiene una precipitación útil (agua superficial y subterránea) media de 107 hm<sup>3</sup>/a. La temperatura media anual de 13,5 °C en 1910 ha aumentado hasta 15,2 °C en 1990 (Murillo et al., 2009).

De los 61 hm<sup>3</sup>/a de agua subterránea extraída en el Alto Vinalopó, 5 hm<sup>3</sup>/a son para usos privados, 6 hm<sup>3</sup>/a para abastecimiento urbano, 20 hm<sup>3</sup>/a son distribuidos por Aguas Municipalizadas de Alicante (irregular), 14 hm<sup>3</sup>/a son distribuidos por la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante y 16 hm<sup>3</sup>/a son distribuidos por el Ajuntament d'Elx. Se riegan entre 5000 y 10.000 ha, dependiendo del año, con un uso de agua de casi 20 hm<sup>3</sup>/a de los aproximadamente 30 hm<sup>3</sup>/a demandados.

En el Medio Vinalopó se riegan 20.000 ha de las 30.000 ha regables, utilizando 40 hm<sup>3</sup>/a de los aproximadamente 50 hm<sup>3</sup>/a demandados, más una extracción de 17 hm<sup>3</sup>/a para abastecimiento humano. Según Sevilla et al. (2010), la superficie de riego es de 24.000 ha, de las que 15.000 tienen agua suficiente y el resto no. La superficie regada está en recesión y actualmente es de unas 10.000 ha [JA]. En algunos lugares, hasta el 30% del agua usada para riego es agua urbana regenerada.

Las alrededor de 30.000 ha regadas en el conjunto del Alto y Medio Vinalopó demandan 82 hm<sup>3</sup>/a de agua, que se convierten en 105 hm<sup>3</sup>/a al incluir la parte ambiental. Actualmente hay más de 200 balsas de riego que tienen una capacidad de almacenamiento total de 20 hm<sup>3</sup>, que incluyen algunos represamientos en el río aguas arriba de Elda y de Elx. Para el conjunto se ha realizado un sencillo modelo matemático conjunto de explotación (Murillo et al., 2009).

En 1959 existía un total de 93 pozos en la comarca agraria del Vinalopó y se pasó a 545 en 1970 y a 1394 en 1985 (Sevilla et al., 2010), de los que 392 están en el Alto Vinalopó y 282 en el Medio Vinalopó, y otros 720 en la Hoya de Castalla, ya fuera del área considerada. El número de pozos operativos en el Alto y Medio Vinalopó es de 290 y la mayoría de ellos dispone de contador de agua {VR}. Para un total de 193 hm<sup>3</sup>/a concedidos, se usan 113 hm<sup>3</sup>/a, con unos recursos (recarga) de 59 hm<sup>3</sup>/a, según la simulación realizada para la CHJ mediante el modelo hidrológico Patricial (ver el Apartado 3.5), de los que se consideran extraíbles 48 hm<sup>3</sup>/a tras considerar las restricciones ambientales {VR}.

Ante el descenso continuado de niveles del agua subterránea, incremento de los costes de extracción del agua subterránea y pérdida de calidad, se ha construido el transvase Júcar-Vinalopó, referido anteriormente en el Apartado III.1, con una capacidad máxima de transporte de agua de 80 hm<sup>3</sup>/año, que puede entrar en operación de forma inmediata. Respecto a las demandas, se estima un déficit residual no cubierto de 20 hm<sup>3</sup>/año.

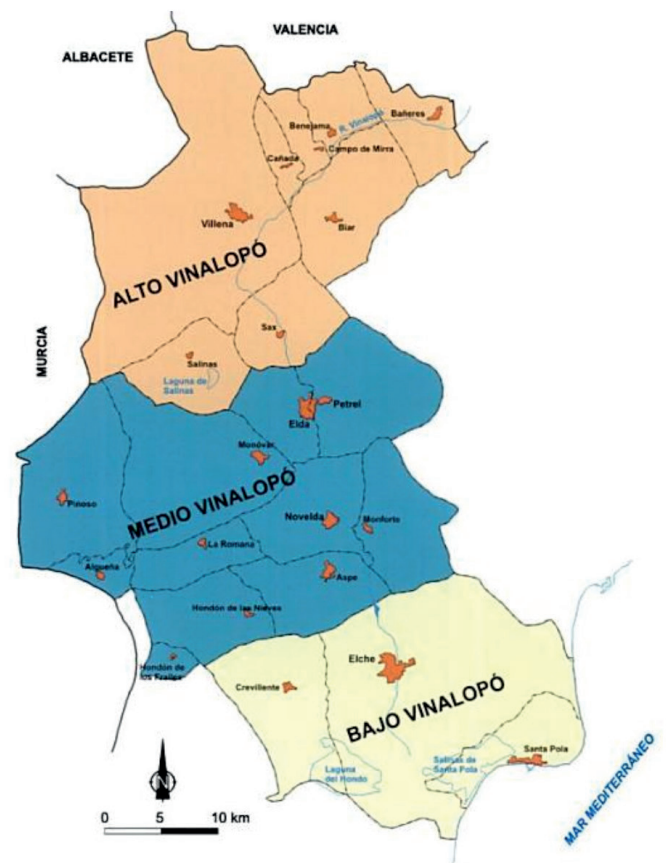


Fig. III.2.1. Cuenca del río Vinalopó en la provincia de Alacant (la mayor parte) y división en zonas. La parte situada al SW, donde está dibujada la escala, es también provincia de Alacant pero corresponde a la cuenca del Segura.

En el Alto Vinalopó, los propietarios de pozos con concesión o derechos de explotación de agua subterránea no siempre coinciden con los usuarios de agua, que son los Ayuntamientos, asociaciones agrícolas, empresas de abastecimientos municipales y usuarios privados. Hay varias sociedades gestoras del agua. La más importante es la Junta Central de Usuarios del Vinalopó y L'Alacantí, formada en 2003 para la gestión del futuro transvase Júcar-Vinalopó, que integra a la mayoría de los que captan aguas subterráneas, aunque en el área hay otras comunidades no integradas, como la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, creada en 1907, y Aguas Municipalizadas de Alicante, además del Consorcio de la Marina Baja, que reúne a ayuntamientos y la Diputación de Alicante.

No se considera aquí el Bajo Vinalopó por tener características muy diferenciadas del Alto y Medio Vinalopó, carecer de acuíferos capaces de proporcionar caudales importantes y recibir agua externa de la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT) desde 1957, descrita en el Apartado III.1. Aparte de la población de Elx, el Bajo Vinalopó y el territorio de la provincia de Alacant dentro de la cuenca del Segura no reciben agua de mar desalinizada de las dos plantas en el área costera, que abastecen a la ciudad de Alacant. Se dispone de 27 hm<sup>3</sup>/a de agua residual tratada.

Los usos del agua en el Vinalopó-L'Alacantí se resumen en la Tabla III.2.1.

**Tabla III.2.1.** Usos del agua en el Vinalopó-L'Alacantí (ETIJ, 2013). Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Origen del agua	Agricultura	Usos urbanos e industriales
Superficial <sup>(1)</sup>	4,7	42,0
Subterránea	74,2	47,2
Regenerada	24,9	-
Desalinizada	-	-
Importada <sup>(2)</sup>	-	37,0

<sup>(1)</sup>De la cuenca del Segura a través de la MCT

<sup>(2)</sup>Externa a la cuenca del Segura (TTS)

Para el sistema de explotación 04-04, Vinalopó-L'Alacantí, que además de la cuenca del Vinalopó incluye la del río Monnegre y la rambla del Rambutxar, las extracciones actuales medidas con contador varían en torno a 100 hm<sup>3</sup>/año, entre 85 y 110 hm<sup>3</sup>/año (ETIJ, 2013), con un total de 69 hm<sup>3</sup>/a para agricultura y 40 hm<sup>3</sup>/a para abastecimiento urbano e industrial, a los que se suman 50 hm<sup>3</sup>/año de la MCT, aunque el reparto varía según el año. El PHJ (2014) indica unos derechos de aguas subterráneas de 197 hm<sup>3</sup>/a, de los que se extraen 113 hm<sup>3</sup>/a; los renovables se evalúan en 48 hm<sup>3</sup>/a, después de descontar una pequeña cantidad

por requisitos ecológicos. Con una aportación máxima del transvase Júcar-Vinalopó de 80 hm<sup>3</sup>/a y valor real según disponibilidades, planteado como una respuesta al exceso de explotación (López Ortiz y Melgarejo, 2010), resulta un déficit mínimo relativo a los derechos de agua reconocidos de 52 hm<sup>3</sup>/a. Si se mantuviese la explotación real actual, la aportación externa, con correcciones por reutilización, compensa a grandes rasgos el exceso de extracción sobre los recursos renovables, que en buena parte es minería de agua subterránea, pero deja poco margen a la recuperación de las reservas. La planta de desalinización de agua del mar de Mutxamel, de 18 hm<sup>3</sup>/a de capacidad nominal, tiene previsto destinar 7 hm<sup>3</sup>/a para substituir bombeos en la cuenca del Vinalopó y el resto es para nuevos desarrollos urbanísticos. La reutilización podría alcanzar 40 hm<sup>3</sup>/a.

### III.2.2 Las aguas subterráneas en el Alto y Medio Vinalopó

Los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó son de pequeña extensión pero muy productivos, en buena parte carbonatados y con gran potencia, con una compleja disposición a causa de la intensa dislocación tectónica. Parte de los acuíferos son unidades compartidas con las cuencas al E, dentro de la propia Demarcación del Júcar, y otros, los más importantes, con la Demarcación del Segura (Tabla III.1.3).

El sector NE aporta agua subterránea al río Serpis y al río Júcar. La Figura III.2.2 muestra las 12 unidades hidrogeológicas (UH) definidas por el Servicio Geológico de Obras Públicas y el Instituto Geológico y Minero de España que afectan al área del Vinalopó, y dos de las de contorno. En lo que se ha definido como Vinalopó-L'Alacantí (Cuenca de los ríos Vinalopó y Monnegre, rambla del Rambutxar y pequeñas cuencas litorales) hay 25 MASb, en parte en unidades hidrogeológicas compartidas (ETIJ, 2013). El agua es en general de buena calidad, bicarbonatada cálcica, pero la presencia de materiales del Keuper puede producir contaminación salina en los bordes de los acuíferos, a veces importante, en especial en el Medio Vinalopó.



Fig. III.2.2. Unidades hidrogeológicas del área del Vinalopó, en la Cuenca del Júcar, y compartidas con la Cuenca del Segura. Las de Orqueta, Barrancones-Carrasqueta, Serra Grossa (excepto Serra Mariola) y las situadas más al este no corresponden ni se relacionan directamente con la Cuenca del Vinalopó.

A efectos administrativos derivados de la aplicación de la legislación y de la Directiva Marco del Agua (DMA) europea, en 2005 se definieron 14 masas (cuerpos) de agua subterránea (MASb) con base a esas UH, designadas con la clave (080.0XX), que en 2009 se han revisado y modificado, denominadas (080.1XX), con algunos cambios de nombres (Figura III.2.3). Véase la Tabla III.2.2.

En el Anexo AI de este informe se incluye la importante aportación a este informe del equipo de estudio y gestión del agua subterránea de la Diputación de Alicante [DA], que es una detallada contribución actualizada al estado de los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó realizada bajo la perspectiva del abastecimiento a los municipios. Las designaciones de los acuíferos no coinciden siempre con las de la Confederación Hidrográfica del Júcar y se dan algunos mayores detalles, pero la identificación es sencilla. Este documento es clave para la obtención de datos.

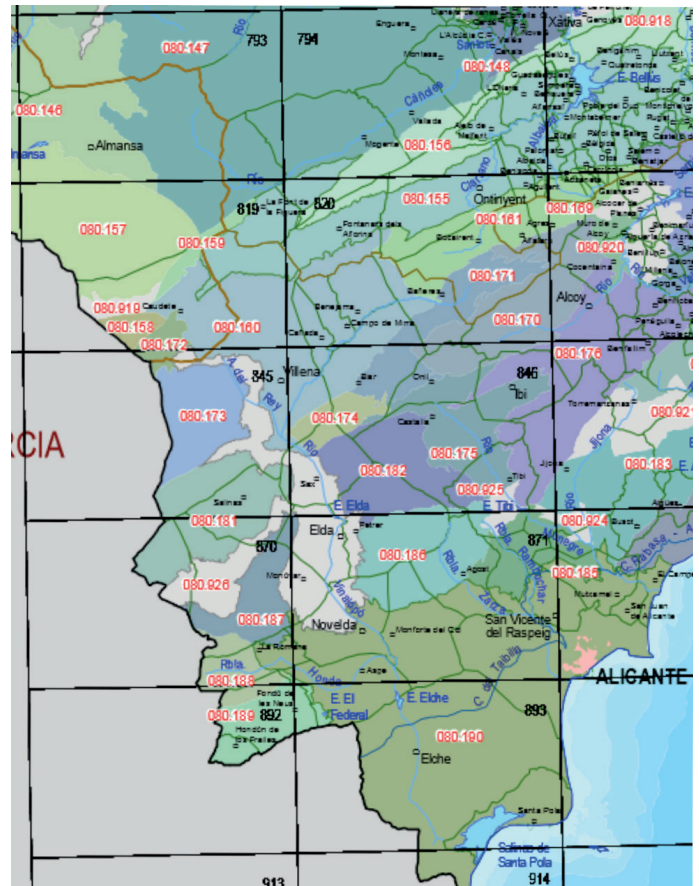


Fig. III.2.3. Masas de agua subterránea (MASb) que están dentro o en el entorno de la cuenca del Vinalopó, según la numeración actual de la cuenca del Júcar. Orientación geográfica según los mapas 1/200,000 del IGN (PHJ, 2014).

**Tabla III.2.2.** Código, designación y características de las masas de agua subterránea (MASb) del Alto y Medio Vinalopó, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, de clave 08 o 080 (CHJ, 2009; PHJ, 2014; PHN, 2000). Las declaraciones de “sobreeplotación” están en la Tabla VI.2.1. UH = Unidad hidrogeológica.

UH 08:XX	Código (080.XXX)		Designación	Área actual km <sup>2</sup>	Naturaleza	Comentarios
	Actual	Anterior				
<b>Alto Vinalopó</b>						
[28]	[156	049]	[Serra Grossa]	206	C (J)	Fuera del área
34	157	050	Sierra de la Oliva	248	C (J)	Agregada (S 07-01)
	158	051	Cuchillo-Moratilla	17	C (S)	[S 07-50/070-013]
36	160	053	Villena-Beneixama	330	M	Segregado Volcadores-Albaida (UH Yecla-Villena-Beneixama)
40	171	060	Serra Mariola	96	C	Segregado Salt Sant Cristobal
	172	061	Serra Lácerca	22	C (S)	Agregada (S 07-56/070-024)
35	173	062	Serra del Castellar	90	C (S)*	[Antes HU Jumilla-Villena] (07-05/070/009)
41	174	063	Peñarrubia	35	C	
[44]	[176	065]	[Barracones-Carrasqueta]	264	C	Fuera del área Al rio Serpis)
42	181	070	Serra de les Salines	142	M	(HU Carche-Salinas) ** (S 07-10/070-27)
43	182	071	Arguenya-Maigmo	127	C	
<b>MedioVinalopó</b>						
49	185	074	Agost - Monnegre	73	C	[Cede a Ventós]
50	186	075	Serra del Cid	129	M	Recibe de Ventós-Castellar
51	187	076	Serra del Reclot	72	C (S)	(HU Quibas) (07-11/070-029)
42	188	077	Serra de Argallet [Algaiat]	48	M (S)	(HU Quibas) (S 07-42/070-030)
52	189	078	Serra de Crevillent	68	C*	(S 07-12/070/031)
	[190	079]	[Bajo Vinalopó]	803	M	Fuera del área

Litología: D = detrítico; C = carbonatado; M = mixto  
 Compartida con: (S) Cuenca del Segura; (J) otras subcuencas del Júcar  
 \*\* Serra de les Salines en Alicante; Carche en Murcia; también Serral-Salinas (S)  
 El PHN (2000) incluye el Sinclinal de la Higuera (S 07-02), sin clave en el Júcar

En número de manantiales y rezumes de agua subterránea existentes es relativamente pequeño, como muestra la Figura III.2.4, en fuerte contraste con el sector NE de la cabecera del río Serpis, lo que en parte es debido a la karstificación de las formaciones carbonatadas, a la mayor aridez climática y a que las escasas descargas que existieron, principalmente al río Vinalopó, hoy se han secado por la explotación de las aguas subterráneas.



Fig.III.2.4. Inventario de manantiales y surgencias que incluye las del área del Vinalopó (PHJ, 2014).

Tabla III.2.3. Recarga estimada a las MASb según la Memoria del PHJ (2014). MASb 080.XXX. Las cifras difieren de las contenidas en CHJ (2007), que eran una primera aproximación. Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Valores en hm <sup>3</sup> /a		Recarga por precipitación	Retornos riego	Descarga al río	Entrada lateral	Salida lateral	Recarga neta
MASb	Designación						
157	Sierra de la Oliva	4,4	0,1	0,0	0,0	2,2	2,3
158	Cuchillo–Moratilla	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4
160	Villena–Beneixama	17,4	2,8	2,3	1,3	0,0	16,4
171	Serra Mariola	5,8	0,1	0,0	0,0	0,1	5,9
172	Serra Lácera	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
173	Serra del Castellar	0,9	0,7	0,0	2,4	0,0	0,4
174	Peñarrubia	0,9	0,2	0,0	0,1	0,0	1,2
(176)	(Barrancones–Carrasqueta)	18,7	0,3	0,2	6,9	5,3	20,8
181	Serra de les Salines	2,0	1,0	0,0	0,0	0,5	2,5
182	Argüeña–Maigmo	2,2	0,4	0,0	0,0	0,2	2,4
185	Agost–Monnegre	1,7	0,2	1,0	0,4	2,4	1,0
186	Serra del Cid	2,6	0,3	0,0	0,1	0,0	1,0
187	Serra del Reclot	1,2	0,3	0,0	0,5	0,0	2,0
188	Serra d’Algaiat	1,4	0,1	0,0	0,0	0,8	0,7
189	Serra de Crevillent	1,2	0,5	0,0	1,5	0,5	2,7
(190)	Bajo Vinalopó	24,5	12,0	5,3	4,4	1,1	34,5

**Tabla III.2.4.** Extracciones de aguas subterráneas de las MASb en la Cuenca del Vinalopó y su entorno, según las Memorias de CHJ (2009) y PHJ (2014). MASb 080.XXX. Continúa la Tabla III.2.3.

MASb	Designación	DA	RD	hm <sup>3</sup> /a				
				A	U	T	D	D/RD
157	Sierra de la Oliva	0,0	2,3	1,5	0,8	2,3	0,0	0,0
158	Cuchillo–Moratilla	0,0	0,4	1,6	0,4	2,0	1,6	4,0
160	Villena–Beneixama	0,6	15,8	13,6	13,5	27,1	11,3	0,7
171	Serra Mariola	2,4	3,5	2,8	1,3	4,1	0,6	0,2
172	Serra Lácera	0,0	0,1	1,1	1,8	2,9	2,8	28,0
173	Serra del Castellar	0,0	4,1	17,6	7,9	25,5	21,4	5,2
174	Peñarrubia	0,0	1,2	0,6	3,1	3,7	2,5	2,1
(176)	[Barrancones–Carrasqueta]	10,4	10,4	0,1	3,0	3,1	-	-
181	Serra de les Salines	0,0	2,5	6,6	4,6	11,2	8,7	3,5
182	Argüeña–Maigmo	0,0	2,4	1,3	1,6	2,9	0,5	0,2
185	Agost–Monnegre	0,0	1,0	0,8	0,0	0,8	-	-
186	Serra del Cid	0,0	3,0	1,4	1,7	3,1	0,1	0,0
187	Serra del Reclot	0,0	2,0	3,3	0,1	3,4	1,4	0,7
188	Serra d’Algaiat (Argallet)	0,0	0,7	0,2	0,3	0,5	-	-
189	Serra de Crevillent	0,0	2,7	12,4	0,3	12,7	10,0	3,7
(190)	Baix Vinalopó	12,4	22,1	0,7	0,0	0,7	-	-

DA = descarga ambiental a respetar (restricciones por flujo ambiental)

RD = recurso disponible = recarga por lluvia + retornos de riego + infiltración fluvial + entradas laterales – salidas laterales – DA

Usos; A = agrícola; U = urbano; T = total

D = déficit

En la Tabla III.2.2 se relacionan las 14 MASb que se consideran y otras dos limítrofes, con las designaciones y comentarios. La estimación de la recarga y disponibilidad de recursos de esas MASb se relaciona en la Tabla III.2.3, según datos del Plan Hidrológico del Júcar (CHJ, 2009; PHJ, 2014). En la Tabla III.2.4 se muestra la evaluación del estado de explotación, donde se da la diferencia [déficit] entre disponibilidad y extracción; sólo 3 unidades (incluyendo el Bajo Vinalopó) tienen superávit.

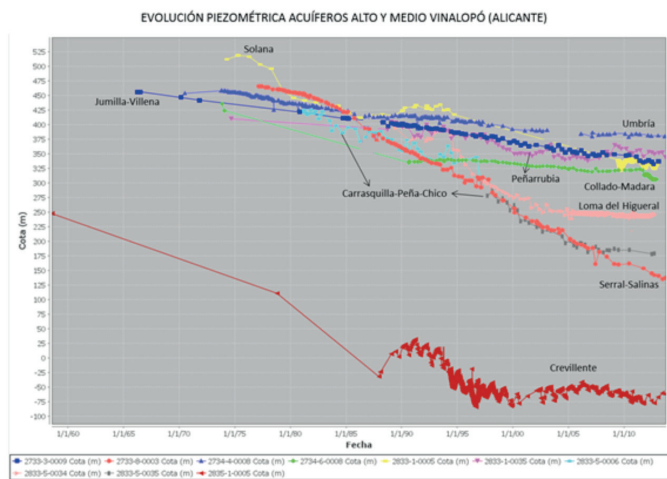
El déficit supone un consumo de reservas de agua en el acuífero, que es especialmente acusado en el conjunto Sierra Cuchillo–Moratilla/Serra Lácera/Villena-Beneixama en el Alto Vinalopó, en el NW, y en Serra de les Salines y Serra de Crevillent en el W, en el Alto y Medio Vinalopó, y en general en acuíferos compartidos con la Demarcación del Segura.

En el área hay escasa información sobre cómo era la situación natural. Los datos de antes de 1984 de Juárez Sánchez–Rubio y Valdés Pastor (1984) ya corresponden a una situación perturbada. Como consecuencia de las extracciones en los acuíferos con explotación más intensiva se ha producido un continuado descenso de niveles (Bru Ronda, 1993b), que se reflejan en la Figura III.2.5 y se comentan en las Tablas III.2.5 y III.2.6.



**Tabla III.2.5.** Descenso de nivel de las aguas subterráneas,  $\Delta s$ , volumen de reservas vaciadas, V, recarga, R, extracción (datos confiables), E, índice de explotación E/R y tiempo de recuperación  $\tau$  si cesasen las extracciones, de los acuíferos más intensamente explotados del Alto y Medio Vinalopó, según datos redondeados y condensados de la elaboración realizada por la Diputació d'Alacant [DA].

Acuífero	$\Delta s$ (1)	V (2)	R (3)	E (4)	E/R (5)	$\tau$ (6)	Observaciones
	m	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup> /a	hm <sup>3</sup> /a		años	
Solana	180	370	23	24	~1	16	Villena-Beneixama
Jumilla-Villena	120	910	5	20	3,8	175	Sector Villena
Serral-Salinas	330	580	4	8	2	150	Según sector
Serra del Cid	150- 350	20	1	1	1	20	Carrasquilla-Peña-Chico, Loma del Higueral, Puntal de los Carros
Quibas	40- 130	205	4	3	~0,8	60	Umbría, Collado-Madara, Chinorlet
Crevillent-Algaiat	310	1190	4	7	~1,6	300	
Peñarrubia	65	35	2	3	~1,6	20	
<b>Totales</b>		3310	43	66			



**Fig. III.2.5.** Evolución de niveles en piezómetros de observación de los acuíferos más explotados en el Alto y Medio Vinalopó: Solana (Villena-Beneixama), Jumilla-Villena, Peñarrubia, Quibas (subacuíferos de Umbría y Collado-Madara), Serra del Cid (acuíferos de Carrasquilla-Peña-Chico y Loma del Higueral), [DA].

**Tabla III.2.6.** Evolución de niveles en piezómetros de observación de las UH (MASb) más explotadas. La indicación de que hay recarga aparente quiere decir que se observan recuperaciones temporales, pero no se sabe si es por recarga o por ascensos dinámicos al disminuir temporalmente la explotación.

MASb 080.XXX	Denominación	Tasa de descenso m/a	Comentarios
171	Serra Mariola	3,0	Cabecera del Vinalopó, regular, sin recarga aparente
157	Sierra de la Oliva	0,7	Fluctúa, hay recarga aparente
150	Villena-Beneixama	0,2	Fluctúa, hay recarga aparente
173	Serra del Castellar	2,5	Regular, sin recarga aparente
181	Serra de Les Salines	10,0	Regular, sin recarga aparente
186	Serra del Cid	2,0	Fluctúa, hay recarga aparente
189	Serra de Crevillent	4 a 5	Fluctúa, recarga aparente, cambios explot.

En el Alto y Medio Vinalopó se continúa con la explotación de agua subterránea sin que por el momento ninguno de los acuíferos se haya agotado, excepto el de Olivereta (Mur-la), muy pequeño, en el que se perforó un pozo de gran productividad, y algunos sectores de Serra del Cid (Carrasquilla-Peña-Chico-Puntal de los Carros-Loma del Higueral) con agotamiento práctico y deterioro notable de la calidad en Loma del Higueral [DA]. Según [DA], 42 hm<sup>3</sup>/a se pueden considerar minería del agua.

En el Alto Vinalopó las aguas subterráneas son de buena calidad, predominantemente bicarbonatadas cálcicas, excepto en las UH de Jumilla-Villena (actual conjunto de MASb al NW) y Serra de les Salines (Unidad Carche-Salinas), donde se ha producido salinización en sus bordes al progresar las extracciones (Tabla III.2.7). En el lado E del Medio Vinalopó las aguas son salobres, cloruradas sódicas, como en la Serra del Cid. En Fondo dels Frares y Barbarroja (pedanía de Orihuela) existen plantas municipales de desalobración de aguas del acuífero de Crevillent. En el acuífero de Jumilla-Villena se ha procedido a substituir y relocalizar pozos para paliar la pérdida de calidad. En los acuíferos de Quibas y Peñarrubia se realizan mezclas de aguas [DA].

**Tabla III.2.7.** Calidad de las aguas subterráneas de los acuíferos significativos del Alto y Medio Vinalopó, según datos de Murillo et al. (2009). TDS = total de sólidos disueltos

Unidad hidrogeológica	Designación	TDS g/L	Composición	Comentarios
<b>Alto Vinalopó</b>				
08-35	Jumilla-Villena	0,4-1,8	HCO <sub>3</sub> -Ca/Na-Ca	Evol. a Na-Cl, Trias
08-36	Yecla-Villena-Beneixama	0,3-0,6	HCO <sub>3</sub> -Ca	
08-40	Serra Mariola	0,2-0,4		
08-41	Peñarrubia	0,8-2,0	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg-SO <sub>4</sub>	
08-42	Carche-Salinas		HCO <sub>3</sub> -Ca/Mg	Evolución a Na-Cl
08-43	Arguenya-Maigmo		buena	
<b>Medio Vinalopó</b>				
08-49	Agost-Monnegre (Ventós)	buena	Cl/SO <sub>4</sub> -Ca/Mg	
08-50	Serra del Cid		buena	Alta salinidad cerca Trias
08-51	Quibas-Algaiat		Na-Cl	Alta salinidad. Diapiros
08-52	Serra de Crevillent		Na-Cl	Inicial HCO <sub>3</sub> -Ca

Hay notables variaciones de salinidad dentro de un mismo acuífero, tanto temporales como espaciales. No se han encontrado estudios de detalle, pero Andreu Rodes (1997) aporta algunos datos de interés. Los relativos al acuífero de la Serra de Crevillent se comentan en el Apartado III.2.3. En el sector SW de Serra del Cid hay algunos datos entre 1979 y 1991 que muestran aguas cloruradas sódicas, con:

- a) tendencia a la salinización, que llega a duplicar la conductividad eléctrica (CE)
- b) variaciones espaciales de la CE entre 2000 y 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- c) relación  $r_{\text{SO}_4}/r_{\text{Cl}}$  ( $r = \text{meq}/\text{L}$ ) entre valores marinos (0,11) y moderadamente mayores, sin clara relación con la salinidad y que no corresponden a disolución neta de yesos
- d) relación  $r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}$  con tendencia al valor marino (0,80) y algunas aguas con déficit de Na.

Se mencionan problemas de exceso de contenido en NO<sub>3</sub> en partes de los acuíferos de Quibas y Algaiat (Sevilla et al., 2010).

### III.2.3. Acuíferos de Crevillent, Algiat y Quibas en las cuencas del Júcar y del Segura

El acuífero de Crevillent es un acuífero complejo, con explotaciones específicas en sus extremos oeste (Galería de los Suizos en Fondo dels Frares/Hondón de los Frailes) y este (Tolomó, cerca del Fondo de les Neus/Hondón de las Nieves). El acuífero descargaba inicialmente al valle del río Vinalopó en dos manantiales y un tercero del acuífero de Algiat-Rollo, según la modelación realizada por el IGME (2010b). Una sección geológica esquemática tipo es la de la Figura III.2.6. Es uno de los acuíferos más explotados y con posible minería del agua subterránea (Martínez-Santos et al., 2008). Las extracciones se iniciaron a principios del siglo XX, por ejemplo con la mina La Cata (L. Candela, comunicación personal 2014), pero se desarrollaron principalmente en la década de 1960 con la perforación de la Galería de los Suizos y diversos pozos profundos.

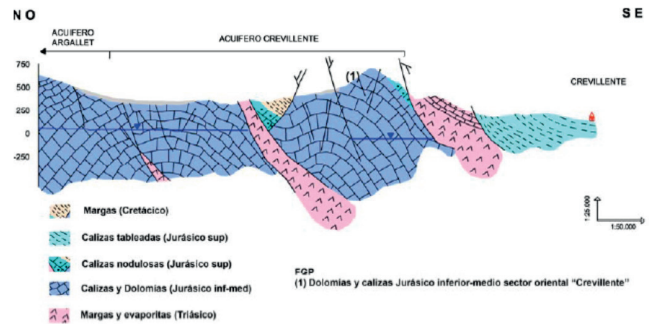


Fig. III.2.6. Acuíferos de la Serra de Crevillent, Algiat (Argallet)-Rollo y Serra de Reclot y acuífero de Quibas (en buena parte en la Cuenca del Segura), según Andreu Rodes et al. (2008). Sección geológica esquemática representativa del acuífero de la Serra de Crevillent desde el acuífero de Algiat, pasando por el Fondo de les Neus (tomado de Andreu Rodes et al. 2002; 2004; [JMAR]). A es el sector de la Galería de los Suizos y B el sector de Tolomó. Los distintos organismos e investigadores han dado delimitaciones diferentes, lo que es causa de cierta confusión. La Serra de Reclot se ha considerado a veces parte del acuífero de Quibas, pero no el de Algiat.

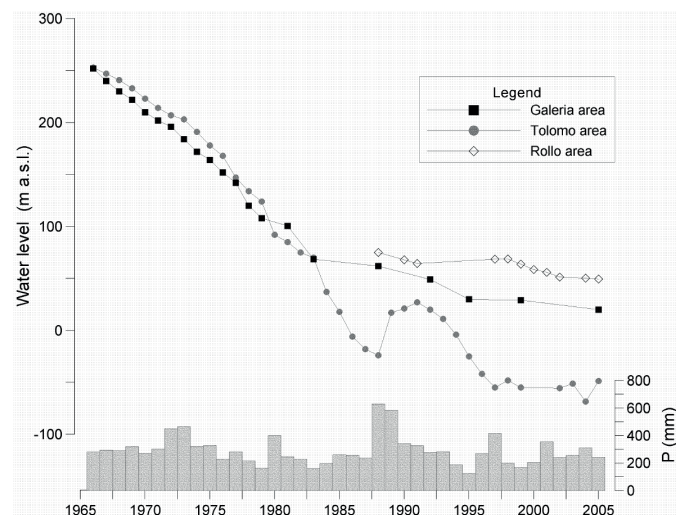
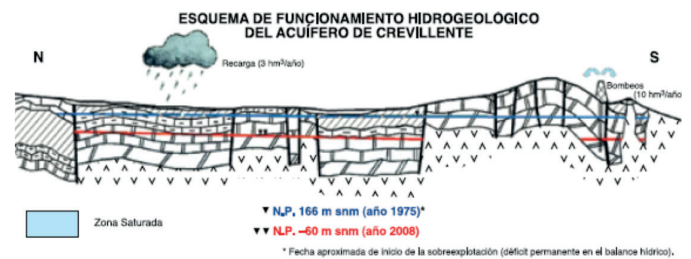
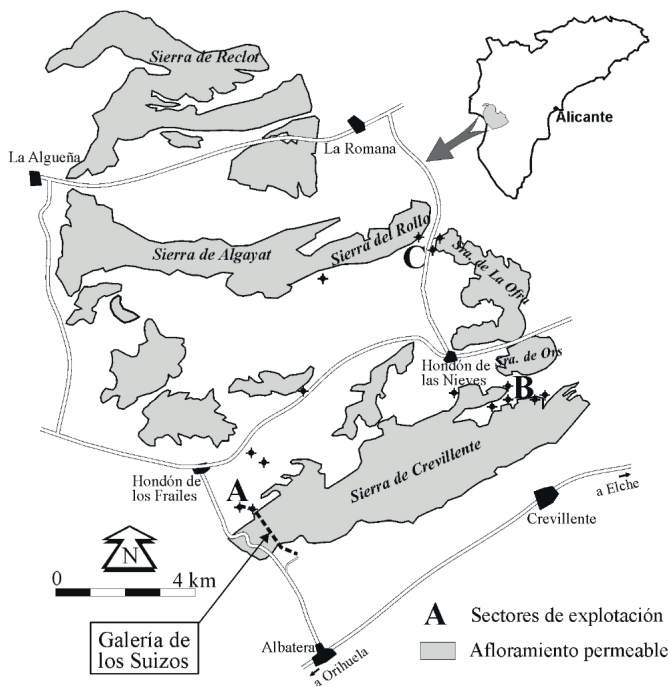
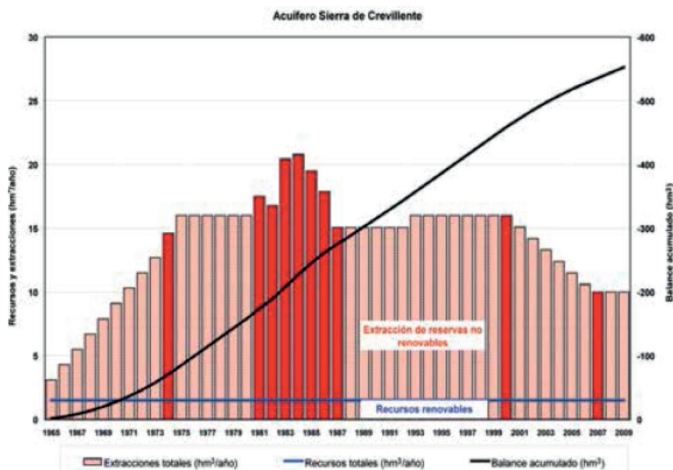


Figura III.2.7. Esquema del funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Crevillent (Andreu Rodes et al. 2002; 2004) y evolución de niveles piezométricos, según García-Aróstegui et al. (2013b) y [JMAR]. Véase la evolución de niveles en la Figura III.2.5.



**Figura III.2.8.** Estimación de la evolución de extracciones ( $\text{hm}^3/\text{a}$ ) y consumo acumulado de reservas hasta 2009 en la Serra de Crevillent (García-Aróstegui et al., 2013b).

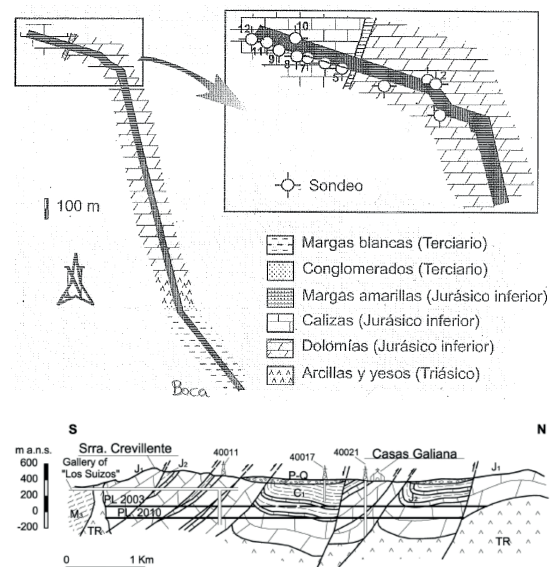
**Tabla III.2.8.** Estimación de las tasas de descenso de nivel en el acuífero de Crevillent, (según información gráfica en Pulido-Bosch et al., 1995). Valores estimados redondeados. Los cambios corresponden a las variaciones en las extracciones y pueden incluir una parte debida a causas dinámicas. Los comentarios hacen referencia a si el descenso se hace sin inflexiones o no.

Sector acuífero	Niveles m smm			Tasa de descenso m/a		
	1965	1985	2008	Periodo	Máxima	Comentarios
Galería de los Suizos	250	60	-10	6,5	12	continua
Tolomó	260	0	-50	7,7	12	una oscilación
Rollo (acuífero Algaiat)	240	60	+20	5,5	9	continua

La Galería de los Suizos fue perforada entre 1961 y 1964 para drenar las formaciones carbonatadas de la Serra de Crevillent, con un caudal inicial de 1000 L/s.

Es un elemento singular importante de la explotación. En el interior de la galería existe un conjunto de 12 sondeos a percusión con cable, de 200 a 400 m de penetración, cerca del frente de la galería, donde es mayor el espesor de carbonatos, para bombear agua al canal interior de la galería (Fig. III.2.9).

Estos sondeos-pozo se han ido profundizando progresivamente para tratar de mantener los caudales. El agua extraída es salobre, clorurada sódica (Fig. III.2.10 y Tabla III.2.9), lo que se explica por disolución de sales evaporitas triásicas o su difusión desde niveles profundos.



**Fig. III.2.9.** Planta de la Galería de los Suizos, en el sector W de la Serra de Crevillent, perforada en dolomías jurásicas tras atravesar un primer tramo de margas terciarias. En su tramo final se han perforado a percusión con cable diversos pozos verticales. Características: longitud 2360 m; ancho 2,5 a 3 m; altura 3,5 m (IGME, 2007; Andreu Rodes et al. 2002; 2004). Corte hidrogeológico de Rodríguez Estrella (2014).

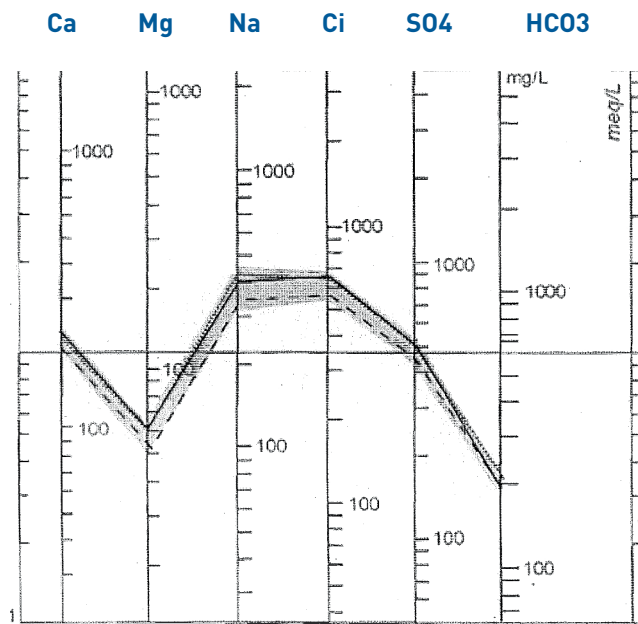


Fig. III.2.10. Diagrama de columnas verticales logarítmicas (Schoeller-Berkaloff) de diversos análisis químicos de aguas extraídas por bombeo en el interior de la Galería de Los Suizos entre 1994 y 2001 (Andreu Rodes et al., 2008).

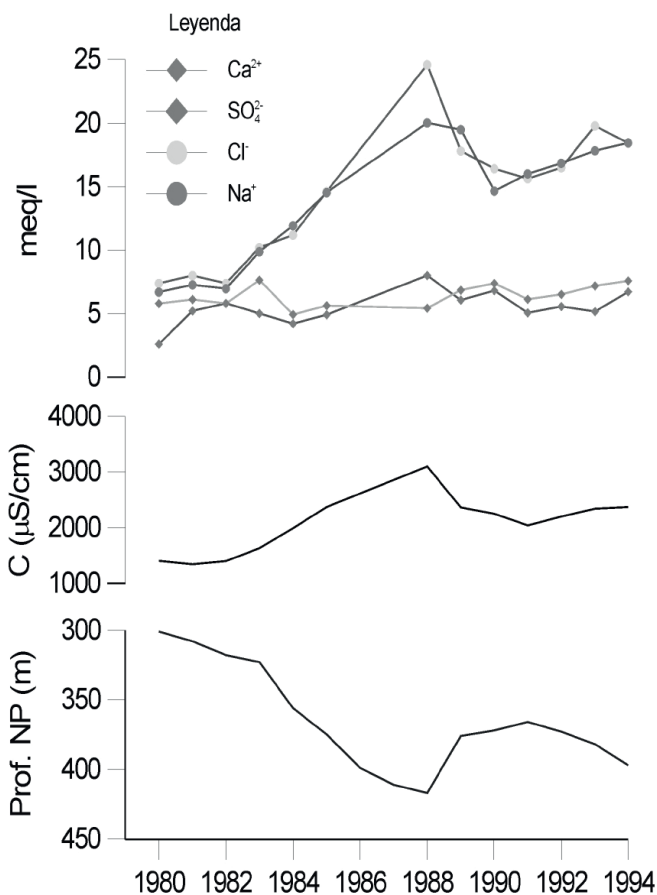
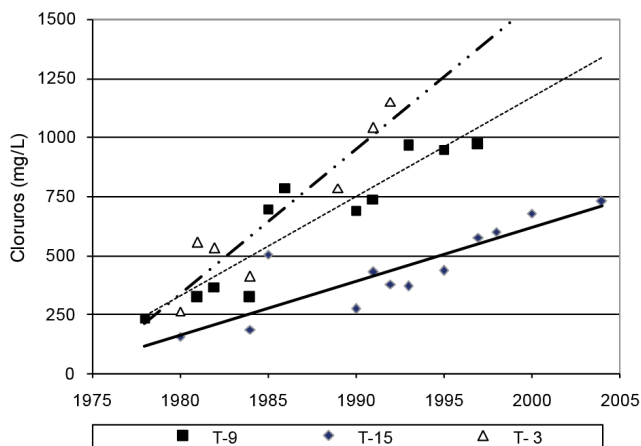
Tabla III.2.9. Análisis químicos de aguas de la Galería de los Suizos, acuífero de Crevillent (Andreu Rodes, 1997; 1998).

Análisis	Residuo seco	Ca	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
1	2300	110	45	285	500	250	225	13
2	2000	100	40	250	450	220	175	7
3	1800	30	30	245	420	230	125	2

Se dispone de 5 registros de salinidad (conductividad eléctrica) y temperatura en sondeos en el acuífero cuyos resultados se resumen en la Tabla III.2.10. La evolución química se representa en la Figura III.2.11.

Tabla III.2.10. Características de los registros de conductividad eléctrica (CE) y temperatura realizados en 2007 en sondeos en el acuífero de Crevillent, según información gráfica de Andreu Rodes (1997; 1998).

Acuífero	Crevillent W	Crevillent E Tolomó		Crevillent NE Rollo (Algaiat)	
Sondeo	G-10 Galería de los Suizos	T6	T10	R2	R4
Prof. nivel, m	263	471	445	390	355
Prof. sondeo, m	304	580	570	545	469
T °C	25,4 ~ constante	25,7 → 26,0 cte. hasta 515 m	25,7 → 26,0 cte. hasta 515 m	22,0 → 22,7 regular	21,8 → 22,0 regular
Gradiente °C/m	0,004 inferior	0,005 regular	0,005 regular	0,005 regular	0,002 regular
CE µS/cm	2100 → 2180 → 2150	2400 (→ 515 m) → 3500 escalón	3100 (→ 460 m) → 3700 → 4200 ~ escalón [2]	1000 constante	1000 constante



La descarga del acuífero de Quibas corresponde al manantial que alimenta al río Chícamo, en la cuenca del Segura. El área ha sido modelada por el IGME (2007) para analizar la evolución de las descargas del manantial a consecuencia de las extracciones de 58 pozos en la cuenca del Júcar y 9 en la del Segura, en 1988. El manantial tenía un caudal de 100 L/s cuando era la descarga conjunta del acuífero. En realidad hay dos subacuíferos, el de Collado del Rey-Madara y el de Chícamo, con un umbral ente ambos, de modo que la explotación los ha separado (TRE, comunicación personal) y actualmente sólo descarga entre 15 y 20 l/s.

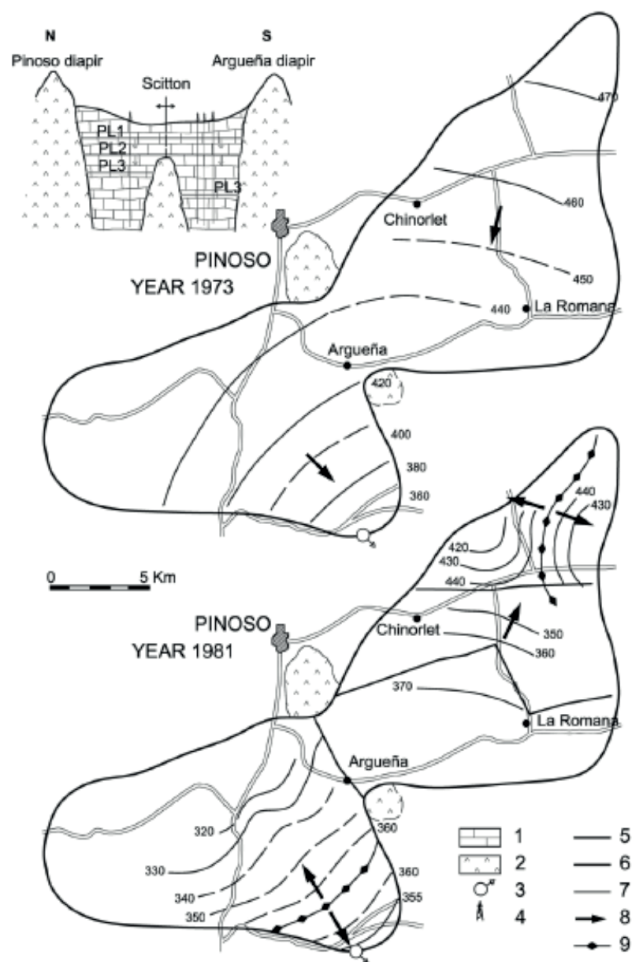


Fig. III.2.11. Evoluciones piezométricas, de la conductividad eléctrica (C) y de la química (en meq/L) hasta 1994 en un punto del sector de Tolomó, en el acuífero de Serra de Crevillent, según Andreu Rodes (1997) y [JMAR].

Fig. III.2.12. Acuífero de Quibas y estimación de la piezometría en 1973 (estado próximo al natural) y 1981 (explotación intensiva). Explica la disminución de caudal del manantial que alimenta al río Chícamo [Pendás et al., 1995, modificado en Rodríguez-Estrella, 2014].

El acuífero de Quibas también está intensamente explotado. La Figura III.2.12 muestra su piezometría en dos momentos y la Figura III.2.13 su estructura, la evolución de niveles y el consumo acumulado de reservas.

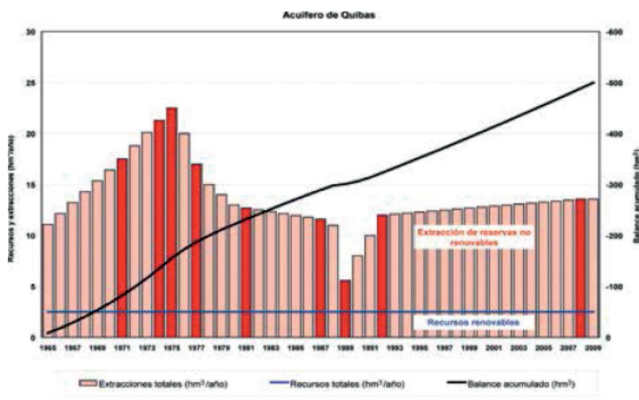
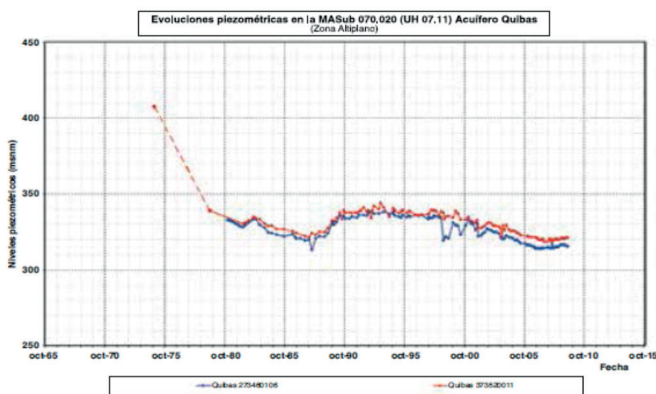
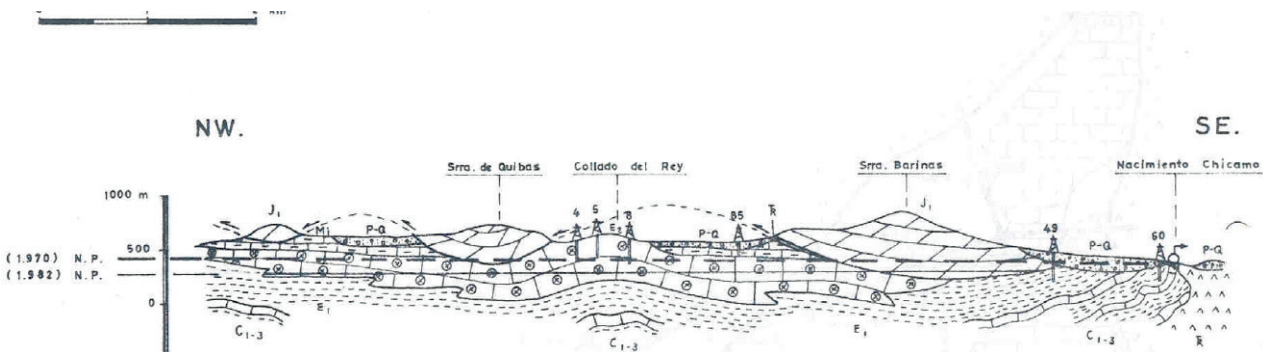


Figura III.2.13. Corte hidrogeológico (según Pendás et al, 1975) y esquema del funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Quibas, evolución de los niveles en dos puntos de observación, estimación de la evolución de extracciones (hm<sup>3</sup>/a) y consumo acumulado de reservas (hm<sup>3</sup>), según García-Aróstegui et al. (2013a).

### III.3 Las aguas subterráneas y su explotación intensiva en la cuenca del Segura

#### III.3.1.General

La cuenca del Segura tiene 18.870 km<sup>2</sup>, de los cuales el 60% están en la provincia de Murcia, el 5% en Alicante, el 25% en Castilla-La Mancha y el 9% en Andalucía.

La precipitación media en la cuenca del Segura es de 382 mm/a, entre 213 y 609 mm/a. El verano es seco y en otoño

se pueden producir tormentas cortas intensas.

La variabilidad interanual es importante, con recientes sequías en los periodos 1980–1983; 1990–1995 y 2005–2009. La temperatura media es de 18 °C, pudiendo ser de sólo 10 °C en la parte montañosa occidental.

Según el PHS (2013), la evapotranspiración real se estima en 330 mm/a. La precipitación neta (después de descontar la evapotranspiración) es de 40 mm/a (11% de la precipitación); 9 mm/a corresponden a escorrentía superficial directa y 31 mm/a a recarga subterránea que alimenta a los ríos. El río Segura ha aportado en promedio 715 hm<sup>3</sup>/a en el periodo 1940–2005. Se han reducido a 575 hm<sup>3</sup>/a en el periodo 1980–2005 (Sanchis Ibor et al., 2011) (Fig. III.1.2).

En el periodo 1981–2008 se importaron una media 348 hm<sup>3</sup>/a de agua a la cuenca del Segura a través del Transvase Tajo–Segura (TTS), con notable variación estacional.

En la cuenca del Segura se ha llegado a una reutilización elevada de las aguas residuales tratadas de las áreas urbanas y turísticas (McCann, 2012; WRG, 2013; PHS, 2013). En 2010 operaban 156 estaciones de tratamiento de aguas residuales (EDAR), con capacidad de tratamiento de 140 hm<sup>3</sup>/a, de los que 75 hm<sup>3</sup>/a son reutilizados para usos agrícolas. Parte del resto es como reutilización indirecta, principalmente como recarga a los acuíferos a través de vertidos y fugas. Al mar sólo se vierten las aguas tratadas de alta salinidad. Contando con los retornos de riego, la reutilización se evalúa en 250 hm<sup>3</sup>/a (PHS, 2013). Desde una situación en la que el río Segura o estaba seco o tenía agua salobre (hasta 4000 µS/cm de conductividad eléctrica) y muy contaminada, se ha conseguido una mejora muy notable.

La capacidad de las plantas de desalinización de agua del mar es elevada. En el PHS (2013) se prevé 13 plantas en 2015 con capacidad de 129 hm<sup>3</sup>/a.

Sin embargo su grado de utilización es pequeño a moderado a causa del alto coste del agua producida (véase el Capítulo V). El agua producida se consume en Murcia (abastecimiento y riego) y en el S de Alicante (L'Alacantí y Bajo Vinalopó), principalmente para abastecimiento humano. El Consejo de la Confederación Hidrográfica del Segura se ha manifestado como no favorable a la desalinización.

En la cuenca del Segura existe un muy importante desarrollo agrícola de regadío (Bautista Martín, 1992), además de una notable infraestructura hidráulica construida (Grindlay Moreno y Hernández Gómez-Arbolea, 2005). Se riegan 270.000 ha de las 460.000 ha agrícolas. Debido a la intensiva introducción del goteo desde 1999, el 53% de la superficie es de riego localizado y el 41% es por gravedad. También las empresas agrarias son mayores, aunque esto conlleva un incremento de la proporción de jornaleros sobre agricultores autónomos.

La demanda de agua se evalúa en 1880 hm<sup>3</sup>/a, de los cuales 1660 hm<sup>3</sup>/a son para usos agrícolas, 190 hm<sup>3</sup>/a para uso urbano y 30 hm<sup>3</sup>/a para atender a la demanda ambiental (Sanchis Ibor et al., 2011). Los retornos agrícolas (excedentes de riego) se evalúan en 140 hm<sup>3</sup>/a. Se calcula un déficit de agua de 605 hm<sup>3</sup>/a si sólo se cuenta con los recursos locales y de 260 hm<sup>3</sup>/a si se considera el aporte de agua del Transvase Tajo-Segura. Las aguas subterráneas aportan seguridad de disponibilidad a los caudales de riego en las áreas servidas con aguas superficiales no tradicionales y el agua necesaria fuera de las mismas.

Los datos de detalle sobre las aguas subterráneas en la cuenca del Segura se pueden encontrar en los informes de planificación de la Confederación (Demarcación) Hidrográfica del Segura (ETIS, 2008; PHS, 2013) y en una reciente publicación del Instituto Euromediterráneo del Agua de Murcia (Senent y García Aróstegui, 2013), en cuyas referencias se relacionan además los trabajos realizados por la CHS, el IGME y la COPOT (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Región de Murcia) y se aporta la perspectiva histórica (Cabezas, 2013), antecedentes (Senent et al., 2013), información acerca de la hidrogeología y de la "sobrexplotación" (García Aróstegui et al., 2013a y b) y las unidades hidrogeológicas, masas de agua subterránea y acuíferos.

Utilizando datos de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) y de otros, Aragón (2005) relaciona 47 humedales, en general pequeños, salvo el Mar Menor y el embalse de Taibilla, de los que 6 están en áreas de recarga, 8 son de descarga de agua subterránea y el resto de tránsito. Algunos son saladares (salares). Según la CHS, la superficie de humedales era de 250 km<sup>2</sup> en 1997, o sea el 1,6% de la cuenca del Segura.

En la cuenca del Segura, las estructuras que dan origen a los sistemas que agrupan a los diferentes acuíferos son el resultado de la compleja tectónica del área, que conforma la existencia de conjuntos carbonatados permeables y de fosas tectónicas rellenas con materiales detríticos que contienen formaciones permeables saturadas. En la Figura III.3.1 se muestran los principales dominios geológicos de la Región de Murcia, que comprende gran parte de la Cuenca del Segura, y en la Figura III.3.2 los principales acuíferos.

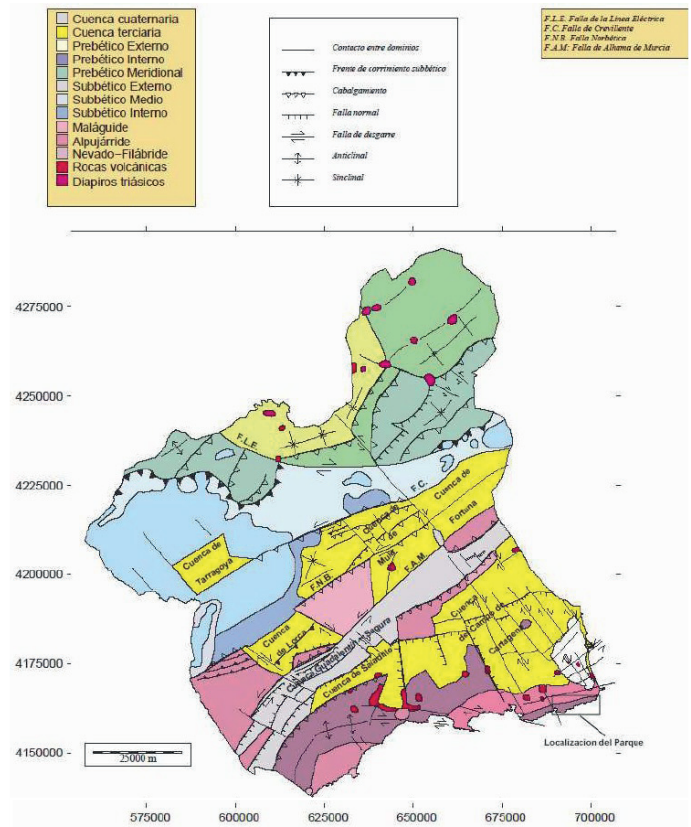


Figura III.3.1 Unidades y dominios geológicos de la Región de Murcia (Rodríguez Estrella, 2007).

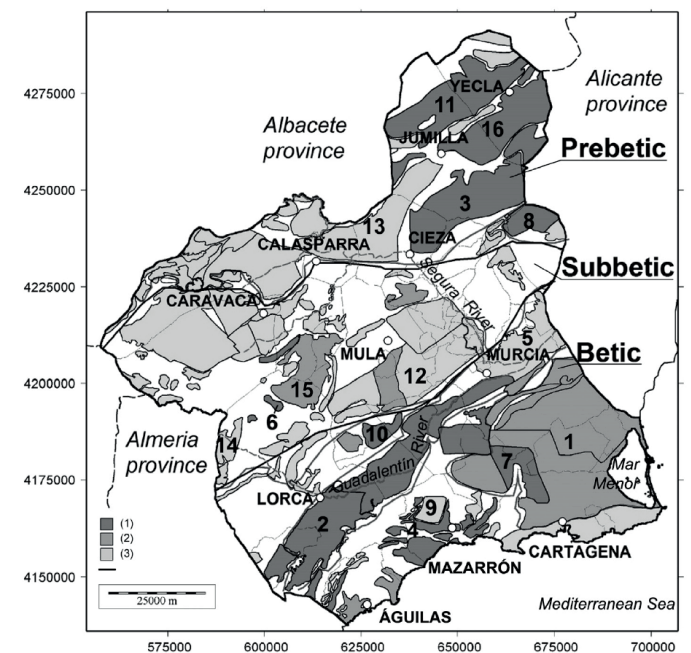


Figura III.3.2 Principales acuíferos de la Región de Murcia, según Rodríguez Estrella (2004; 2014). Los tonos de gris indican la intensidad de explotación: (1) gris oscuro, muy intensa; (2) gris, débil; (3) gris claro, no intensamente explotado. Los números hacen referencia a los acuíferos principales (ver Figura III.3.4).



En la Figura III.3.3 se muestra la ubicación de las masas de agua subterránea (MASb) y acuíferos en la Demarcación Hidrográfica del Segura, definida en 2009 (CHS, 2009). Se han definido 63 masas de agua subterránea (una de ellas profunda en el sector NW) y se han identificado 234 acuíferos (PHS, 2013, Anejo 12 de caracterización de las masas de aguas subterráneas). Se trata de unidades relativamente pequeñas, entre <math>1\text{ km}^2</math> a casi <math>1000\text{ km}^2</math>, con distribución bimodal cuyas modas están en el entorno de <math>3\text{ km}^2</math> y <math>50\text{ km}^2</math>; 40 de ellas están afectadas por extracciones. Se trata de acuíferos únicos a grandes rasgos, salvo al NE, donde se identifica la MASb denominada Acuíferos Inferiores de la Sierra del Segura.

En 1983 el número de pozos censados era algo más de 7800 y en 1985 de casi 21.000 (Sanchis Ibor et al., 2011). Según {CHS-CEA}, casi no hay pozos declarados como de menos de <math>7000\text{ m}^3/\text{a}</math>.

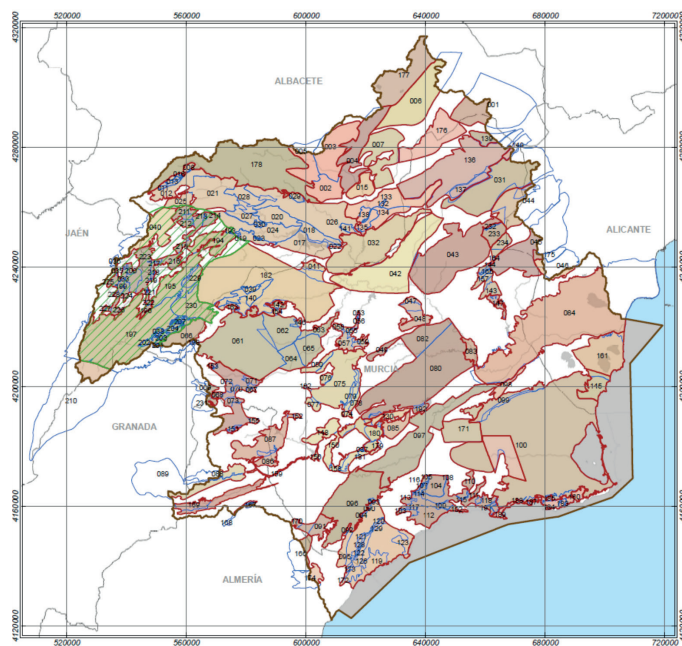


Fig. III.3.3. Masas de agua subterránea (MASb) y acuíferos en la Demarcación Hidrográfica del Segura (PHS, 2013).

En la Figura III.3.4 se muestran las principales unidades hidrogeológicas intensamente explotadas, con extracciones muy superiores a la recarga. Como consecuencia de la extracción intensiva de aguas subterráneas (Aragón et al., 1989; Rodríguez Estrella, 2004; Senent y García Aróstegui, 2013; ETIS, 2008) se han producido descensos generalizados de niveles piezométricos (Figura III.3.5). En la figura Figura III.3.6 se muestran las áreas con exceso de extracción (extracción mayor que los recursos renovables) en la Cuenca del Segura, en valores relativos. Como consecuencia se ha producido un vaciado progresivo de reservas de agua subterránea, cuyo volumen se muestra la Figura III.3.7.



Fig. III.3.4. El sombreado muestra las principales unidades hidrogeológicas intensamente explotadas de la Cuenca del Segura, según Aragón et al., (1989) y Aragón, (2003): 1.- Jumilla-Villena; 2.- Carche-Salinas, 3.- Ascoy-Sopalmo; 4.- Quibas; 5.- Crevillente; 6.- El Bosque; 7.- Santa-Yéchar; 8.- Valle del Guadalentín; 9.- Carrascoy; 10.- Campo de Cartagena; Mazarrón-Águilas.

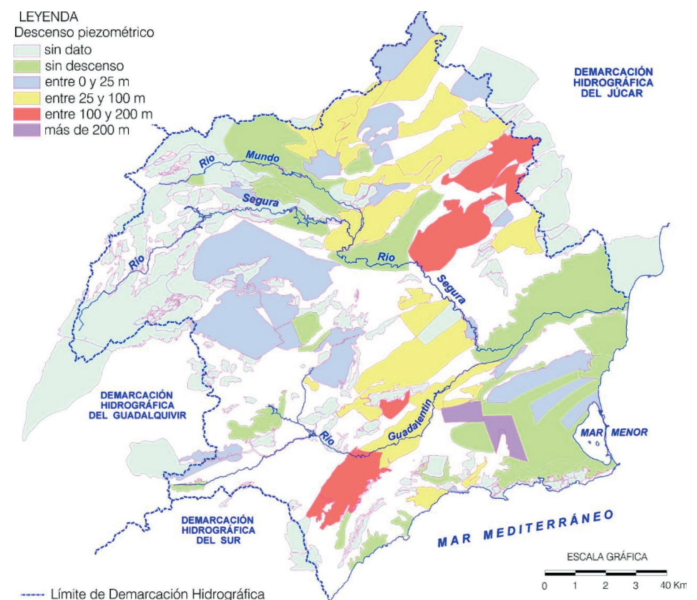
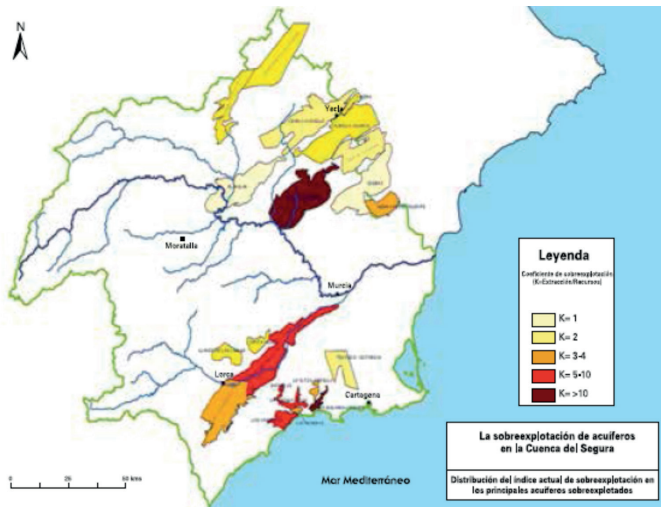


Fig. III.3.5. Descensos piezométricos medios totales desde el inicio del control en los acuíferos principales intensamente explotados en la cuenca del Segura (PHS, 2013, piezometría).



En la Tabla III.3.1 se relacionan los principales acuíferos intensamente explotados, con indicación de sus reservas (según Aragón, 2005) y sus recursos, extracciones y consumo acumulado de reservas (según Cabezas, 2011). Desde la década de 1980, la tasa de consumo de reservas está estabilizada a grandes rasgos. El total de reservas de agua subterránea en la cuenca del Segura se ha estimado en 47 km<sup>3</sup>, de los que según Aragón (2005) son explotables algo más de 17 km<sup>3</sup>. A mediados de la década del 2000 se habían extraído ya casi 10 km<sup>3</sup> (11,6 km<sup>3</sup> según García-Aróstegui, 2013).

Esas cifras pueden ser notablemente inciertas y de hecho hay variaciones importantes según los diferentes documentos, como ya lo hace notar García-Aróstegui (2013). El cálculo se ha hecho acumulando la diferencia anual entre las extracciones, aceptablemente conocidas, y la estimación de la recarga, que es muy incierta, aunque su valor pesa poco cuando es mucho menor que las extracciones. Esos 10 km<sup>3</sup> en realidad corresponden a los acuíferos más intensamente explotados, para los que se había evaluado unas reservas explotables de unos 10 km<sup>3</sup>. Dado que los acuíferos siguen siendo explotados y no parecen próximos al agotamiento, se requiere revisión de las estimaciones, tanto de reservas como de recursos renovables.

Considerando un escenario futuro de no intervención en la explotación del agua subterránea, según Senent et al., (2013), los 11,6 km<sup>3</sup> minados a mediados de la década del 2000 se convertirían en 13,8 km<sup>3</sup> en 2015 y en 18 km<sup>3</sup> en 2027. La Tabla III.3.2 muestra los valores de otros acuíferos extensos de la Cuenca del Segura.

Fig. III.3.6. Descensos piezométricos medios totales desde el inicio del control en los acuíferos principales intensamente explotados en la cuenca del Segura (PHS, 2013, piezometría).

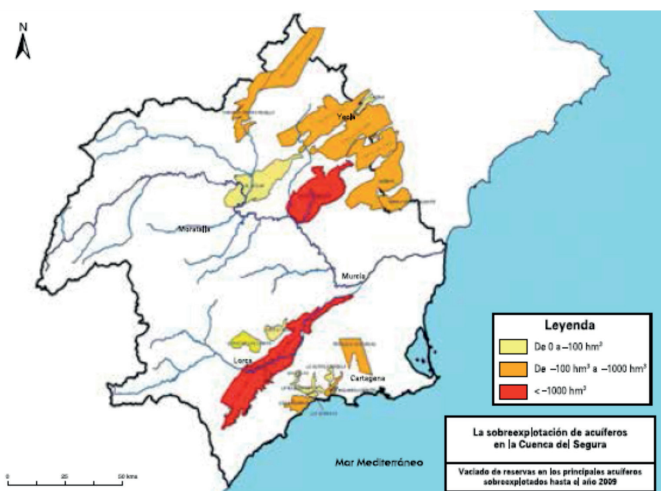


Fig. 3.3.7. Vaciado de reservas de agua subterránea en la cuenca del Segura en hm<sup>3</sup> (Cabezas, 2011). El signo negativo hace referencia al vaciado.

**Tabla III.3.1.** Principales acuíferos en la cuenca del Segura [datos de Aragón, 2005; Cabezas, 2011; PHS, 2013; García-Aróstegui et al., 2013a y b]. UH = Unidad hidrogeológica. Las reservas útiles son hasta una profundidad intermedia. S = superficie; R = recursos; B = extracciones (bombeos); V = consumo acumulado de reservas;  $\tau$  = tiempo de recuperación [AS]. Datos redondeados.

UH 07.XX	Designación	S km <sup>2</sup>	Reservas en km <sup>3</sup>		R	Valores en hm <sup>3</sup> /a			
			totales	útiles		B	B-R	V, hm <sup>3</sup>	T, años
02	Sinclinal de la Higuera	209	2,0	0,7	10,0	21,8	11,8	333	50
05	Jumilla-Villena (Yecla, Sierra del Castellar); 08.35	260	3,7	1,6	17,0	34,3	17,3	560	50
06	El Molar	288	2,3	-	10,8	14,4	3,6	93	160
09	Ascoy-Sopalmo	369	3,4	1,8	2,0	53,0	51,0	1682	1300
10	Serral-Salinas/Carche, Salinas; 08.42	97	1,4	0,65	5,1	17,0	11,9	426	130
35	Cigla-Cuchillo (Cingla)	378	1,6	0,8	9,7	28,6	18,9	530	90
11	Quibas	138	2,0	1,4	5,5	7,5	2,0	257	50
12	Sierra de Crevillente; 08.52	22	0,2	0,15	3,1	10,0	6,9	481	200
28	Alto Guadalentín	275	5,5	1,5	10,1	43,3	33,2	1585	180
30	Bajo Guadalentín	324			11,0	59,1	48,1	1115	
31	Campo de Cartagena	1239	2,0	1,3					
	• Triásico de Los Victorias	110			3,2	13,5	10,3	557	
	• Cabo Roig	62			1,6	7,4	5,8		230
32	Mazarrón	284			1,8	12,9	11,6	451	
16	Tobarra-Tedera-Pinilla	151			11,7	27,0	15,3	416	
25	Santa-Yéchar	42	0,05	-	2,4	5,6		96	
56	Lácerca	7	-	-	2,0	3,2	1,2	14	
57	Llano de las Cabras-Aledo	73			1,6	3,3	1,7	23	30
29	Triásico de Carrascoy	108			1,1	3,3	2,2		
24	Vegas Media (VM) y Baja del Segura (Cresta del Gallo, VM)	752			- (1,0)	- (4,2)	- (3,2)		
48	Terciario de Torrevieja	169			5,2	5,2	0,0		
33	Águilas (Cala Reona, Rbla. Arejos)	378			3,7	10,4	6,7		
	Otros acuíferos				20,0	42,5	22,5	790	
	<b>Total</b>	<b>5827</b>	<b>24,1</b>	<b>9,9</b>	<b>127</b>	<b>397</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	

**Tabla III.3.2.** Reservas de agua subterránea en otros acuíferos extensos de la cuenca del Segura [datos de Aragón, 2005; PHS, 2013; García-Aróstegui et al., 2013a y b].

UH = Unidad hidrogeológica. Las reservas útiles son hasta una profundidad intermedia. S = superficie.

UH 7.XX	Designación	S km <sup>2</sup>	Reservas km <sup>3</sup>		-
			totales	útiles	
01	Sierra de la Oliva	86	0,35		
02	Pliegues Jurásicos del río Mundo	985	3,7		
08	Sinclinal de Calasparra	332	3,8		
17	Caravaca	676	7,0		
21	Bullas	279	2,0		
22	Sierra de Espuña	630	0,7		
26	Valdeinfierno	152	1,0		
37	Articlinal de Socovos	751	3,0		
53	Alcaozo	510	-	-	
07	Fuente Segura-Fuentsanta	804	-	-	
14	Acuíferos inferiores Sierra del Segura	1586	-	-	
TOTAL		6791	21,5	6,9	

La extracción de agua subterránea en la Cuenca del Segura se muestra en la Figura III.5.8, en la que se indica la parte que se considera no renovable, aunque no todo es propiamente minería del agua ya que se incluye el descenso de reservas por efecto dinámico.

En la Tabla III.3.3 se relacionan las MASb con muy intensa explotación en la Cuenca del Segura. Según García-Aróstegui et al. (2013), las extracciones de agua subterránea en el periodo 1965-2009 fueron de  $468 \pm 176$  hm<sup>3</sup>/a y de  $590 \pm 80$  hm<sup>3</sup>/a en la década de 1980, de los que  $250$  hm<sup>3</sup>/a del periodo 1965-2009 y  $450 \pm 20$  hm<sup>3</sup>/a del periodo 1980-2009 son exceso de extracción de agua subterránea.

Estas cifras varían de un estudio a otro y a lo largo del tiempo. Senent et al. (2013) modifican el exceso de extracción evaluado inicialmente en 210 hm<sup>3</sup>/a, que luego corrigen a 354 hm<sup>3</sup>/a a mediados de la década del 2000, para unos recursos renovables de 110 hm<sup>3</sup>/a y unas extracciones de 464 hm<sup>3</sup>/a (403 hm<sup>3</sup>/a según CHS, 2009). Del balance hídrico del PHS (2013) se deducen nuevos valores que se incluyen en la Tabla III.3.4.

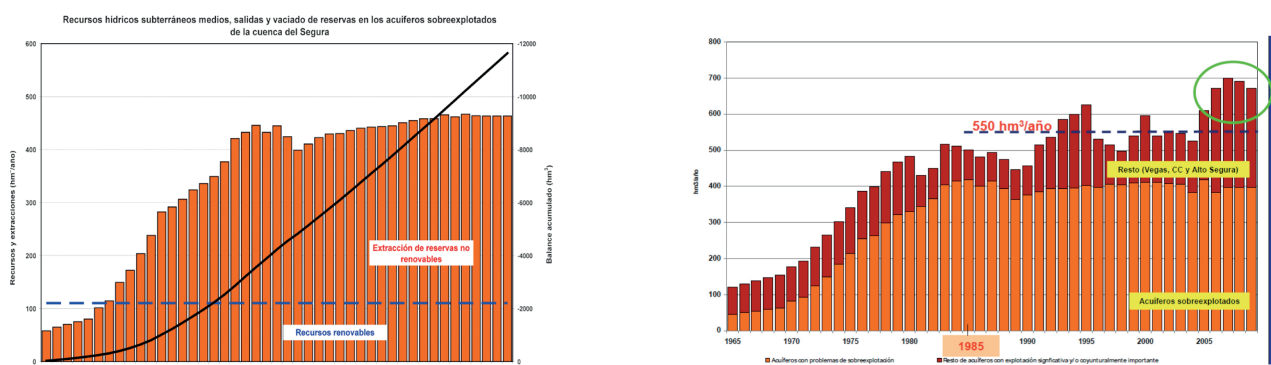
**Tabla III.3.3.** Reservas de agua subterránea en otros acuíferos extensos de la cuenca del Segura (datos de Aragón, 2005; PHS, 2013; García-Aróstegui et al., 2013a y b).

UH = Unidad hidrogeológica. Las reservas útiles son hasta una profundidad intermedia. S = superficie.

Código MASb 070.OXX	Nombre	R, hm <sup>3</sup> /a	B, hm <sup>3</sup> /a	B/R
02	Sinclinal de la Higuera	3,23	8,60	2,7
05	Tobarra-Tedera-Pinilla	1,55	23,80	15,3
06	Pino	0,16	2,30	20,9
07	Conejeros-Albatana	2,68	7,70	2,9
08	Ontur-Conejeros-Albatana	0,78	2,00	2,6
21	El Molar	1,98	12,10	6,1
23	Jumilla-Yecla	6,00	25,70	4,3
25	Ascoy-Sopalmo	1,60	50,60	31,6
27	Serral-Salinas	1,80	8,20	4,6
29	Quibas	0,07	3,30	47,1
42	Terciario de Torrevieja	0,91	3,50	3,8
48	Santa-Yéchar	2,40	5,80	2,5
49	Aledo	1,21	4,20	3,5
50	Bajo Guadalentín	11,00	59,90	5,5
51	Cresta del Gallo	0,66	4,20	6,4
53	Cabo Roig	1,04	3,80	3,6
54	Triásico de Los Victorias	2,47	15,20	6,1
57	Alto Guadalentín	11,50	43,10	3,8
58	Mazarrón	3,66	17,40	4,8
61	Águilas	3,58	12,40	3,5
Total Cuenca		546,20	542,10	1,0

Estadística del conjunto de acuíferos, mayor que el de los intensamente explotados

<b>B/R</b>	<0,1	0,1-0,3	0,3-1,0	1,0-2,5	2,5-10	>10
<b>nº MASb</b>	13	6	13	12	14	4
						62



**Tabla III.3.4.** Balances de agua en la Cuenca del Segura, sintetizados de diversas fuentes (Aragón, 2003; 2005; CHS, 1999; PHS, 2013; ETIS, 2008) y con cifras redondeadas. A veces pueden tener una notable imprecisión. La coincidencia de los excesos es por compensación de balances.

### AGUAS SUPERFICIALES

Entradas al sistema	hm <sup>3</sup> /a	Salidas del sistema	hm <sup>3</sup> /a
Aguas superficiales de la Cuenca	720 <sup>(1)</sup>	Abastecimiento urbano	150
Agua subterránea no a ríos	90 <sup>(2)</sup>	Abastecimiento industrial	50
Aguas usadas que no van al mar	240	Riesgo	1650
Transvase Tajo–Segura (TTS)	329 <sup>(3)</sup>	Ambiental <sup>(4)</sup>	50
Aguas transvasadas del Negratín	20		
Desalinización de agua marina	130		
<b>TOTAL</b>	<b>1520</b>	<b>TOTAL EXCESO<sup>(5)</sup></b>	<b>380</b>

### AGUAS SUBTERRÁNEAS

Entradas al sistema	hm <sup>3</sup> /a	Salidas del sistema	hm <sup>3</sup> /a
Recarga <sup>(6)</sup>	780	A ríos y manantiales	550
		Al mar	10
		Extracciones	600
<b>TOTAL</b>	<b>780</b>	<b>TOTAL EXCESO<sup>(5)</sup></b>	<b>380</b>

### RECURSOS DISPONIBLES (según PHS, 2013)

Origen	hm <sup>3</sup> /a
Aguas superficiales	500
TTS	400
Azarbes del río Segura	40
Reutilización y otros	80
Agua subterránea renovable	240
<b>TOTAL RENOVABLE</b>	<b>1160</b>
Agua subterránea no renovable	170
<b>TOTAL</b>	<b>1330</b>

<sup>(1)</sup>disminuyendo por menor aporte de acuíferos

<sup>(2)</sup>descargada a acuíferos costeros

<sup>(3)</sup>varía anualmente

<sup>(4)</sup>descarga de los ríos al mar

<sup>(5)</sup>variación despreciable de almacenamiento en superficie

<sup>(6)</sup>precipitación, retornos de riego y aguas usadas

Para paliar los efectos de los periodos secos, la Administración del agua ha construido o ha concertado pozos ("pozos de sequía") para ser explotados en esos momentos y compensar el déficit de aportes de aguas superficiales mediante una sobre-extracción temporal de agua subterránea. Son las llamadas Baterías Estratégicas de Sondeos (BES), dentro del Plan Especial de Actuaciones de Alerta y Eventual Sequía (Turrión Peláez et al., 2011). En la cuenca del Segura consisten un conjunto de 92 sondeos (CHS, 2008; PHS, 2013) construidos durante la sequía 2005–2009, más otros 19 pozos-sondeos en el Sinclinal de Calasparra, construidos con anterioridad, con capacidad conjunta de 12 m<sup>3</sup>/s. Otros 34 sondeos en la Vega Media y Baja del Segura son de particulares pero con utilización cedida a la CHS para esta finalidad, con capacidad de 1,6 m<sup>3</sup>/s, de los que se vierten al río Segura unos 0,3 m<sup>3</sup>/s para compensar la pérdida de caudal del manantial de El Gorgotón en las condiciones en que se realiza la explotación.

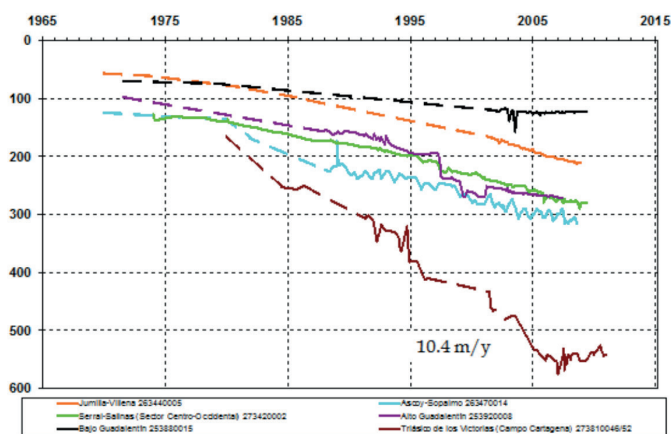
Otros 38 pozos con capacidad de 2,5 m<sup>3</sup>/s son del Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo–Segura (SCRATS) y de la Junta de Usuarios Norte y Vegas del Segura (JUNYVS). La inversión pública se valora en 52 M€ (PHS, 2013). Durante la sequía de 2005–2009, de un total de 380 hm<sup>3</sup> extraídos, las BES han aportado 160 hm<sup>3</sup> al riego tradicional (35%), 203 hm<sup>3</sup> al ATS (45%), 86 hm<sup>3</sup> al abastecimiento (18%, que es del 10 al 15% de los recursos disponibles de la MCT) y 31 hm<sup>3</sup> a otros riegos (2%). Si en el manantial de El Gorgotón (Borbotón) se extrajera 1 m<sup>3</sup>/s, al cabo de pocos días o semanas detraería casi totalmente ese caudal del río Segura, dada la enorme transmisividad del acuífero y la conexión con el manantial (Pulido-Velázquez et al. 2007).

Para el conocimiento de los niveles piezométricos, la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) ha reunido la información previa existente y ha constituido un Sistema Integrado de Control de Aprovechamientos en la cuenca del Segura.

La profundidad del nivel freático al inicio de las explotaciones era en muchos casos del orden de 10 m y actualmente es frecuente que esté a más de 200 m {CHS-CEA}. En algunos de los acuíferos de la cuenca del Segura y en los colindantes con la del Júcar los descensos han sido continuados, como muestra la Figura 3.3.9, pero no en todos los casos, ya que tras el periodo húmedo desde 2010 a 2014 se han producido recuperaciones parciales en algunos de ellos (Tabla III.3.5). Esas recuperaciones pueden ser por recarga, pero también por las menores extracciones agrícolas en el periodo húmedo. No se ha encontrado estudios de detalle al respecto.

**Tabla III.3.5.** Variación de los niveles piezométricos en acuíferos intensamente explotados en la región de Murcia en los que se produce una recuperación (Rodríguez-Estrella, 2014).  $\Delta s$  = descenso de nivel piezométrico. Ver los datos de recarga y extracciones en la Tabla III.3.1.

Acuífero	Periodo 1	$\Delta s_1$ (m)	$m/a_{(1)}$	Periodo 2	$\Delta s_2$ (m)	$m/a_{(2)}$
Burete	1991–2002	22	2,0	2003–2013	-19	-1,9
Jumilla–Villena	1970–2008	120	3,2	2007–2013	0	0,0
Quibas	1993–2007	25	1,8	2008–2013	-5	-1,0
Bosque	1990–2004	168	12,0	2005–2013	-65	-8,1
Santa Yéchar	1989–2007	181	10,0	2008–2013	-50	-10,0
Triásico de Los Victorias	1981–2006	375	15,0	2007–2013	0	0
Alto Guadalentín	1975–2005	195	6,5	2006–2013	0	0
Los Morales–Lorente	1980–2002	100	3,7	2003–2013	-69	-6,9



**Figura III.3.9.** Evolución de los niveles piezométricos en algunos de los acuíferos más intensamente explotados en la cuenca del Segura (Cabezas, 2001, García-Aróstegui et al., 2013b). Se trata de los acuíferos de Jumilla-Villena, Serral-Salina, Bajo Guadalentín, Ascoy-Sopalmó, Alto Guadalentín y Triásico de Los Victorias

La explotación de las aguas subterráneas ha tenido consecuencias ambientales, en general no bien conocidas, con afecciones a humedales (Rodríguez Estrela y López Bermúdez, 1992). Se han afectado manantiales importantes, como el del nacimiento del río Chícamo, en el acuífero de Quibas (ver apartado III.2.3) y los manantiales de Caravaca que aportan lateralmente al río Segura. Otras afecciones existen en el Anticlinal de Socovos, en Hellín-Tobarra, en el acuífero de Bullas, en la descarga al mar Menor, a humedales del Campo de Cartagena y a los saladares del valle del río Guadalentín. En la Tabla III.3.5 se indican los principales manantiales.

El manantial de Cañada Verosa (o Berosa) se ha secado [AS], lo que se atribuye al efecto de los pozos próximos de las comunidades de regantes de Pulpí y Águilas. Gorostizaga y Dupuy de Lome (1930) mencionan alrededor o más de 300 L/s en los Ojos de Luchena, cerca de Lorca, pero en parte se atribuyen a las infiltraciones que se producían en el embalse de Valdeinfierno, construido aguas arriba.

Como ya se ha comentado anteriormente, se ha producido una disminución de las aportaciones del río Segura y de la cabecera del río Guadalentín (Figura III.1.2), pero las causas no son suficientemente conocidas como para atribuirlo sólo a la explotación del agua subterránea y en realidad hay derivaciones y tomas consuntivas.



**Tabla III.3.5.** Principales manantiales de la Región de Murcia, según observaciones en el periodo 1990–1991 (según Rodríguez Estrella, 2006).

Manantial	Caudal L/s
Fuente del Marqués, Gavilán, Comarca de Caravaca	430
Mayrena	92
Ojos de Archivel	87
Tosquilla	120
Loma Ancha	99
Naciente del Partidor. Cehegín	30–200
Cimbra de la Vega. Cehegín	18–180
Heredamiento de la Vega. Cehegín	230
Acequia del Campillo (drenaje). Cehegín	30 a 200
Azud de Caravaca (toma). Cehegín	40–100
Ojos de Luchena	hasta 550
Fuentes de Mula. Bullas	240
Abanilla. Nacimiento río Chícamo	55
El Gorgotón. Cieza (sobre el cauce del Segura)	500
Cañada Verosa (Berosa). Calasparra (sobre cauce del Segura)	55

Las Fuentes del río Mula (municipio de Bullas) descargaban naturalmente más de 100 L/s del acuífero de Bullas, pero desde 1994 han permanecido secas por bombeos en el acuífero que las alimentaban (Turrión Peláez, 2011), en especial en el sondeo del Praillo, con un caudal inicial de 150 L/s. A causa de una acción de denuncia ambiental popular, en 2013 se clausuró judicialmente un pozo próximo a uno de los antiguos manantiales, pero apenas ha habido recuperación ya que el efecto de secado es a causa de toda la explotación del sistema acuífero sobre un manantial complejo que descarga distintos acuíferos del Jurásico. Sin embargo quedan manantiales poco afectados cuando están en unidades separadas poco o nada explotadas, como la Fuente de la Mina (Mina de la Paca o Fuente del Osete) en Lorca.

Existen algunos manantiales de origen profundo de carácter termal. Tales son los de los Baños de Mula (36,5 °C), Fortuna (44 °C) y Archena (51 °C) y también en el Triásico de Los Victorias, en el paraje Cabecico del Rey (Valladolides), en el Campo de Cartagena.

Las extracciones en el área de la Ciudad de Murcia provocaron en 1994 un descenso piezométrico de 7 m y una subsidencia de hasta 7,8 cm, que afectó a edificios, en especial a causa de comportamientos distintos por diferencias en la forma de cimentación (ITGE–COPOT, 2000; Mulas et al, 2003; 2010; Aragón et al., 2006). Se ha sugerido que el reciente terremoto de magnitud 5,1 de Lorca, el 10–05–2011, con notables efectos (1500 edificios destruidos, 9 víctimas mortales, 334 heridos y daños económicos valorados en

1200 M€), podría haber sido desencadenado por los grandes descensos del nivel piezométrico en pozos profundos en el valle del Guadalentín (González et al., 2012), pero es poco verosímil que este haya sido el desencadenante en un medio granular (TRE, comunicación personal), sino la amplificación de ondas sísmicas (Alfaro et al., 2012).

Desde el 1960 hasta 2010 la explotación intensiva de aguas subterráneas ha ocasionado un descenso de niveles piezométricos de hasta 300 m y una tasa de subsidencia de 1,5 cm/a en 15 años (1992–2007), la mayor registrada en toda Europa, totalizando hasta 1,5 m (González y Fernández, 2011).

La extracción de agua subterránea ha tenido y tiene efectos en la calidad. Esto ha sucedido en la costa, por una notable intrusión marina en el Campo de Cartagena, Cope–Cala Blanca y Águilas–Cala Reona (Aragón, 2005; Aragón et al. 1999; García Mariana, 2001) y también en el interior del territorio por movilización de aguas salinas profundas afectadas por materiales salinos del Keuper, principalmente en los acuíferos compartidos con la Cuenca del Júcar de Serral–Salinas (Molina y García Aróstegui, 2007), Jumilla–Villena (manantial del Chopo) y Quibas, y en los de Ascoy–Sopalmo, Alto Guadalentín y Triásico de los Victorias (Campo de Cartagena). La Figura III.3.10 muestra un ejemplo de empeoramiento de la calidad por explotación en un área alejada de la costa.

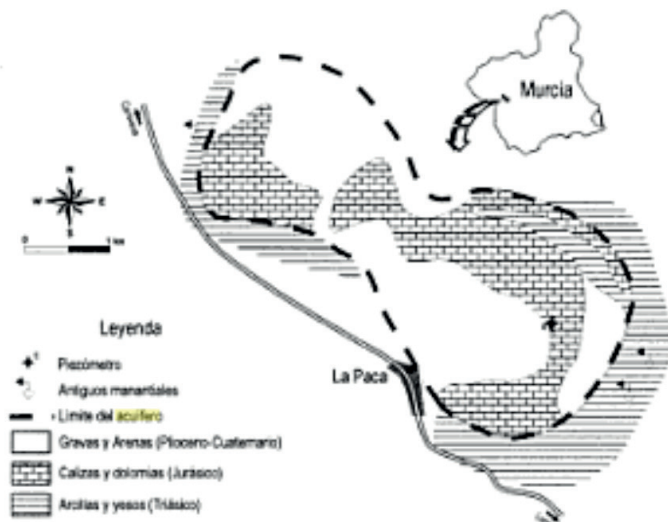
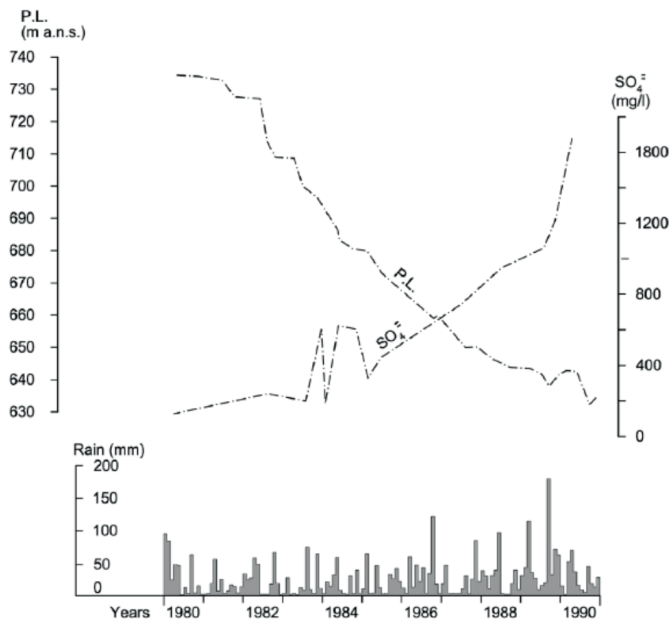


Fig. III.3.10. Evolución piezométrica entre 1980 y 1990 en un pozo en el acuífero de Don Gonzálo-La Umbría [acuífero de Bullas, área de Lorca, Murcia] y aumento del contenido en sulfato en el agua extraída (según Andreu Rodes et al., 2004). El pozo se abandonó en 1993 y el nivel se ha ido recuperando, pero parcialmente.

### III.3.2. Acuíferos muy intensamente explotados

El acuífero Ascoy-Sopalmo, ubicado totalmente dentro de la cuenca del Júcar, es el que tiene mayor exceso relativo de extracción sobre la recarga. La recarga es de 2 hm<sup>3</sup>/a y la extracción de 55 hm<sup>3</sup>/a por un total de 45 pozos, de los que 20 están operativos. Algunos de ellos han sufrido notables reprofundizaciones, hasta alcanzar los 460 m.

El agua extraída ha evolucionado desde bicarbonatada cálcica a clorurada sódica. En la Figura III.3.11 se muestran los límites del acuífero y de los subacuíferos que se han originado por escisión a consecuencia de la sobreexplotación (Rodríguez-Estrella, 2014), más la planta y dos cortes geológico-hidrogeológicos representativos del sector oeste y en la Figura III.3.12 un corte hidrogeológico representativo del acuífero, evolución de los niveles piezométricos en tres puntos representativos y la evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea.

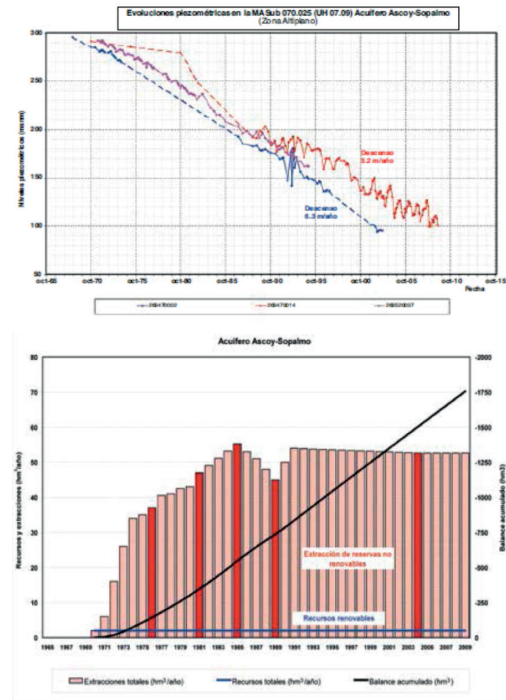
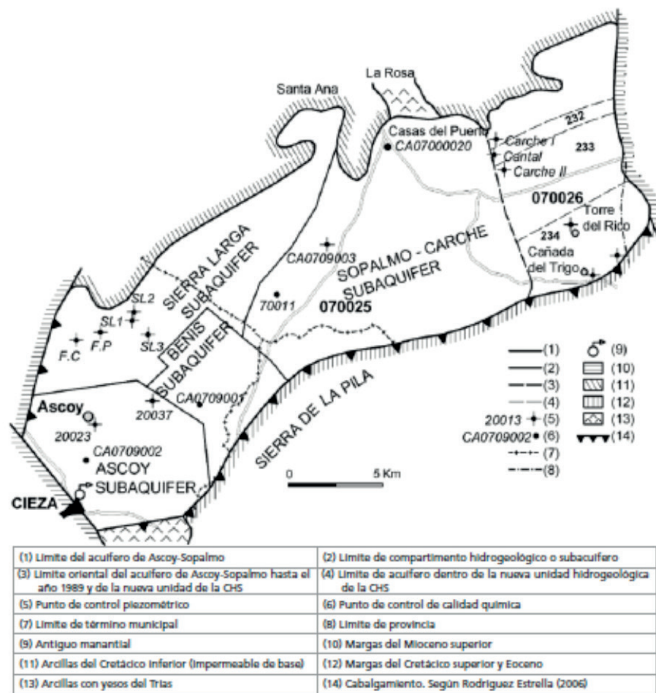


Figura III.3.12. Corte hidrogeológico representativo del acuífero de Ascoy-Sopalmo, evolución de los niveles piezométricos en tres puntos representativos y evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea (García-Aróstegui et al, 2013b).

El río Guadalentín es uno de los afluentes principales del río Segura, denominado Sangonera en su curso bajo. Actualmente está seco a partir de Lorca o sólo lleva aguas residuales. La cuenca del Guadalentín tiene 3300 km<sup>2</sup>, de los que 2200 km<sup>2</sup> están en Murcia y el resto en Andalucía (Figura III.3.13). La precipitación varía entre 250 y 500 mm/año, pero en general es inferior a 350 mm/año.

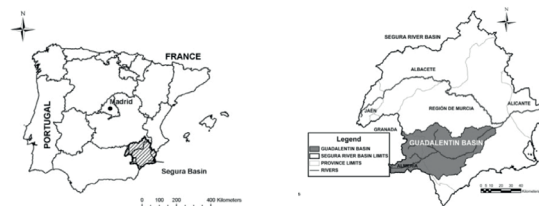


Figura III.3.13. Ubicación de la cuenca del Guadalentín y principales acuíferos relacionados (Rodríguez Estrella, 2014).

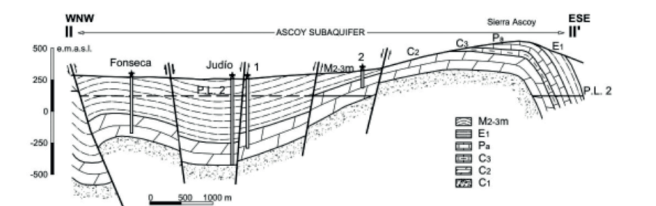
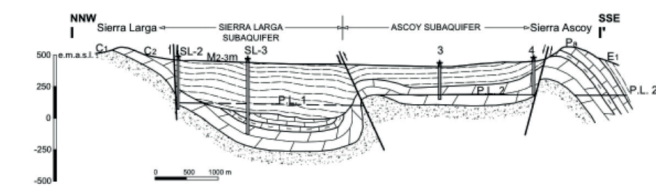
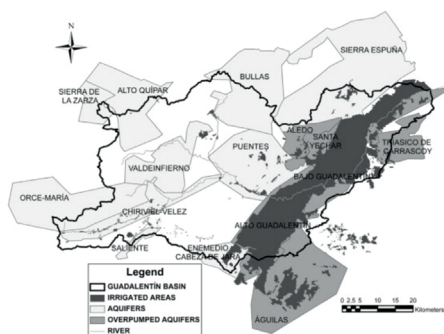
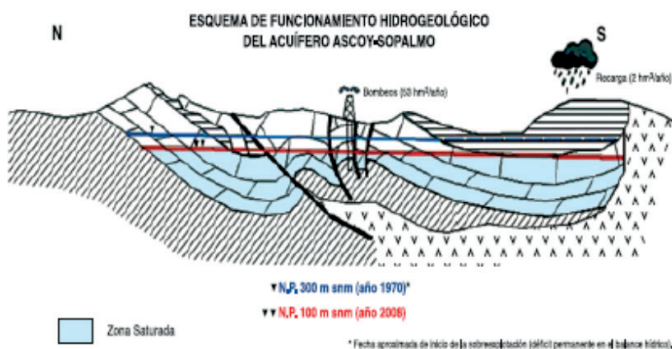


Fig. III.3.11. Acuífero Ascoy-Sopalmo y subacuíferos que lo componen, con dos cortes geológicos-hidrogeológicos del sector oeste (Ascoy), según Rodríguez-Estrella (2014).



La cuenca del Guadalentín tiene 422 tenedores de derechos de agua o concesiones (Martínez-Granados y Calatrava, 2014) de los que 64,3 corresponden a Comunidades de Regantes, 16,8 a grandes explotadores y 24,2 a individuos. Se tiene una concesión de 65 hm<sup>3</sup>/a del TTS, pero en media ha recibido 39 hm<sup>3</sup>/a. De las casi 85.000 ha regables se riegan 50.600, que tienen una demanda de 284 hm<sup>3</sup>/a y disponen de 169 hm<sup>3</sup>/a. La diferencia de 115 hm<sup>3</sup>/a se traduce en menor área regada y cultivos con estrés hídrico (77 hm<sup>3</sup>/a).

La disponibilidad real es menor, del orden de 90 hm<sup>3</sup>/a (Martínez-Granados y Calatrava, 2014), lo que hace que sea una de las áreas con mayor déficit relativo de agua de España. De sus acuíferos, 6 están muy intensamente explotados (PHS, 2013) y 69 hm<sup>3</sup>/a se consideran no renovables. Las aguas subterráneas dominan en el conjunto de recursos de agua, como muestra la Tabla III.3.6.

**Tabla III.3.6.** Derechos de agua y agua disponible en la Cuenca del Guadalentín, en hm<sup>3</sup>/a, según datos oficiales (CHS, 2008).

Agua	Superficial	ATS	Regenerada	Desalinizada	Subterránea	Total
Derechos	22	65	7	8	105	207
Disponible	17	39	7	8	98	169

El Alto Guadalentín es una comarca de 2072 km<sup>2</sup> de la Región de Murcia, anteriormente denominada Comarca de Lorca o Campo de Lorca, que incluía Mazarrón. El Alto Guadalentín, con el valle del Guadalentín en el que se sitúa Lorca, contiene materiales detríticos cuaternarios con escasos niveles de arcilla, que pueden superar 300 m de espesor y que están intensamente explotados. Esta explotación ya se inició en el primer tercio del siglo XX (Gorosizaga y Dupuy de Lome, 1930) para incrementar los caudales procedentes de manantiales mediante la perforación de galerías.

Entonces ya existían pozos excavados y perforados, equipados con bomba, para captar aguas de las formaciones semiprofundas, con caudales de hasta 100 L/s en el llano de Alhama. La explotación intensiva del agua subterránea se inició en la década 1960 {CHS-CEA}. Tobarra Ochoa (1995) y Tobarra Ochoa y Martínez Gallur (1998) muestran que partiendo de 25 pozos en 1973, su número aumentó a 40 en 1981 y a 234 en 1990, con extracciones progresivas de 24, 46 y 99 hm<sup>3</sup>/a y profundidades medias del nivel del agua de 60, 90 y 200 m. Las extracciones actuales son del orden de 120 hm<sup>3</sup>/a. Las tasas de descenso en algunos pozos han sido de 4,5 m/a entre 1976 y 1983 y de 10 m/a entre 1984 y 1999 (Pulido-Bosch, 2013).

A consecuencia de la explotación intensiva han desaparecido diversos humedales, entre ellos los Saladares de Alhama y las Fuentes de Caravaca-El Cantil {CHS-CEA}.

En la Figura III.3.14 se muestra un corte hidrogeológico representativo de los acuíferos del Alto Guadalentín, la evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y la evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea.

El descenso de niveles piezométricos hizo que a partir de cierto momento se produjese un rápido ascenso del contenido en carbono inorgánico disuelto en el agua subterránea extraída (Figura 3.3.15), con liberación del CO<sub>2</sub> al entrar el agua en contacto con el ambiente exterior (Cerón 1997; Cerón y Pulido-Bosch, 1996; Cerón et al., 1999; Solís et al., 1994; Rodríguez Estrella 2014; Rodríguez Estrella et al., 1987; 1989).

Se asoció el fenómeno a aportes endógenos de CO<sub>2</sub> acumulado en aguas subterráneas profundas, posiblemente en relación con fracturas y fallas principales activas, que explican la relativa alta sismicidad del área, pero no se conocen estudios de detalle.

Ese origen profundo parece reflejarse en las algo mayores temperaturas de las aguas captadas por los pozos profundos (hasta 32 °C) respecto a lo que correspondería al gradiente geotérmico medio, pero no se conoce la evolución del gradiente geotérmico vertical.

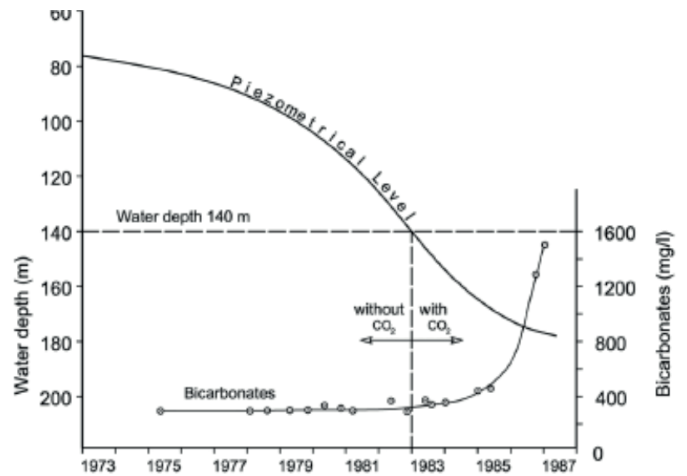
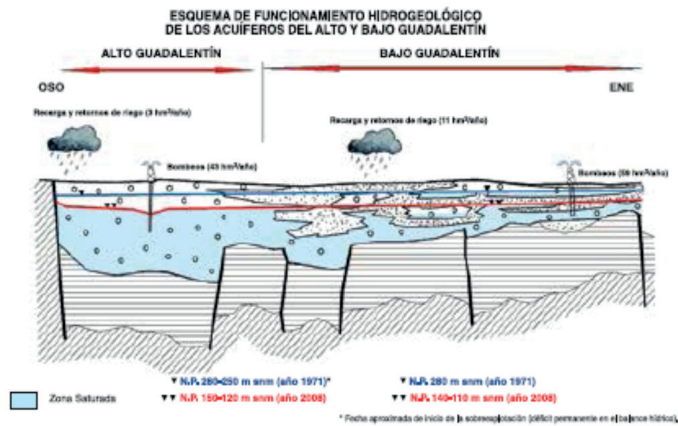


Fig. III.3.15. Relación entre profundidad del nivel piezométrico y contenido en bicarbonatos en el agua extraída en el Alto Guadalentín, según Rodríguez-Estrella et al. (1987), Cerón et al. (1999) y Rodríguez-Estrella (2014).

La situación en el Bajo Guadalentín es también de intensa explotación de las aguas subterráneas. En la Figura III.3.16 se muestra la evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos, de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea en el Bajo Guadalentín.

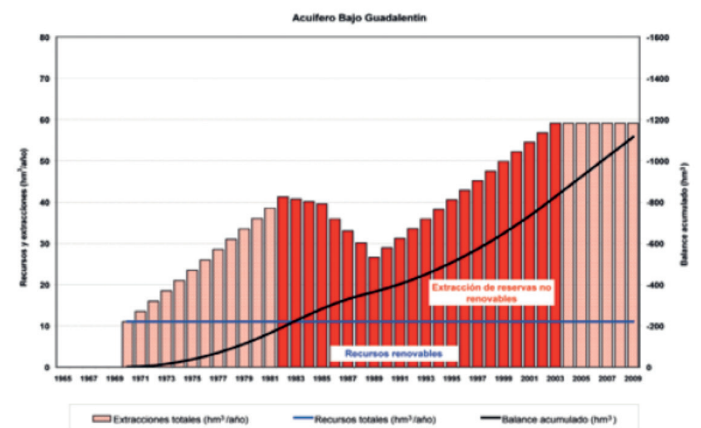
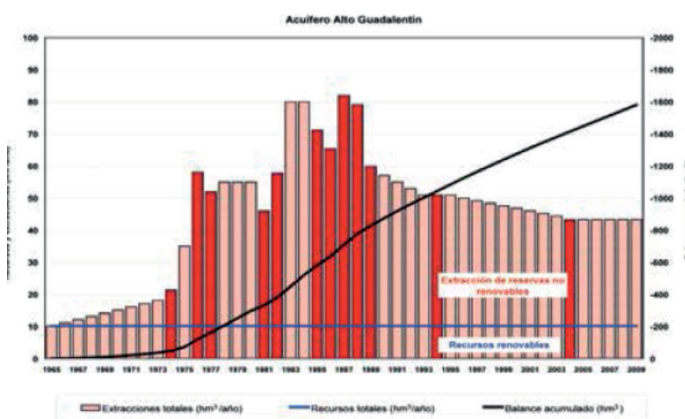
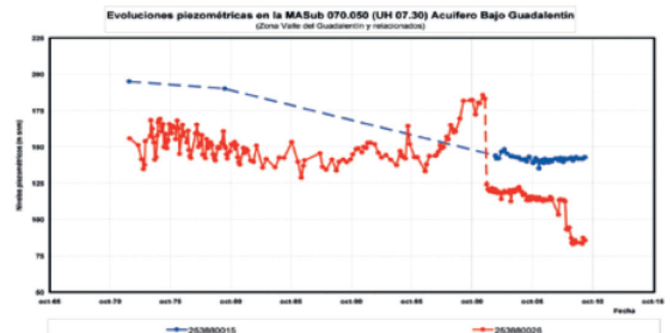
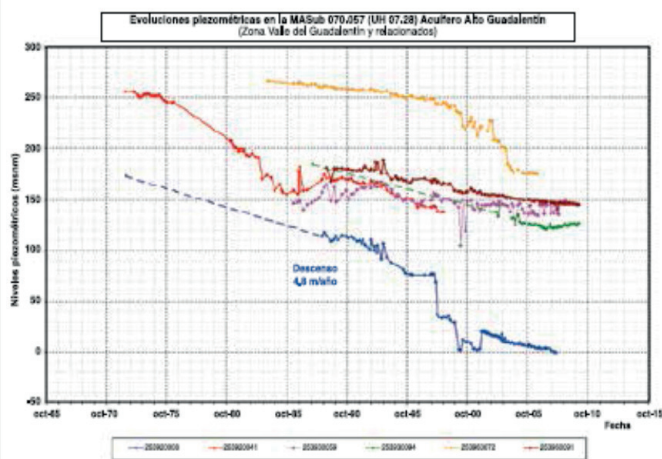


Fig. III.3.14. Relación entre profundidad del nivel piezométrico y contenido en bicarbonatos en el agua extraída en el Alto Guadalentín, según Rodríguez-Estrella et al. (1987), Cerón et al. (1999) y Rodríguez-Estrella (2014).

Figura III.3.16. Evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea en el Bajo Guadalentín (García-Aróstegui et al, 2013b).

Otro de los acuíferos intensamente explotados y con grandes descensos de nivel es el de Jumilla–(Yecla)–Villena, compartido con la cuenca del Júcar. En la Figura III.3.17 se da el corte hidrogeológico representativo de los acuíferos de Jumilla–Villena, la evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y la evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea (García–Aróstegui et al, 2013b). Forma parte de la explotación intensiva del Altiplano murciano (Molina et al., 2009).

El Campo de Cartagena es un área compleja, rellena por materiales depositados desde el Mioceno superior al Cuaternario (Aragón et al., 2009), con un importante afloramiento de carbonatos triásicos en Los Victorias (Fig. III.3.18). Esta última formación está intensamente explotada. El inicio de las extracciones se remonta a 1917-1928 mediante sondeos perforados en los acuíferos profundos (García–Aróstegui et al. 2013a). Los acuíferos principales son los de La Naveta (Triásico de Los Victorias), Campo de Cartagena propiamente dicho y Cabo Roig. Además están los acuíferos asociados a la antigua zona minera de la Sierra de Cartagena (Robles–Arenas y Candela, 2010).

Se riegan 30,000 ha con 190 hm<sup>3</sup>/a, de los que el 30% son de origen subterráneo local en un año húmedo y hasta el 75% en un año seco; el resto es aporte del TTS, con un máximo legal de 122 hm<sup>3</sup>/a y aporte promedio de 59 hm<sup>3</sup>/a en los más de 30 años de operación.

En los acuíferos multicapa del Campo de Cartagena, antes de la llegada del TTS existía un estado de explotación intensiva de agua subterránea, con descensos piezométricos importantes, hasta situarse muy por debajo del nivel del mar; no parece existir intrusión marina manifiesta porque la falla geológica que existe a lo largo de la costa separa los niveles permeables carbonatados del Plioceno y Mesiniense del mar.

Con la llegada del agua del Transvase Tajo–Segura la tendencia al descenso anterior a 1979 se ha frenado, debido a la recarga de excedentes de riego (Rodríguez Estrella, 1995). Como el aporte externo es variable, en años de escasez el acuífero cubre las disminuciones de los aportes de aguas superficiales exteriores (Fig. III.3.18).

La recarga es compleja por la diversidad de formaciones (Baudron et al., 2014). Se ha modelado numéricamente la recarga en campos de cultivo y la hidroestratigráfica en profundidad (Jiménez–Martínez et al., 2010; 2011). El agua subterránea extraída se ha ido haciendo cada vez más salina en muchos lugares, de modo que para tener un agua adecuada a los cultivos los agricultores y los que ofertan agua proceden a efectuar mezclas. Un balance típico medio equilibrado del acuífero tiene unas entradas de 50 hm<sup>3</sup>/a más 15 hm<sup>3</sup>/a de retornos de riego, con unas salidas por bombeo de 60 hm<sup>3</sup>/a y a la costa de 5 hm<sup>3</sup>/a.

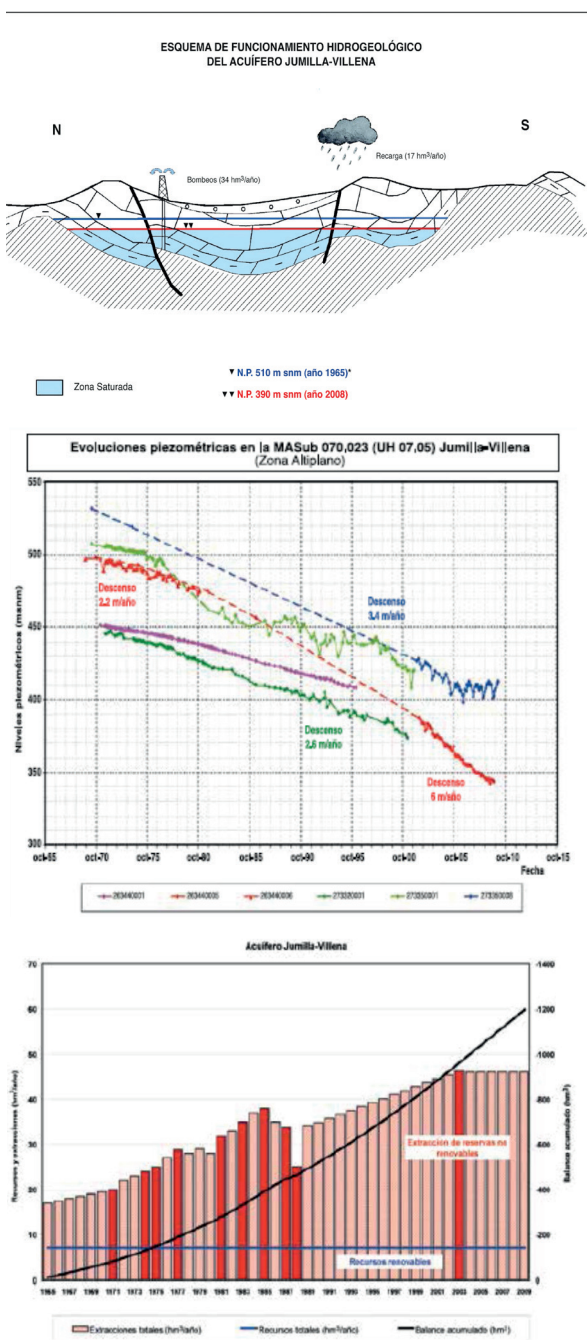


Figura III.3.17. Corte hidrogeológico representativo de los acuíferos de Jumilla–Villena, compartido con la Cuenca del Júcar, evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea (García–Aróstegui et al, 2013b).

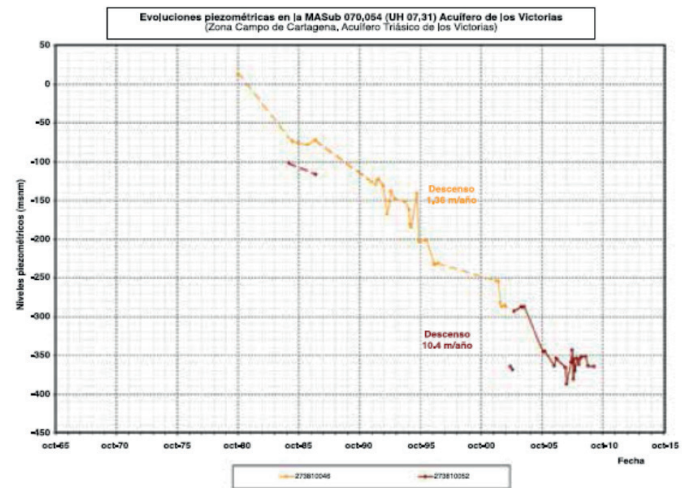
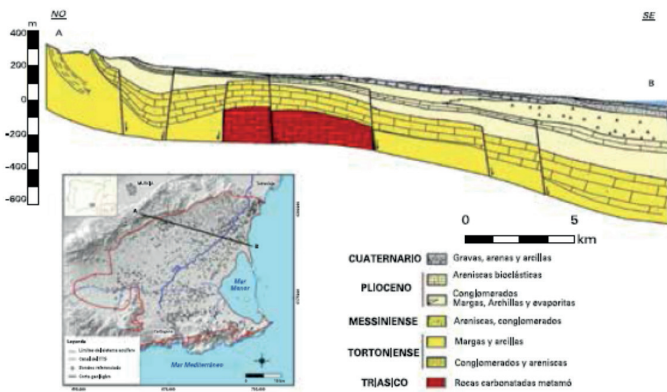
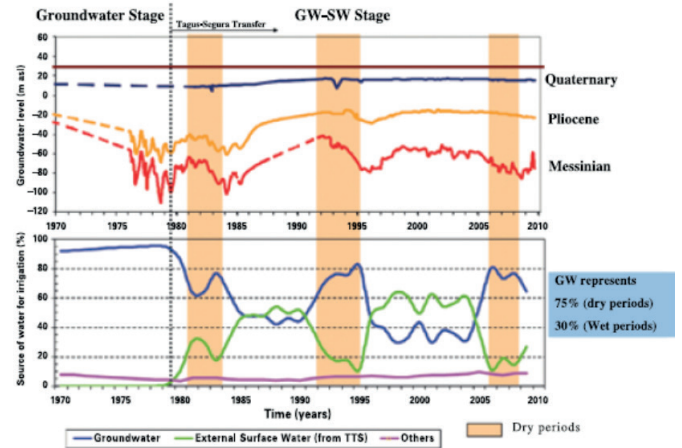
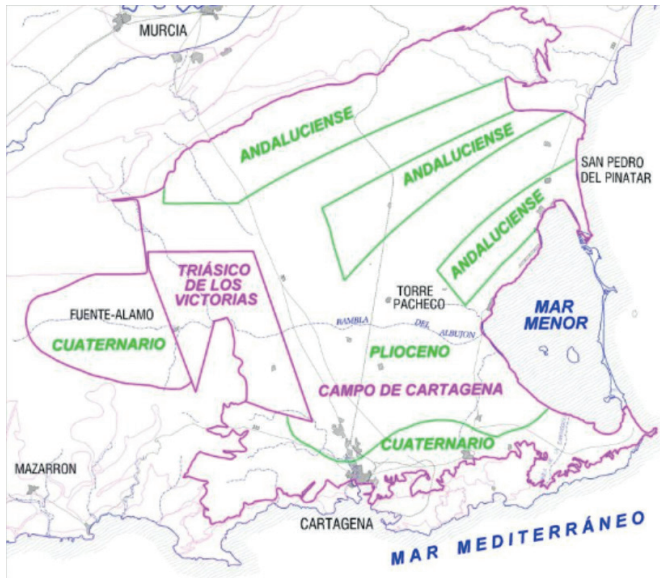


Fig. III.3.18. Acuíferos en relación con el Campo de Cartagena y corte geológico-hidrogeológico WWW-ESE [Rodríguez-Estrella, 2014; García Aróstegui et al., 2013b; PHS, 2013].

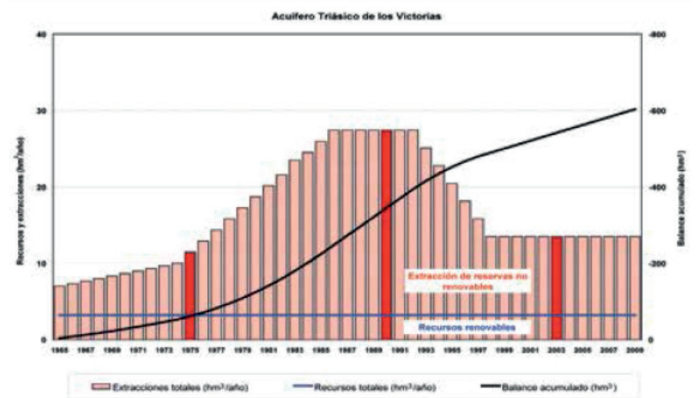


Fig. III.3.19. Evolución de niveles en las tres formaciones principales del Campo de Cartagena, antes y después de la llegada del Transvase Tajo-Segura y origen del agua destinada a riego. En sombreado los periodos secos. El agua subterránea supone el 30% del total utilizado en periodos húmedos y normales y el 70% en periodos secos [García Aróstegui et al., 2013b; Cabezas, 2011].

La Figura III.3.20 muestra un corte hidrogeológico representativo del acuífero Serral-Salinas (Rodríguez Estrella et al., 1980), compartido con la cuenca del Júcar, la evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y la evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea (García-Aróstegui et al, 2013b) y en la Figura III.3.21 se muestra la evolución del número de pozos y de la extracción.

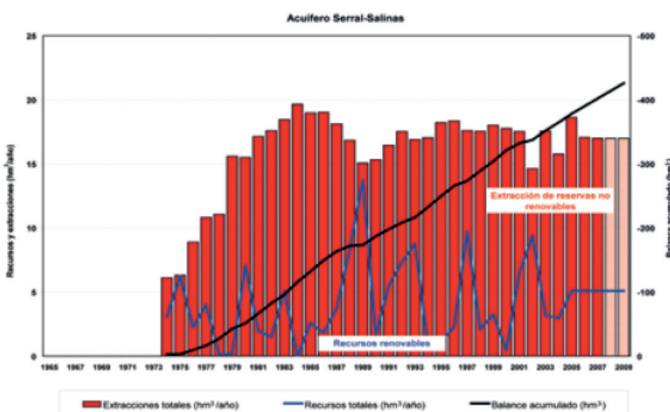
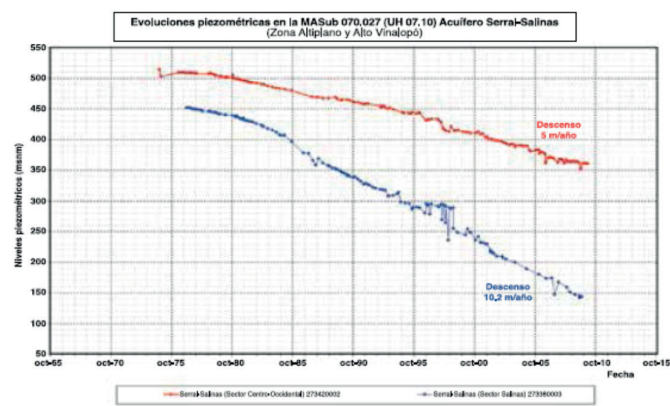
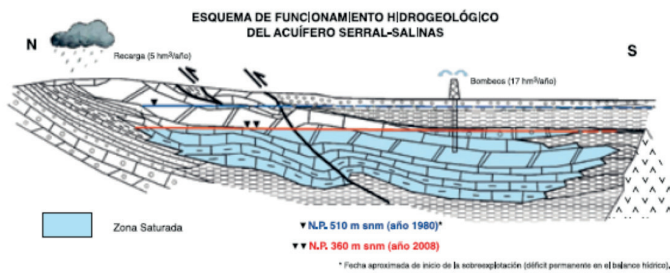


Figura III.3.20. Corte hidrogeológico representativo del acuífero Serral-Salinas, compartido con la cuenca del Júcar, evolución de los niveles piezométricos en varios puntos representativos y evolución de las extracciones y del consumo acumulado de reservas de agua subterránea (García-Aróstegui et al, 2013b).

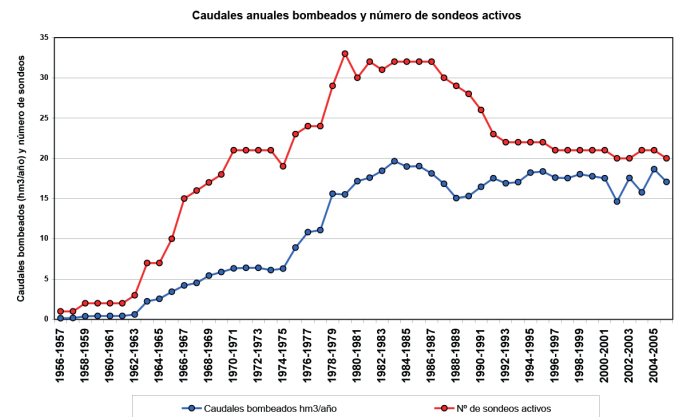


Figura III.3.21. Evolución del número de pozos y de la extracción conjunta en el acuífero Serral-Salinas, compartido entre la Cuenca del Segura y la del Júcar [JLGA].

### III.4 Principales acuíferos de Almería en el Levante español.

Almería está en las Cuenas Mediterráneas Andaluzas, anteriormente Cuenas del Sur. Aquí se considera la parte entre la parte Este del río Adra y la Cuenca del Segura, con unos 6500 km<sup>2</sup>. De acuerdo con la planificación hidrológica se tienen las siguientes áreas de explotación (Fig. III.4.1):

- III.4. Poniente Almeriense. Cuenca del río Adra y acuífero del Campo de Dalías. Es un área principal de extracciones de aguas subterráneas cuya recarga principal se produce en la Sierra de Gádor.
- IV.1. Cuenas Media y Baja del río Andarax. El río drena la parte interior de la Sierra de Gádor. La información es pobre.
- IV.2. Comarca natural del Campo del Níjar, sin ningún río importante y con acuíferos profundos intensamente explotados, pero mal conocidos y poco estudiados.
- V.1. Cuenas de los ríos Carboneras y Aguas, con pequeños recursos locales de agua subterránea, poco estudiados.
- V.2. Cuenca del Almanzora, relativamente extensa y con algunos acuíferos explotados intensamente en el entorno de Huércal-Overa, como la Cubeta del Saltador, pero poco estudiados. Existe aporte ocasional de agua importada desde la cuenca vecina del Guadalquivir a través del embalse del Negratín.





**Fig. III.4.1.** Sector oriental de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas con los sectores de explotación (modificado de ETICMA, 2010). Las cuencas de los ríos Adra y Guadalfeo están ya fuera de lo que aquí se considera Levante español.

La mayor parte del agua utilizada es de origen subterráneo, pero para el abastecimiento y para apoyo del regadío hay disponibilidad de agua de mar desalinizada. El uso de agua regenerada es pequeño, de 10 hm<sup>3</sup>/a [Corominas, 2013].

La demanda de agua creció entre 1993 y 1998 y luego se ha estabilizado, con el balance de la Tabla III.4.1. La información disponible y mediciones son de moderadas a escasas en relación con la gran importancia económica y social del área.

**Tabla III.4.1.** Recursos y demandas de agua en las áreas de mayor explotación de Almería [Corominas, 2013]. Cifras redondeadas.

Valores en hm <sup>3</sup> /a				
Unidad de explotación	R, Recursos naturales	D, Demanda	D-R	D-R (*)
III-4 Poniente	150	220	70	60
IV Andarax-Níjar	70	120	50	20
V Levante	110	160	50	20

\* Corrección de D-R por aportes de agua desalinizada y otros

Las aguas son en general de buena calidad aunque hay manantiales salinos, como los que vierten a la Rambla de Tabernas, con hasta 190 g/L de salinidad.

La Sierra de Gádor tiene 2382 m de altitud y una extensión de alrededor de 650 km<sup>2</sup>. Su estructura geológica es compleja (Domínguez Prats, 2000). Recibe una precipitación media de 300 mm/a, con nieve que persiste hasta 2 meses al año en las áreas más altas. Hay escorrentía ocasional susceptible de captación en pequeñas obras (Frot et al., 2008). La recarga es importante (Cantón et al. 2010). Es el origen del agua del río Adra y Fuente Nueva.

La Sierra de Gádor es un área principal de recarga, con 100 diques artificiales para favorecer la infiltración de las relativamente importantes escorrentías ocasionales en sus 55 ramblas. Aunque más del 20% de las cubetas de los diques están actualmente colmatadas (Pulido-Bosch, 2013), se pueden aprovechar graveras y huecos mineros para reforzar la recarga.

El Campo de Dalías, con unos 300 km<sup>2</sup> de superficie, está al pie de la vertiente marítima de la Sierra de Gádor (Fig. III.4.2). Recubre los materiales de la Sierra de Gádor en una disposición que ha sido objeto de diversos trabajos (Domínguez Prats, 2000; Domínguez Prats et al., 2001; Pulido-Bosch et al, 2000).

Tiene un extraordinario desarrollo de cultivos intensivos bajo plástico, desde 14.000 ha en 1991 a 20.000 ha en 2012, con más de 2000 M€ de valor de la producción. La extracción de agua subterránea es de 140 a 150 hm<sup>3</sup>/a de agua, que es mayor que los recursos renovables, que se estiman en 120 hm<sup>3</sup> en Sierra de Gádor-Campo de Dalías, de los que están disponibles 90 hm<sup>3</sup>/a [Corominas, 2013]. Sólo subsisten las Fuentes de Marbella, aguas abajo del Embalse de Benínar, en el Río Grande de Adra, con un caudal de 400 a 500 L/s según Pulido-Bosch (2013), fuera de la zona aquí considerada.

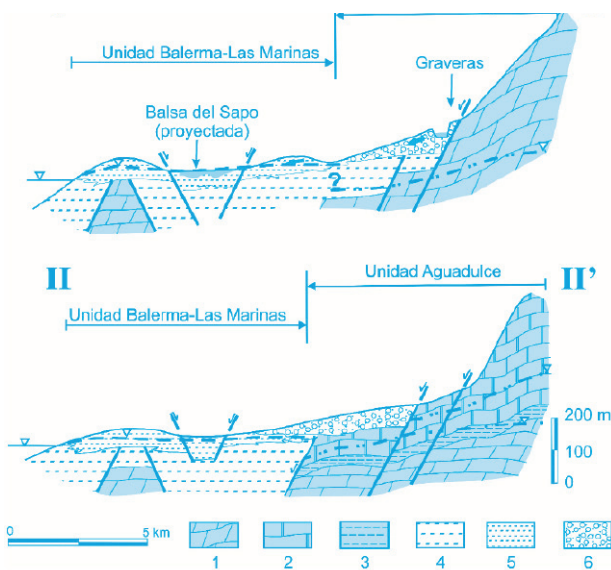
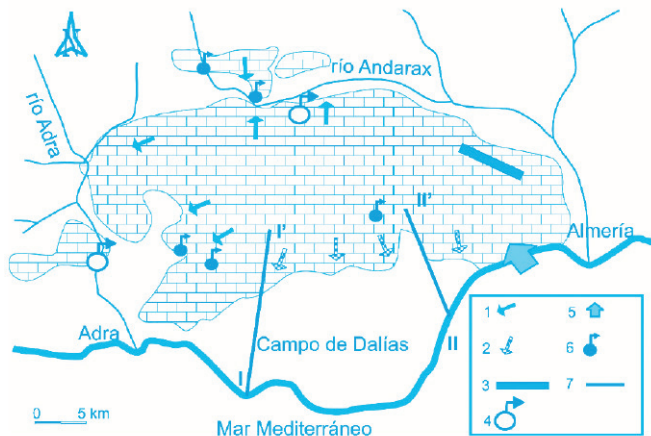


Fig. III.4.2. Sistema Sierra de Gádor–Campo de Dalías: relieve, área de recarga principal (aflorescimientos carbonatados) y cortes geológico-hidrogeológicos representativos (modificado de Pulido-Bosch et al., 2012; Pulido-Bosch, 2013).

El acuífero de Sierra de Gádor tenía una descarga principal al mar por un manantial principal en Aguadulce, cerca de Roquetas de Mar, pero cesó de manar poco después del inicio de las explotaciones intensivas, las que se iniciaron en ese sector. Actualmente es un camino preferente de intrusión marina, aunque su impacto sobre los otros acuíferos no es bien conocido dada la notable compartimentación.

La evolución piezométrica los acuíferos de cobertura, para los que hay estabilización o ascenso a causa de menor extracción y recarga por retornos, es distinta de la de los profundos (inferiores) en los que las extracciones han ido aumentando (Fig. III.4.3). Según Domínguez Prats et al. (2013), la extracción en 1960 era de 45 hm<sup>3</sup>/a para los acuíferos de cobertura y otros 45 hm<sup>3</sup>/a para los inferiores. En 2002, esta extracción en había disminuido a 20 hm<sup>3</sup>/a en los acuíferos de cobertura y con un gran crecimiento a 120 hm<sup>3</sup>/a para los profundos, o sea, de un total de 90 hm<sup>3</sup>/a se ha pasado a 140 hm<sup>3</sup>/a. Los datos de extracciones se resumen en la Tabla III.4.2.

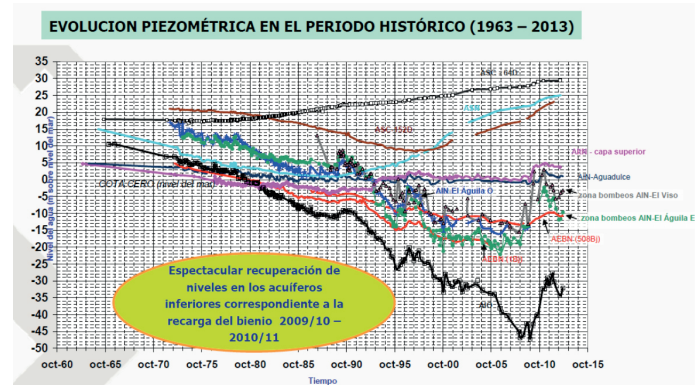


Fig. III.4.3. Evolución piezométrica en puntos seleccionados del Campo de Dalías (Domínguez Prats et al., 2013). Se ha producido en descenso continuado en los acuíferos profundos intensamente explotados, mientras que en parte de los superiores los niveles ascienden por la recarga adicional que supone las fugas de las redes agrícolas de distribución de agua y la infiltración de los excedentes de riego. El bienio 2009–2011 ha sido extraordinariamente húmedo, con recarga extraordinaria en la Sierra de Gádor, lo que se refleja en la evolución de niveles piezométricos, que ascienden en parte por la mayor recarga y en parte por las menores extracciones.

Tabla III.4.2. Evolución decenal de las extracciones en los acuíferos inferiores del Campo de Dalías (modificado de Domínguez Prats et al., 2013). AIN = acuífero inferior noreste; AIO = acuífero inferior occidental.

Año	Extracciones en hm <sup>3</sup> /a		
	AIN	AIO	Total
1980	15	25	40
1990	30	40	70
2000	55	65	120
2010	50	70	120

Los niveles piezométricos representados en la Figura III.4.3 corresponden a los acuíferos explotados, parte de los cuales son confinados o semiconfinados, sin que hayan encontrado datos de detalle de cómo evoluciona el nivel freático, que es el que determina la variación de reservas de agua subterránea dulce o salina. Parte de los acuíferos inicialmente confinados puede haber pasado a libres.

El sistema acuífero contiene agua dulce, que se vuelve salina en profundidad, al menos en algunos sectores, como en el de Guardias Viejas, en el lado occidental, donde además había y hay aguas saladas atrapadas, no bien estudiadas. La Figura III.4.4 esquematiza el proceso de salinización. En las áreas afectadas por intrusión marina, el agua subterránea puede superar 5 mS/cm de conductividad eléctrica. En determinadas áreas someras el agua subterránea está contaminada por nitratos de origen agrícola, hasta cerca de 300 mg/L NO<sub>3</sub>.

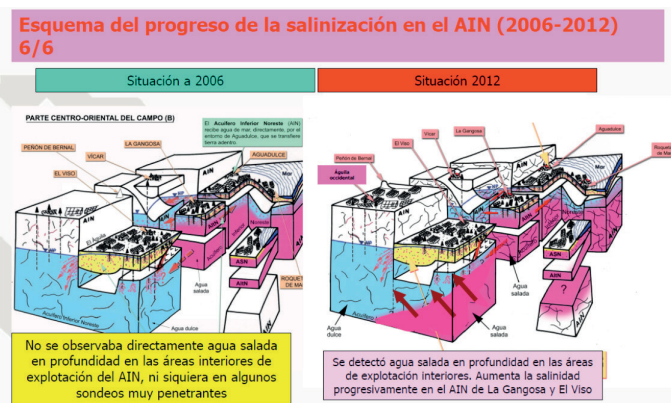
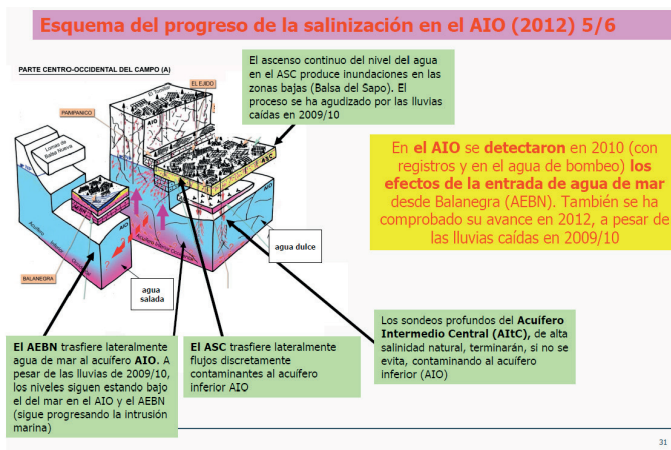


Fig. III.4.4. Procesos de salinización en los acuíferos del Campo de Dalías según Domínguez Prats et al. (2013). AIO = Acuífero Inferior Occidental; AIN = Acuífero Inferior Noreste.

Los impactos ambientales en Almería son pobremente conocidos. Los más destacados son los de desertización, que han sido objeto de estudios por parte de la Estación Experimental de Zonas Áridas del CSIC, en Almería, en parte son debidos al uso intensivo del agua subterránea (Pulido-Bosch, 2000).

En el centro del Campo de Dalías, en el entorno de la Cañada de las Norias (o de los Moros), donde hay huecos mineros de extracción de arcilla para las instalaciones agrícolas, se ha formado el humedal conocido como Balsa del Sapo, con agua de 3 a 5 g/L de salinidad, que no existía en 1956. Se ha convertido en un refugio de avifauna, con más de 70 especies censadas. El origen del agua es la lluvia local, las fugas de redes de distribución y los excedentes de riego. La extensión del humedal ha ido creciendo, con mayor intensidad en épocas húmedas, llegando a afectar a los terrenos agrícolas colindantes. En algunos lugares la lámina de agua es superior a los 10 m, con lo que partes de la laguna han dejado de ser apropiadas para la avifauna

y en especial para los flamencos. De un aporte de 185 L/s se ha llegado actualmente a 600 L/s, que deberían bombearse al exterior para detener la expansión, aunque eso no evitaría su crecimiento temporal en épocas húmedas. Un proyecto para poder bombear 600 L/s a la Rambla de la Colomina tiene un coste de inversión de 5 M€ (Pulido-Bosch, 2013), con un consumo de 0,9 kW/m<sup>3</sup>, lo que las hace atractivas a esas aguas frente a la desalinización marina (~4 kW/m<sup>3</sup>), aunque puede que se requiera un gasto energético adicional para el tratamiento con membranas para reducir la actual salinidad si se las quiere aprovechar para la agricultura.

### III.5 Estimación de la recarga a los acuíferos del Levante español

En los informes y publicaciones consultados, rara vez se dice o se detalla cómo se han obtenido los valores de la recarga a los acuíferos, aunque es posible que en algunos casos se haga en informes internos específicos, que en general son de difícil acceso.

En muchos casos, la recarga es el resultado de suponer que es simplemente una fracción determinada de la precipitación, pero sin soporte que lo apoye. Muchas de las estimaciones en acuíferos carbonatados son anteriores a la calibración del método APLIS referido en el Apartado II.4 del Capítulo II. Una evaluación reciente de esas estimaciones de recarga es la de Aguilera y Murillo (2006). Probablemente los datos y evaluaciones se basan en cortos periodos de observación y pueden tener una gran incertidumbre. En algunos casos se ha realizado modelización matemática, que permite una estimación mejor, pero no exenta de notable incertidumbre. Esta es debida, entre otras causas, a la incertidumbre las descargas naturales y artificiales, de los parámetros hidráulicos representativos a la escala del modelo y de los coeficientes de almacenamiento, además de las dudas sobre las condiciones de contorno. Aunque se han tratado de calibrar, esta calibración deja un notable margen de incertidumbre ya que con los escasos datos disponibles no se pueden conseguir ajustes razonables dentro de un amplio margen de valores de la recarga. Sin embargo, cuando las extracciones superan en mucho a la recarga estimada, la incertidumbre de la recarga deja de ser relevante y cuenta más el valor de la porosidad drenable a largo plazo.

Son raras las situaciones de un medio con suelo desarrollado y bien vegetado en que es posible realizar con cierta confianza el balance hídrico en el suelo. Con frecuencia se trata de áreas muy alteradas por la acción humana y bajo regadío (fugas en la distribución y retornos de riego), donde la incertidumbre se mantiene importante cuantitativamente. Sólo se han encontrado unas pocas aplicaciones, pero interesantes (Andreu Rodes et al. 2011; 2012; Touhami et al. 2012; 2013). La calibración de los resultados es difícil al no disponerse ni de buenas series de descarga ni de nive-

les freáticos y porque no es raro que los niveles freáticos sean profundos, con lo que las fluctuaciones en la recarga en tránsito calculada se amortiguan notablemente durante el paso por el medio no saturado y se enmascaran por las fluctuaciones que crean las extracciones.

Buena parte de los esfuerzos de modelación han sido realizados por el IGME y por la Universidad Politécnica de Valencia, como los del acuífero de Crevillent (IGME-DPA, 2006; IGME, 2010a, b) o del Sinclinal de Calasparra, incluido en el PHS (2013). Se han realizado modelos de los acuíferos de Ascoy-Sopalmo, Jumilla-Villena, Carche-Salinas, Cingla-Cuchillos, El Molar y Llano de Cabras [AS], en general utilizando el código MODFLOW con una capa, aunque se han utilizado dos capas en el Guadalentín y tres en el acuífero de Jumilla-Villena; se obtienen valores de la porosidad drenable entre 0,0015 (poco creíble y que puede ser debido a condiciones de contorno incorrectas) y 0.06. En muchos casos, dados los cortos tiempos de datos de observación, la calibración es sólo preliminar. Para toda la cuenca del Júcar se ha planteado un estudio de la recarga por balance de agua en las mallas de una red de detalle del territorio, aplicando métodos de sistemas de información geográfica (Pérez-Martín, 2005; Ferrer et al. 2012), como el modelo PATRICAL desarrollado en la UPV, que es una mejora del SIMPA (Estrela y Quintas, 1996; Álvarez et al., 1997) que se usó en la década de 1990 para la España peninsular, pero falta una calibración de detalle, para la que se dispone de pocos datos.

Ambos modelos usan típicamente una malla de 1km x1km y datos mensuales en soporte GRASS-GIS (geographical resources analyses supported systems- geographical information systems) para el sistema precipitación-escurritía. El modelo PATRICAL además puede simular la distribución de conductividad eléctrica y nitrato en la recarga.

La aplicación específica del balance de la deposición atmosférica de cloruro se ha realizado en detalle en Sierra de Gádor (Alcalá et al., 2007, 2011; Contreras et al., 2008) y en el acuífero de Alcadozo, en la cuenca alta del río Mundo (Hornero et al., 2013a, b, c). No se han encontrado otras aplicaciones de detalle en el Levante español. Las estimaciones realizadas a partir de la distribución de la deposición atmosférica de cloruro en España (Alcalá y Custodio, 2008) en relación con la evaluación general de la España peninsular (Alcalá y Custodio 2013; 2014) son sólo una estimación preliminar del Levante español ya que en ese área existen gradientes espaciales grandes que aumentan el error en las evaluaciones. Por otro lado, no se dispone de una buena caracterización de la deposición atmosférica de ión cloruro ni del contenido en cloruros de aguas subterráneas que no estén afectadas ni por la litología ni por las actividades humanas.

Para análisis sencillos de las unidades de carbonatos, que están bien definidas, se pueden aplicar modelos unicelulares, como el modelo ERAS de Estimación de la Recarga en

Acuíferos Sobreexplotados (Murillo y Roncero, 2005) si se los ha podido calibrar por comparación con modelos distribuidos (Martínez-Santos y Andreu Rodes, 2010).

### III.6 Evaluación del consumo de reservas de agua subterránea

A efectos de la evaluación general del consumo de reservas de agua subterránea hay que unir la Cuenca del Vinalopó y la Cuenca del Segura, ya que no sólo comparten un ambiente similar sino que varios de los acuíferos más intensamente explotados son compartidos. Además, parte de las aguas superficiales del río Segura y de las importadas se consumen en la Región de Murcia y en el extremo meridional de la de Alacant, que es parte de la Vega Baja del Segura. Así, el análisis general de la situación del conjunto territorial debe ser global, además del de detalle de cada acuífero o sistema acuífero. Para los acuíferos compartidos por dos Demarcaciones hidrográficas, la cuenca no es el referente propio de gestión.

Los acuíferos de Almería tienen en parte características similares, pero el de la Sierra de Gádor-Campo de Dalías, es hidrogeológicamente diferente y se debe tratar separadamente. La intrusión marina es un importante proceso en el mismo, aparte del notable descenso de niveles piezométricos en algunos de los subacuíferos profundos, en los que se producen recuperaciones parciales en periodos lluviosos. En lo que sigue no se consideran dado que el detalle del modelo hidrogeológico de funcionamiento debe mejorarse.

La principal característica de muchos de los acuíferos del Levante español es que son de extensión relativamente pequeña, tanto aflorante como en profundidad, desde menos de 100 km<sup>2</sup> a unos pocos centenares de km<sup>2</sup>, aunque la superficie de terreno correspondiente a acuíferos con alto a aceptable rendimiento es una parte importante del Levante español, más del 50%. No sólo los acuíferos están aislados entre sí, sino que están internamente compartimentados o se compartimentan al descender los niveles freáticos, pero con un espesor permeable y poroso/fisurado que puede alcanzar centenares de metros.

Eso les permite contener volúmenes de agua que pueden alcanzar desde décimas a decenas de km<sup>3</sup>, aunque los valores son inciertos al ser la porosidad drenable mal conocida. Los valores de la porosidad drenable que se utilizan proceden de cálculos de vaciado y de modelación numérica, pero tienen gran incertidumbre y su variación en profundidad es también mal conocida, aunque no parece crecer drásticamente.

La razón de que la porosidad drenable se mantenga en profundidad puede ser el resultado de varios procesos: la intensa fracturación tectónica, disolución hidroquímica (karstificación) de las calizas y dolomías y reajustes inter-

nos con desplazamientos asociados a la disolución y fluencia de las rocas de base. Estos materiales de base, que también pueden ser laterales, a veces intercalados por superposición de escamas tectónicas o formando intrusiones diapíricas, son en general materiales arcillosos del Keuper, que pueden contener yesos, agua salina atrapada y halita y por lo tanto son una importante fuente de contaminación salina natural. Unas veces producen salinización dominada por cloruro sódico (en el área de la Serra de Crevillent) y otras por sulfato cálcico.

Esta contaminación aparecía naturalmente en algunas surgencias, como en la laguna de Les Salines (Vinalopó), pero en general era poco sensible en los manantiales y en el agua extraída de los primeros pozos construidos. Se ha ido manifestado progresivamente (a veces rápidamente) en los pozos profundos a medida que se han ido profundizando y descendiendo los niveles freáticos, como ha sucedido en el Medio Vinalopó y en el Alto Guadalentín. Estos aspectos son importantes para la evaluación de la minería del agua subterránea ya que afectan a la utilización del agua captada y a los cultivos a cuyo riego se destinan, aunque con frecuencia no son tenidos en cuenta por la presión por obtener cantidad de agua, hasta que las consecuencias se manifiestan claramente en los cultivos y en los suelos en el caso de la agricultura, o de falta de potabilidad para el abastecimiento humano por la degradación de la calidad.

Las reservas iniciales de agua subterránea del conjunto de acuíferos intensamente explotados se evalúan en más de 60 km<sup>3</sup>, de los cuales se consideran como explotables (sin especificar las condiciones) alrededor de 25 km<sup>3</sup>, aunque estas cifras son notablemente inciertas. En 2014 se habrían extraído cerca de 15 km<sup>3</sup>. Los acuíferos que han soportado mayores extracciones absolutas de reservas son los de Ascoy-Sopalmo, Alto Guadalentín, Bajo Guadalentín, Jumilla-Villena, Quibas, Crevillent, Serral-Salinas y Solana (Villena- Beneixama) y posiblemente el sistema Campo de Dalías-Sierra de Gádor, aunque aquí la evaluación es más difícil. Hay acuíferos y subacuíferos pequeños en los que el vaciado es relativamente importante respecto al volumen de agua inicial, sobre todo en el Medio Vinalopó, hasta el punto del casi vaciado de alguno de ellos, pero es un problema muy local que suele estar asociado a una elevada productividad inicial de algún o algunos pozos. Tal es el caso en Serra del Cid [DA]. Los problemas asociados se han venido solucionando con facilidad por aporte desde unidades hidrogeológicas vecinas.

Algunos valores significativos de agotamiento de reservas de agua subterránea desde 1965, cuando se inició la fase más intensiva de explotación, son: 1,8 km<sup>3</sup> en el acuífero de Ascoy-Sopalmo, 1,6 km<sup>3</sup> en el del Alto Guadalentín, 1,2 km<sup>3</sup> en el Bajo Guadalentín, 1,2 km<sup>3</sup> en el de Crevillent-Algaiat, 0,9 km<sup>3</sup> en el de Jumilla-Villena, 0,6 km<sup>3</sup> en el Triásico de Los Victorias, 0,6 km<sup>3</sup> en el de Serral-Salinas y 0,6 km<sup>3</sup> en el de Quibas, totalizando 8,5 km<sup>3</sup>.

La relación extracción/recarga para los acuíferos más extensamente explotados varía en cifras redondas desde 15 para el de Tobarra-Tedera-Pinilla, a 30 en el de Ascoy-Sopalmo y a 50 en el de Quibas.

Para una extracción actual de aguas subterráneas de alrededor de 700 hm<sup>3</sup>/a, unos 400-500 hm<sup>3</sup>/a proceden de disminución de reservas de agua subterránea, de los que alrededor de 200 a 300 hm<sup>3</sup>/a pueden considerarse como minería del agua subterránea propiamente dicha.

Aunque el número total de pozos es muy elevado, quizás más de 25.000, el de los pozos profundos operativos en los acuíferos de mayor explotación intensiva es mucho menor. En alguno de los acuíferos más significativos son algunas decenas de pozos, pero dada la pequeña extensión de algunos de ellos resulta aún una densidad espacial notable.

Las tasas de descenso de niveles piezométricos es variable dentro de un mismo acuífero, en función de la localización y el efecto de otros pozos activos próximos. Se encuentran con frecuencia valores superiores a 1 m/a, que pueden llegar a 5 m/a (acuíferos de Ascoy-Sopalmo, Alto Guadalentín, Serral-Salinas), hasta algo más de 10 m/a (Triásico de Los Victorias).

Los descensos son unas veces continuados y con pendiente constante si no varía la extracción anual y escaso efecto visible de la ocurrencia de periodos más húmedos (acuíferos de Serral-Salinas y Jumilla-Villena), pero en otros se atenúan notablemente o cesan al decrecer la extracción (caso de los acuíferos de Crevillent, Peñarribia y Umbría-Quibas) y aún otros muestran recuperaciones temporales y ascensos rápidos temporales, aunque sean parciales (acuíferos de Serra del Cid y Santa-Yéchar). Esto indica que la recarga en ellos puede ser significativa, aunque sea sólo una fracción de las extracciones.

Pero hay efectos dinámicos y de transferencia de agua a lo largo de los pozos desde niveles superiores a los inferiores o de respuesta a cambios de nivel en áreas alejadas transmitidos por confinamiento local, todo ello aún por estudiar. Cabe esperar que si las extracciones cesasen en muchos de los acuíferos se produciría una vuelta al estado natural y eso ha sido estudiado de diferentes formas, desde balances de agua sencillos hasta simulación numérica, pero la escasez de datos al nivel de detalle requerido para establecer un modelo conceptual sólido de funcionamiento, con apoyo de estudios hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales para definir el comportamiento y las condiciones de contorno y para la calibración y validación, hace que los resultados sean notablemente inciertos. De la información disponible se pueden deducir tiempos de recuperación orientativos, entre decenas a algunos centenares de años, con lo que se puede considerar que a efectos prácticos se ha producido real minería del agua subterránea.

El equipo de recursos de aguas subterráneas de la Diputación d'Alacant, con la ayuda del IGME y el apoyo de modelación numérica en algunos casos (acuíferos de Jumilla-Villena, Serral-Salinas, Quibas, Crevillent, Peñarrubia y Solana) y con un análisis detallado de la geología, datos de sondeos de exploración de hidrocarburos y de información geofísica, han elaborado gráficos para evaluar las reservas de agua subterránea en función del nivel piezométrico de los diferentes acuíferos del Alto y Medio Vinalopó, que se pueden encontrar en el Anejo A1 [DA]. En las Figuras III.6.1, III.6.2 y III.6.3 se dan algunos ejemplos. Estos gráficos pueden tener incertidumbres importantes, en especial en las extrapolaciones, pero son de notable utilidad para la gestión de los abastecimientos y pueden ser actualizados a medida que la explotación progresa y se adquieren nuevos datos.

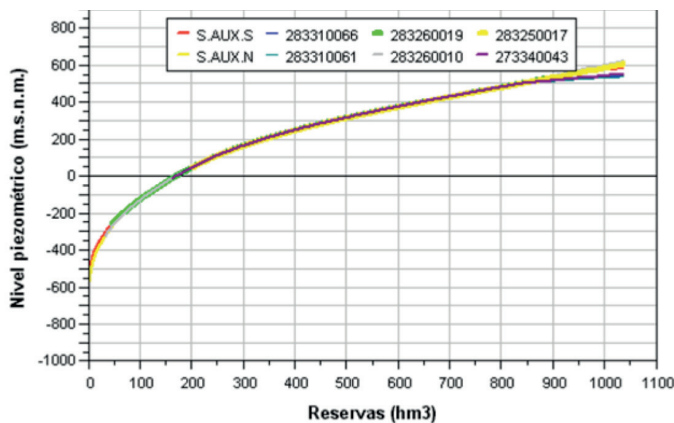


Figura III.6.1. Relación entre nivel piezométrico y reservas de agua subterránea en el acuífero de Solana (Villena-Beneixama), según [DA].

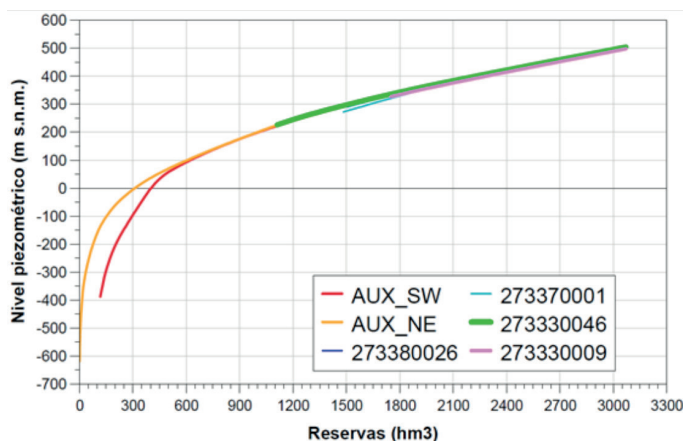


Figura III.6.2. Relación entre nivel piezométrico y reservas de agua subterránea en el acuífero de Jumilla-Villena, según [DA].

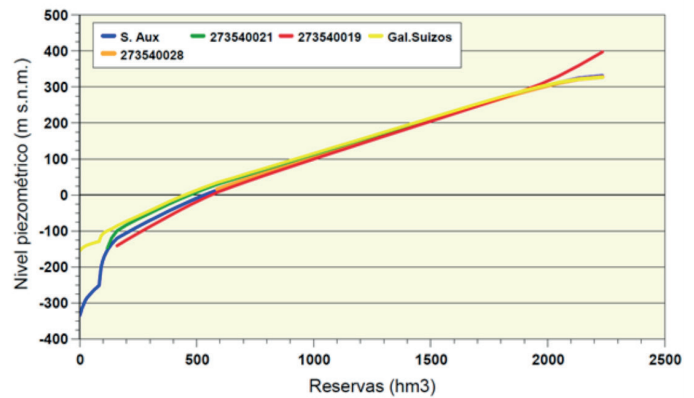


Figura III.6.3. Relación entre nivel piezométrico y reservas de agua subterránea en el acuífero de Crevillent, según [DA].

Recientemente se están haciendo esfuerzos para evaluar las incertidumbres antes comentadas mediante la integración de información hidrogeológica y geofísica profunda. En el acuífero de Solana (Villena-Beneixama), en la parte norte de la cuenca del Vinalopó, las muestras de los materiales carbonatados muestran porosidades variables entre 0,00 y 0,12, con dos valores fuera de rango de 0,23 y 0,27; el valor medio es de 0,055 y la mediana es de 0,04, con una desviación estándar de 0,57, con una distribución muy sesgada hacia los valores bajos (Ruiz-Constán et al., 2014).

Combinando un modelo geológico con un modelo de flujo 3-D se pueden determinar curvas de reservas en función de la elevación, similares a las de las Figuras III.6.1 a 3. Para acuífero lleno, con el nivel freático a 550 m de altitud, según se tomen porosidades de 0,019, 0,055 y 0,07, las reservas respectivas son de 3, 6 y 10 km<sup>3</sup> respectivamente, las que se anulan a una elevación del orden de -900 m.

### III.7 Agradecimientos

Han sido muy importantes las aportaciones que se derivan de los cuestionarios y resúmenes de entrevistas que se relacionan al inicio del Apartado III.8 de Referencias, así como las observaciones, correcciones y comentarios al borrador de este capítulo contribuidas por Tomás Rodríguez Estrella (Universidad Politécnica de Cartagena), Ramón Aragón Rueda (Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Murcia), Andrés Sahuquillo Herraiz (Universidad Politécnica de Valencia) y José Miguel Andreu Rodes (Universidad de Alicante), las correcciones indicadas por Juan Bautista Gumbau Bellmunt (Evren) y Antonio Pulido Bosch (Universidad de Almería) y la aportación complementaria de Lucila Candela Lledó (Universidad Politécnica de Cataluña).

### III.8 Referencias

Los datos e informaciones que proceden de los cuestionarios del Proyecto MASE y documentación aportada, del Anejo 1 y de los resúmenes de las entrevistas del Anejo 2, se refieren con las siglas del autor entre corchetes rectos [ ] para los primeros y entre corchetes curvos { } para los segundos, con la clave a continuación:

[AS] Andrés Sahuquillo  
 {CHS-CEA} Confederación Hidrográfica del Segura- Instituto Euromediterráneo del Agua  
 {DA} Diputación de Alicante: Aportación y Cuestionario  
 {JA} José Albiac  
 {JLGA} José Luis García Aróstegui  
 {JMAR} José Miguel Andreu Rodes  
 {VR} Vicente Richart, Junta General de Usuarios del Vinalopó-L'Alacantí  
 {TRE} Tomás Rodríguez Estrella: Aportación documental y oral

ABC (2012). *La "burbuja de las desaladoras"*. <http://www.abc.es/20120305/sociedad/abci-burbuja-desaladoras-201203050900.html>. Accedido 09-10-2014.

Aguila Guillén, M., Díaz Carrasco, B., Espadas López, M. (2012). *El canal del Taibilla y la senda del agua de Sierra de Espuña. Ecoespaña-Mancomunidad de los Canales del Taibilla: 1-148*.

Aguilera, H., Murillo, J.M. (2006). *Estimación de la recarga natural en cuatro acuíferos kársticos del alto Vinalopó (Alicante) y relación con el cambio climático. Boletín Geológico y Minero, 117* (Núm. Monográfico Especial): 601-604.

Alcalá, F.J., Custodio, E., Contreras, S., Araguás, L.J., Domingo, F., Pulido-Bosch, A., Vallejos, A. (2007). *Influencia de la aridez climática, altitud y distancia a la costa sobre el contenido en cloruro y  $\delta^{18}O$  del agua de recarga y del agua subterránea en macizos carbonáticos del sudeste peninsular español. El caso de la Sierra de Gádor*. En: A. Pulido-Bosch et al. (eds.), III Simposio sobre la Tecnología de la Intrusión Marina en los Países Mediterráneos, Vol. 1, IGME, Madrid: 871-885.

Alcalá, F.J., Cantón, Y., Contreras, S., Were, A., Serrano-Ortiz, P., Puigdefábregas, J., Solé, A., Custodio, E., Domingo, F. (2011). *Diffuse and concentrated recharge evaluation using physical and tracer techniques: results from a semi-arid carbonate massif aquifer in southeastern Spain*. Environmental Earth Sciences, 62(3): 541-557.

Alcalá, F.J., Custodio, E. (2008). *Atmospheric chloride deposition in continental Spain*. Hydrological Processes 22: 3636-3650

Alcalá, F.J., Custodio, E. (2013). *Evaluación de la recarga a los acuíferos mediante balance de masa de cloruro atmosférico y su incertidumbre en el territorio continental español*. En: 7 Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Donostia-San Sebastián, 2012. Aranzadi Zientzia Elkarte, 2013: 549-554.

Alcalá, F.J., Custodio, E. (2014). *Spatial average recharge through atmospheric chloride mass balance and its uncertainty in continental Spain*. Hydrological Processes, 28: 218-236.

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martín, S. (2012). *Widespread land-slides induced by the M5.1 earthquake 2011 in Lorca, SE Spain*. Engineering Geology, 137-138: 40-12.

Álvarez, J., Sánchez, A., Quintas, L. (2004). *SIMPA, a GRASS based tool for hydrological studies*. Proc. FOSS-GRASS Users Conference. Bangkok: 1-14.

Andreu Rodes, J.M. (1997). *Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticos de Crevillente, Cid y Cabeçò d'Or (provincia de Alicante)*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante: 1-377.

Andreu Rodes, J.M., Estévez Rubio, A., Morell Evangelista, I., Pulido-Bosch, A. (1998). *La contaminación de acuíferos kársticos ligada a la sobreexplotación. Jornadas sobre la Contaminación de las Aguas Subterráneas: Un Problema Pendiente*. Valencia, AIH-GE: 355-362.

Andreu Rodes, J.M., Estévez, A., García-Sánchez, E., Pulido-Bosch, A. (2002). *Caracterización de la explotación en el sector occidental del acuífero de Crevillente (Alicante)*. Geogaceta, 31: 59-62.

Andreu Rodes, J.M., Pulido Bosch, A., Rodríguez Estrella, T., García Sánchez, E. (2004). *Sobreexplotación de acuíferos kársticos. En: Investigaciones en Sistemas Kársticos Españoles*. Publicaciones del IGME, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas 12, Madrid: 161-184.

Andreu Rodes, J.M., García-Sánchez, E., Jorreto, S., Francis, I., Pulido-Bosch, A. (2008). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en la actual zona saturada del acuífero de Crevillente (Alicante)*. Geogaceta, 44: 151-154.

Andreu Rodes J.M., García-Sánchez, E., Pulido-Bosch, A., Jorreto, S. y Francés, I. (2010). *Influence of Triassic deposits on water quality of some karstic aquifers to the south of Alicante (Spain)*. Estudios Geológicos, 66 (1): 131-138.

Andreu Rodes, J.M., Alcalá, F.J., Vallejos, A. y Pulido-Bosch, A. (2011). *Recharge to mountainous carbonated aquifers in SE Spain: different approaches and new challenges*. Journal of Arid Environments. 75: 1262-1270.

- Andreu Rodes, J.M., Touhami, I., Bellot Abad, J., Sánchez Montahud, J.R., Pulido Bosch, A., Martínez Santos, P., Chirino Miranda, E. (2012). *El papel del suelo y la vegetación en la estimación de la recarga del acuífero del Ventós (Alicante)*. Geogaceta, 51: 87–90.
- Aragón, R. (2003). *Las aguas subterráneas de la cuenca del Segura: problemática y oportunidades*. Hidropres, 39: 52–62.
- Aragón, R. (2005). *Importancia ambiental y socioeconómica de las aguas subterráneas en la Cuenca del Segura*. En: López-Geta, Rubio y Barquero, Agua, Minería y Medio Ambiente (Homenaje al Profesor Rafael Fernández-Rubio). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid: 135–146.
- Aragón, R., Solís, L., Rodríguez, T. (1989). *La sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del Segura. Congreso Nacional La Sobreexplotación de Acuíferos*. Almería: 157–175.
- Aragón, R., Solís, L., Hornero, J. (1999). *Características químicas de las aguas subterráneas de la Cuenca del Segura. Aptitud de uso y principales fuentes de contaminación. En: La Contaminación de las Aguas Subterráneas: Un Problema Pendiente*. ITGE-AIH, Madrid: 363–372.
- Aragón, R.; Lambán, J., García Aróstegui, J.L., Hornero, J. y Fernández Grillo, A.I. (2006). *Efectos de la explotación intensiva de aguas subterráneas en la ciudad de Murcia (España) en épocas de sequía: orientaciones para una explotación sostenible*. Boletín Geológico y Minero, 117 (3): 389–400.
- Aragón, R., Jiménez-Martínez, J., García-Aróstegui, J.L., Hornero, J. (2009). *Hidrogeología y recursos hídricos subterráneos en el área Campo de Cartagena Mar Menor*. En: El Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, 85–108.
- Baudron, P.; Barbecot, F.; García-Aróstegui, J.L., Leduc, C.; Travi, Y., Martínez-Vicente, D. (2014). *Impacts of human activities on recharge in a multilayered semiarid aquifer (Campo de Cartagena, SE Spain)*. Hydrological Processes. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9771>.
- Bautista Martín, J. (1992). *Del plan de mejora y ampliación de los regadíos de Levante al aprovechamiento conjunto Tajo-Segura*. En: A. Gil Olcina y A. Morales Gil (coord.), Hitos Históricos de los Regadíos Españoles. Serie Estudios, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica. Madrid: 367–404.
- Bautista Martín, J., Muñoz Bravo, J. (1986). *Las presas del Estrecho de Puentes*. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1–258.
- Bru Ronda, C. (1993a). *Los recursos del agua. Aprovechamiento y economía del agua en la provincia de Alicante*. Alicante: Fundación Cultural de la Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- Bru Ronda, C. (1993b). *Sobreexplotación de acuíferos y planes de ordenación hidráulica en la cuenca del Río Vinalopó, Alicante*. Investigaciones Geográficas 11. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante: 93–108.
- <http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/02472798658247729976613/catalogo11/05%20inve.pdf>
- Cabezas, F. (2011). *Explotación de las aguas subterráneas en la cuenca del Segura*. En: Villarroja, F., De Stefano, L., Martínez-Santos, P. (coords.). El Papel de las Aguas Subterráneas en la Política del Agua en España. SHAN Series 3. Fundación Botín: 1–103 [http://www.fundacionbotin.org/monografias\\_observatorio-delagua\\_publicaciones.htm](http://www.fundacionbotin.org/monografias_observatorio-delagua_publicaciones.htm)
- Cabezas, F. (2013). *Introducción. Evolución histórica*. En: Senent Alonso, M., García Aróstegui, J. L. (coord.), Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 1: 23–31.
- Cantón, Y., Villagarcía, L., Moro, M. J.; Serrano-Ortiz, P. Were, A.; Alcalá, F. J.; Kowalski, A. S., Solé-Benet, A., Lázaro, R., Domingo, F. (2010). *Temporal dynamics of soil water balance components in a karst range in southeastern Spain: estimation of potential recharge*. Hydrological Sciences Journal, 55: 737–753.
- Cerón, J.C. (1997). *Hidrogeoquímica del acuífero del Alto Guadalentín (Murcia)*. Tesis Doct. Univ. Granada: 1–276.
- Cerón, J. C., Pulido Bosch, A. (1996). *Groundwater problems resulting from CO<sub>2</sub> pollution and overexploitation in Alto Guadalentín aquifer (Murcia, Spain)*. Environmental Geology, 28 (4): 223–228.
- Cerón, J.C., Pulido-Bosch, A., Bakalowicz, M. (1999). *Application of principal component analysis to the study of CO<sub>2</sub>-rich thermomineral waters in the aquifer system of Alto Guadalentín (Spain)*. Hydrological Sciences Journal, 44(6): 929–942.
- CHJ (2007). *Síntesis de la documentación disponible para la evaluación del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en el ámbito de la Junta de Explotación del Vinalopó-Alacantí*. Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia: 1–33.
- CHJ (2009). *Documento Técnico de referencia (DTR): Identificación y delimitación de masas de agua superficial y subterránea: ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar*. Valencia.



[http://www.chj.es/eses/ciudadano/participacion\\_publica/Paginas/Documentaciondeapoyo.aspx#tecnicos](http://www.chj.es/eses/ciudadano/participacion_publica/Paginas/Documentaciondeapoyo.aspx#tecnicos)

CHS (1999). *Plan hidrológico de la Cuenca del Segura*. Memoria, Confederación Hidrográfica del Segura Murcia:1-363.

<http://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/plandecuenca/documentoscompletos/>

CHS (2008): *Plan de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca del Segura*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. [www.chsegura.es](http://www.chsegura.es)

CHS (2009). *Informe de los artículos 4, 5 y 6 de la DMA*. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia

<http://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/dma/implementacion/informearticulos567/index.html>.

Contreras, S., Boer, M., Alcalá, F.J., Domingo, F., García, M., Pulido-Bosch, A., Puigdefábregas, J. (2008). *An ecohydrological modelling approach for assessing long-term recharge rates in semiarid karstic landscapes*. Journal of Hydrology 351: 42-57.

Corominas, J (2013). *El agua para la agricultura de Almería: de la cultura de "frontera" a la cultura de innovación y la adaptación*. VI Seminario Técnico Agronómico sobre Sostenibilidad de la Agricultura Intensiva en Almería. Almería.

De Miguel, J., López Segura, J. et al. (2011). *Use of desalinated water in agriculture. Experiences in Almería (Spain)*. IDA World Congress - Perth Convention and Exhibition Centre, Perth: 4-9.

DGOHCA-ITGE (1997). *Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización. Predefinición del programa de actuación*. Dirección General de Obras Hidráulicas y de Calidad de las Aguas-Instituto Geológico GeoMinero de España. Madrid.

Domínguez Prats, P. (2000). *Funcionamiento hidrogeológico y mecanismos de intrusión marina en sistemas carbonatados de estructura compleja: aplicación al Acuífero Inferior Noreste (AIN) del Campo de Dalías (Almería)*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

Domínguez Prats, P., Franqueza Montes, P.A., González, A. (2001). *El conocimiento de los acuíferos del Campo de Dalías y su implicación en la gestión sostenible integral de los mismos*. V Simposio del Agua en Andalucía, Almería.

Domínguez, P., Franqueza Montes, P.A., Fernández Jurado, M.A., Rivera, J. (2013). *Avance en el conocimiento de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor-Campo de Dalías, mediante los trabajos en la fase inicial del Programa de investigaciones de apoyo a su protección-regeneración*. VI Seminario Técnico Agronómico sobre Sostenibilidad de la Agricultura Intensiva en Almería. Almería.

Estrela, T., Quintas, L.A. (1996). *Distributed hydrological model for water resources assessment in large basins*. RIVERTECH 96. 1st International Conference on New/Emerging Concepts for Rivers. IWRA. Chicago.

ETICMA (2010). *Esquema de temas importantes en materia de gestión de las aguas. Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas*. Agencia Andaluza del Agua: 1-282.

ETIJ (2013). *Esquema de temas importantes para la planificación hidrológica en la Demarcación Hidrográfica del Júcar: 2015-2021*. Valencia: 1-496. <http://www.chj.es/eses/ciudadano/consultapublica/Paginas/ConsultapublicadelEsquemaprovisionaldeTemasImportantes.aspx>

ETIS (2008). *Esquema provisional de temas importantes. Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura*. Demarcación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1-188.

Ferrer, J., Pérez-Martín, Miguel A., Jiménez, S., Estrela, T., Andreu, J. (2012). *GIS-based models for water quantity and quality assessment in the Júcar River Basin, Spain, including climate changes effects*. Science of the Total Environment, 440: 42-59

Frot, E., van Wasemael, B., Benet, A.S. (2008). *Water harvesting potential in function of hillslope characteristics: a case from Sierra de Gádor (Almería province, south-east Spain)*. Journal of Arid Environments, 72: 1213-1231.

García-Aróstegui, J.L. (2013). *Groundwater mining in the south-eastern area of Spain: consequences and evaluation*. In: The Pros and Cons of Intensively Developed Aquifers: Hydrological, Economic, Social, and Ethical Issues. International Annual UN-Water Zaragoza Conference 2012/2013: Preparing for the 2013 International Year. Water Cooperation. Side event.

<http://es.slideshare.net/WaterforLife/jlgarciaarostegui-groundwater-miningspain>

García Aróstegui, J.L., Senent Alonso, M., Martínez Vicente, D., Aragón Rueda, R., Rodríguez Estrella, T., Solís García-Barbón, L., Baudron, P. (2013a). *Hidrogeología de la cuenca del Segura*. En, M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.), *Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas*. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 4: 51-64.

García Aróstegui, J.L., Senent Alonso, M., Martínez Vicente, D., Aragón Rueda, R., Rodríguez Estrella, T., Solís García-Barbón, L., Baudron, P., Hornero Díaz, J. (2013b). *La sobreexplotación de acuíferos*, En, M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.), *Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas*. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 5: 65-133.

- García Mariana, F. (2001). *Reconocimiento hidrogeológico de humedales en la Cuenca del Segura (Síntesis)*. VII Simposio de Hidrogeología. AEH-IGME. XXIV: 215-230.
- González, P.J., Tiampo, K.F., Palano, M., Cannavo, F., Fernández, J. (2012). *The 2011 Lorca earthquake make slip distortion relations controlled by groundwater water crustal unloading*. Nature Geoscience, 51: 821-825.
- González, P.J., Fernández, J. (2011). *Drought-driven transient aquifer compaction imaged using multitemporal satellite interferometry*. Geology, 39(6): 551-554.
- Gorostizaga, J., Dupuit de Lome, E. (1930). *Informe acerca del abastecimiento de aguas subterráneas en Lorca-Totana-Alhama-Mula. Informe reproducido en II Seminario sobre Gestión de Acuíferos Sobreexplotados y Comunidades de Usuarios: el Alto Guadalentín. Lorca 1988*. Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Región de Murcia: 1-22.
- Grindlay Moreno, A.L., Hernández Gómez-Arbolea, E. (2005). *Las infraestructuras hidráulicas en la Cuenca del Segura*. Área de Urbanismo y O.T. E.T.S.I. Caminos, C. y P., Universidad de Granada: 1-15.
- Hornero, J., Manzano, M., Ortega, L. (2013a). *Hydrogeology, hydrochemistry and isotope characterization of the Alcaozo Groundwater Body (Segura Basin)*. En: 7ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Donostia-San Sebastián, Aranzadi Zientzia Elkarte: 463-470.
- Hornero, J.; Manzano, M.; Ortega, L.; Custodio, E. (2013b). *Recarga natural al acuífero de Alcaozo (España) mediante balance de cloruro atmosférico y balance de agua en el suelo*. En González, N., Kruse, E.E., Trovatto, M.M., Laurencena, P. (eds). Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Editorial de la Universidad de La Plata (Eduulp). La Plata: 189-196.
- Hornero, J.; Manzano, M.; Ortega, L.; Custodio, E. (2013c). *Estimación de la recarga natural en la masa de agua subterránea de Alcaozo (Cuenca del Segura, España) mediante balance de cloruro atmosférico y balance de agua en el suelo*. X Simposio de Hidrogeología. Granada. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Asociación Española de Hidrogeólogos. Madrid, XXX: 517-528.
- IGME (2007). *Asistencia técnica para la delimitación física de los límites geológicos de los acuíferos de Crevillente y Quibas, en la provincia de Alicante, con vista a la realización de un modelo de flujo de los mismos*. IGME/Diputación de Alicante: 1-308.
- IGME (2010a). *Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico: 071.031 Sierra de Crevillente. Encomienda de Gestión para la Realización de Trabajos Científico-Técnicos de Apoyo a la Sostenibilidad y Protección de las Aguas Subterráneas*. Instituto Geológico y Minero de España-Dirección General del Agua. Madrid: 1-25.
- IGME (2010b). *Apoyo a la elaboración de los modelos matemáticos de flujo en los acuíferos de Crevillente y Quibas*. Instituto Geológico y Minero de España-Diputación de Alicante: 1-53.
- IGME-DPA (2006). *Estudio del funcionamiento hidrogeológico y simulación numérica del flujo subterráneo en los acuíferos carbonatados de Solana y Jumilla Villena (Alicante y Murcia)*. Instituto Geológico y Minero de España-Diputación Provincial de Alicante.
- ITGE (2000). *Unidades hidrogeológicas de España: mapa 1:1.000.000 y datos básicos*. Instituto Tecnológico Geomínero de España. Madrid: 1-34+mapa+CD-ROM.
- ITGE-COPOT (2000). *Estudio geotécnico e hidrogeológico para el análisis de la patología derivada de los cambios en el subsuelo de Murcia*. Instituto Geológico y Minero de España/Consejería de Obras Pública y Ordenación del Territorio, Murcia. Madrid.
- Jiménez-Martínez, J., Candela, L., Molinero, J., Tamoh, K. (2010). *Groundwater recharge in irrigated semi-arid areas: quantitative hydrological modelling and sensitivity analysis*. Hydrogeology Journal, 18:1811-1824.
- Jiménez-Martínez, J., Candela, L., García-Aróstegui, J.L., Aragón, R. (2011). *A 3D geological model of the Campo de Cartagena, SE Spain: Hydrogeological implications*. Geologica Acta. doi: 10.1344/105.000001703.
- Juárez Sánchez-Rubio, C., Valdés Pastor, M. (1984). *Recursos y usos del agua en el Alto y Medio Vinalopó*. Investigaciones Geográficas, 2: 173-194.
- López Ortiz, I, Melgarejo, P. (2010). *El transvase Júcar-Vinalopó, una respuesta a la sobreexplotación de acuíferos*. Investigaciones Geográficas, 51: 203-233.
- Martínez-Granados, Calatrava, J. (2011). *The role of desalination to adress aquifer overdraft in SE Spain*. Journal of Environmental Management, 144: 247-257.

- Martínez-Santos, P., Andreu Rodes, J.M., Bru Ronda, C., Llamas, M.R., Pulido-Bosch, A., De Stefano, L. (2008). **An interdisciplinary assessment of groundwater mining in Crevillente, Spain.** In: The NGWA International Conference on Nonrenewable Ground Water Resources: Sociotechnological Aspects of Nonrenewable Ground Water Resources: Half-Empty, Half-Full, Top-Bottom, Bottom-Up. Portland, Oregon.  
<http://ngwa.confex.com/ngwa/renew08/techprogram/P5116.HTM>
- Martínez-Santos, P., Andreu Rodes, J. M. (2010). **Lumped and distributed approaches to model natural recharge in semiarid karst aquifers.** Journal of Hydrology, 388): 389–398.
- McCann, B. (2012). **Wastewater reuse bring back to Spain's Segura river.** Water 21. International Water Association, August 2012: 28–39.
- Molina, J-L., García-Aróstegui, J.L. (2007). **Identificación preliminar de impactos del uso intensivo del agua subterránea en el sureste español: acuífero Serral-Salinas (Murcia-Alicante).** Boletín Geológico y Minero, 118: 597–599.
- Molina, J-L., García-Aróstegui J.L., Benavente. J. (2009). **Explotación intensiva de los acuíferos carbonatados del Altiplano de Murcia.** Geogaceta, 46: 163–166.
- Mulas, J., Aragón, R., Martínez, M., Lambán, J., García-Aróstegui, J. L., Fernández-Grillo, A. I., Hornero, J., Rodríguez, J., Rodríguez, J. M. (2003). **Geotechnical and hydrogeological analysis of land subsidence in Murcia (Spain).** Materials and Geoenvironment, 50: 249–252.
- Mulas, J., Aragón, R., Clemente, A.A., Herrera, G., Lambán, L.J., García-Aróstegui, J.L., Hornero, J., Martínez, M., Pardo J.M., Rodríguez-Ortiz, J.M., Rodríguez-Jurado, J., Rodríguez-Soto, A. (2010). **La subsidencia del terreno en la ciudad y área metropolitana de Murcia: Modelización, seguimiento y control.** IGME-Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio. Murcia: 1–242.
- Murillo, J. M., Roncero, F. J. (2005). **Natural recharge and simulation of the management using the model 'ERAS', Application to the Peñarubia aquifer (Alicante).** Boletín Geológico y Minero, 116: 97–112.
- Murillo, J.M., Rodríguez Hernández, L., Fernández Mejueto, M., Hernández Bravo, J.A. (eds.) (2009). **Alternativas de gestión en el sistema de explotación Vinalopó-Alcantí.** Col. El Agua en Alicante. Instituto Geológico y Minero de España/Diputación de Alicante: 1–126. [http://issuu.com/diputacionalicante/docs/el\\_agua\\_en\\_alicante\\_1\\_vinalopo?e=6840191/54435](http://issuu.com/diputacionalicante/docs/el_agua_en_alicante_1_vinalopo?e=6840191/54435).
- Murillo, J.M., López-Geta, J.A., Rodríguez Hernández, J.A. (2010). **Desarrollo sostenible, uso conjunto y gestión integral de recursos hídricos: estudios y actuaciones realizadas en la provincia de Alicante.** Instituto Geológico y Minero de España-Diputación de Alicante. Madrid: 1–401.
- Pendás, F.; Senent, M., Rodríguez Estrella, T. (1975). **El sistema hidrogeológico de Quibas.** Conferencia Nacional sobre Hidrogeología General y Aplicada. Zaragoza.
- Pérez-Martín, M.A. (2005). **Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para grandes cuencas.** Aportación al Análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Agua. Universidad Politécnica de Valencia.
- PHJ (2014). **Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, ciclo 2009–2015 [aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación el 14 de marzo de 2014].** Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacion-hidrologica/Paginas/Proyecto-Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015.aspx>
- PHN (2000). **Delimitación y asignación de recursos en acuíferos compartidos.** Plan Hidrológico Nacional. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid: 1–130.
- PHN (2005). **Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.** BOE 149: 21546-21856.
- PHS (2013). **Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura., 2009-2015. Memoria.** Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1–555.
- Pulido-Bosch, A. (2000). **La explotación de las aguas subterráneas y su implicación en la desertización.** Boletín Geológico y Minero, 111 (5) 5: 3–18.
- Pulido-Bosch, A. (2013). **Papel de las aguas subterráneas en clima semiárido: El Campo de Dalías (Almería).** Simposio Agua Subterránea: Recurso Oculto, Estratégico y Global. Instituto de Investigación del Agua de la Universidad de Barcelona. Barcelona
- Pulido-Bosch, A., Morell, I., Andreu Rodes, J.M. (1995). **Hydrogeochemical effects of groundwater mining of the Sierra de Crevillente Aquifer (Alicante, Spain).** Environmental Geology, 26: 232–239.
- Pulido-Bosch, A., Morell, I., Andreu Rodes J.M. (1996). **Modifications hydrogéochimiques provoquées par la surexploitation en un aquifère karstique.** Comptes Rendues Academie des Sciences. París, 323, S11a: 313–318.

- Pulido-Bosch, A., Molina, L., Vallejos, A., Pulido, P. (2000). *El Campo de Dalías: paradigma de uso intensivo. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas*. Fundación Marcelino Botín. Madrid. Serie A, 4: 1-54.
- Pulido-Bosch, A., Andreu Rodes, J.M., Díaz Puga, M.A, Vallejos Izquierdo, A. (2012). *Reflexiones sobre la gestión de recursos hídricos en regiones semiáridas: el sudeste español*. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible (CUIDES), 9: 41-69.
- Pulido-Velazquez, D., Sahuquillo, A., Andreu, J., Pulido-Velazquez, M. (2007). *An efficient conceptual model to simulate surface water body-aquifer interaction in conjunctive use management models*, Water Resources Research, 43, W07407, doi:10.1029/2006 WR005064.
- Robles-Arenas, V.M., Candela, L. (2010). *Hydrological conceptual model characterisation of an abandoned mine site in semiarid climate: The Sierra de Cartagena-La Unión (SE Spain)*. Geologica Acta, 8 (3): 235-248.
- Rodríguez Estrella, T. (1979). *Geología e hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Colección Memorias. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. Tomo 97: 1-566.
- Rodríguez Estrella, T. 1995. *Funcionamiento hidrogeológico del Campo de Cartagena*. Hidrogeología, 11: 21-38.
- Rodríguez-Estrella, T. (2004). *Sobreexplotación de acuíferos y desertificación en el Sureste Español*. En: Aridez, Salinización y Agricultura en el Sureste Ibérico. Fundación Ramón Areces y Fundación Instituto EuroMediterráneo de Hidrotecnia. Madrid: 105-134.
- Rodríguez-Estrella, T. (2006). *Hidrogeología de la Región de Murcia*. En: C. Conesa García (ed.), El Medio Físico en la Región de Murcia. Editum, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia: 143-182.
- Rodríguez-Estrella, T. (2007). *La geología (:156-166); Las aguas subterráneas (:210-218), Sismicidad (:260-266)*. En, Atlas Global de la Región de Murcia. Edita La Verdad-CMM S.A. Editora: Asunción Romero Díaz.
- Rodríguez-Estrella, T. (2014). *The problems of overexploitation of aquifers in semi-arid areas: characteristics and proposals for mitigation*. Boletín Geológico y Minero, 125 (1): 91-109.
- Rodríguez Estrella, T.; Granados, L.; Saavedra, J.L.; González Asensio, A. (1980). *Estudio geológico en el sector de Carche-Salinas. Zona Prebética (prov. de Murcia y Alicante)*. Boletín Geológico y Minero. XCI-IV: 527-548.
- Rodríguez Estrella, T.; García Lázaro, U., Albacete Carreira, M. (1987). *Problemática de la presencia de gases en las aguas subterráneas del Valle del Guadalentín (Murcia)*. IV Simposio de Hidrogeología. Palma de Mallorca: 117-139.
- Rodríguez Estrella, T.; Albacete Carreira, M.; García Lázaro U., Solís García-Barbón, L. (1989). *Evolución espacial y temporal de los gases en el acuífero sobreexplotado del Alto Guadalentín (Murcia)*. Congreso Nacional sobre La Sobreexplotación de Acuíferos. Almería. AIH-AEHS: 613-629.
- Rodríguez-Estrella, T. López Bermúdez. (1992). *Some eco-logical consequences of aquifer overexploitation in wet-lands in Spain*. Selected Papers on Aquifer Overexploitation. 3. International Association of Hydrogeologists. Heisse, Hannover: 93-107.
- Ruiz-Constán, A., Marín-Lechado, C., Martos-Rosillo, S., Fernández-Leyva, C., García-Lobón, J.L., Pedrera, A., López-Geta, J.A., Hernández Bravo, J.A., Rodríguez-Hernández, L. (2014). *Methodological procedure for evaluating storage reserves in carbonate aquifers subjected to groundwater mining: The Solana aquifer (Alicante, SE Spain)*. In: B. Andreo, F. Carrasco, J.J. Durán, P. Jiménez and J.W. La Moreaux (eds.), Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems. Environmental Earth Sciences- Springer: 255-262.
- Sánchez-Fresneda, C., Custodio, E. (1988). *Intrusión marina en las ramblas de Mazarrón y Ramonete (Murcia)*. En: Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros. III: La Intrusión en España. ETSIM-IGME. Madrid: 237-248.
- Sanchis Ibor, S., García Mollá, M., Avellà Reus, L., Carles Genovés, J. (2011). *Reaching the limits of water resources mobilization: irrigation development in the Segura river basin, Spain*. Water Alternatives, 4 (3): 259-278.
- Senent, M. y García-Aróstegui, J.L. (coords.). (2013). *Sobreexplotación de acuíferos en la Cuenca del Segura: evaluación y perspectivas*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua. Murcia: 1-234.
- Senent, M., Aragón Rueda, R., García Aróstegui, J.L., Rodríguez Estrella, T., Luis Solís García-Barbón, L. (2013). *Antecedentes sobre la investigación hidrogeológica en la cuenca del Segura*. En, M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.). Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 3: 43-50. ISBN: 978-84-92988-21-1.
- Sevilla, M., Torregrosa, T., Moreno, L. (2010). *Las aguas subterráneas y la "tragedia de los comunes en el Vinapó" (Alicante, España)*. Estudios de Economía Aplicada, 28(2): 305-332.

- SGOP (1989). **Estudio de actualización de la explotación, inventario de puntos de agua y propuesta de ordenación de las extracciones del acuífero Sierra de Crevillente**. Dirección General de Obras Hidráulicas–Confederación Hidrográfica del Júcar. Servicio Geológico de Obras Públicas. Valencia.
- SGOP (1990). **Unidades hidrogeológicas de la España peninsular e Islas Baleares. Informaciones y Estudios 52**. Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.
- SGOP (1993). **Delimitación y síntesis de características de las unidades hidrogeológicas intercuencas**. Informe 2782. Servicio Geológico de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid
- Solís, L., Rodríguez, T., Cabezas, F., Senent, M. (1983). **Cálculo de la curva de explotación en el sistema acuífero de la Sierra de Crevillente (Alicante)**. III Simposio de Hidrogeología. Madrid: 345–358.
- Solís, L.; Albacete, M., Rodríguez Estrella, T. (1994). **Evolución hidrogeoquímica en el acuífero Alto Guadalentín a consecuencia de su explotación intensiva. Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas en España**. II. Alcalá de Henares: 207–231.
- Tobarra Ochoa, P. (1995). **Estudio del Alto Guadalentín desde la perspectiva económica de la gestión del agua subterránea**. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Tobarra Ochoa, P., Martínez Gallur, C. (1998). **Gestión eficiente del agua o desertificación: el caso de Lorca**. Economía Agraria, 183: 253–272.
- Touhami, J. M. Andreu., E. Chirino, J.R. Sánchez, H. Moutahir, A. Pulido–Bosch, P. Martínez–Santos, Bellot J. (2012). **Recharge estimation of a small karstic aquifer in a semi-arid Mediterranean region (southeastern Spain) using a hydrological model**. Hydrological Processes, 27(2): 165–174.
- Touhami, J.M. Andreu, E. Chirino, J.R. Sánchez, A. Pulido–Bosch, P. Martínez–Santos, H. Moutahir, Bellot J. (2013). **Comparative performance of soil water balance models in computing semi-arid aquifer recharge**. Hydrological Sciences Journal, DOI:10.1080/02626667.2013.802094.
- Turrión Peláez, L. F. (2011). **Las fuentes de Mula podrían volver. Las Aguas Subterráneas de Murcia, su mayor Tesoro (30–11–2011)**. <http://www.franciscoturrión.com/2011/11/las-fuentes-de-mula-podrian-volver.html>
- Turrión Peláez, L.F., Martínez Arias, A., Delgado Moya, S. (2011). **Las aguas subterráneas en la gestión de la sequía: ejemplo de la Vega Media y Baja del Segura**. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1–260.
- WRG (2013). **Improving water availability through wastewater treatment: Segura Basin, Spain**. In: Managing Water Use in Scarce Environments: A Catalogue of Case Studies. 2030 Water Resources Group, Washington D.C.: 43–45.
- <http://www.waterscacitysolutions.org>

# CAPÍTULO IV

## EXPLOTACIÓN INTENSIVA Y MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN CANARIAS

**Preámbulo:** Se hace una presentación general de los recursos de agua y de los recursos de agua subterránea en Canarias y se comenta el conocimiento de la recarga, con énfasis en Gran Canaria y Tenerife. Se consideran las circunstancias específicas de esas dos islas, en especial los efectos de la explotación intensiva y del consumo de reservas de agua subterránea. Aunque hay aspectos comunes, hay también notables diferencias hidrogeológicas entre Gran Canaria y Tenerife a causa las distintas estructuras volcánicas, edad geológica, y de que la principal forma de captación de agua en Tenerife es por galerías mientras que en Gran Canaria es predominantemente por pozos. La recarga supera a las extracciones en ambos casos, pero hay importantes salidas de agua subterránea al mar, en especial en Tenerife, lo que hace que sea muy importante la reducción dinámica de reservas de agua subterránea, además de la parte drenada permanentemente a causa de las galerías.

### Resumen

*Cada una de las 7 islas del archipiélago de Canarias tiene diferentes características en cuanto a recursos de agua subterránea y explotación. Dada su mayor actividad económica, población y sus más acentuados problemas en cuanto a los recursos de agua subterránea, que son los principales, la atención se centra en Gran Canaria y en Tenerife. Dentro de un substrato común y población y superficie no esencialmente distintas, con progresiva incorporación de la desalinización de agua del mar y de aguas subterráneas salobres y de regeneración de aguas usadas, presentan notables diferencias entre sí.*

*En Gran Canaria domina la explotación mediante pozos a todas las altitudes, con descensos acumulados del nivel del agua subterránea de hasta más de 100 m. En Tenerife domina la explotación mediante galerías a media y moderadamente alta altitud, complementada con pozos en las áreas*

*costeras, con descensos del nivel del agua subterránea de hasta más de 300 m y desplazamientos del tramo productivo en las galerías de más de 1 km hacia el interior de la isla. Las tasas de descenso medias se evalúan entre 0,2 y 2,6 m/a y las de las últimas décadas entre 0,1 y 0,9 m/a.*

*El volumen de reservas de agua subterránea explotable por encima del nivel del mar se evalúa groseramente en 2 a 5 km<sup>3</sup> en Gran Canaria y en 10 a 20 km<sup>3</sup> en Tenerife, donde los materiales son más porosos y el terreno más elevado. Sólo una fracción es captable por razones técnicas (gran profundidad), de calidad (efecto de gases volcánicos, temperatura y en la costa salinización) y económicas (alto coste de extracción y en su caso de corrección de la calidad).*

*Las extracción de agua subterránea no supera a la recarga, pero una parte de esa recarga se descarga de forma difusa al mar de forma técnicamente poco evitable, en especial en Tenerife. La reducción de reservas de agua subterránea se puede evaluar groseramente en 0,3 a 0,5 km<sup>3</sup> en Gran Canaria y de unos 2 km<sup>3</sup> en Tenerife, donde la tasa media de consumo es de 125 a 150 hm<sup>3</sup>/a en las últimas décadas. En ambas islas se puede estimar groseramente que se ha consumido del 10% al 20% de las reservas por encima del nivel del mar, aunque buena parte de las restantes son difícilmente accesibles y posiblemente de mala calidad. Esta disminución de reservas es predominantemente dinámica en Gran Canaria, mientras que más del 50% de la disminución en Tenerife se debe considerar real minería del agua subterránea a causa del drenado permanente de las partes medias y altas por las más de 1000 galerías existentes.*

*La mayor parte de los grandes manantiales (nacientes) se secaron en el entorno de 1950 a 1960, en especial en Gran Canaria, donde eran mayores y más numerosos, y los cursos de agua actualmente son sólo barrancos de funcionamiento ocasional. La explotación ha producido en diversas partes de las islas un progresivo deterioro de la calidad de las aguas subterráneas captadas, por salinización en las áreas costeras –adicional a la natural de las partes más áridas– y en especial en el caso de Tenerife por evolución hacia aguas fuertemente bicarbonatadas sódicas y con altos contenidos en flúor (fluoruro). Es esperable que parte de las aguas existentes a mayor profundidad de las que hoy se captan tengan mala calidad por efecto del aporte de gases volcánicos, con tendencia a ser bicarbonatadas sódicas y con posibles altos contenidos de flúor y a veces de hierro y manganeso.*

*Las aguas subterráneas salobres, principalmente las próximas a la costa, bien sea por efecto climático, de retorno de riegos y por contaminación marina, son una fuente de recursos de agua tras su tratamiento con membranas, de modo que se están utilizando de forma creciente y con riesgo de ser minadas, bien sea por disminución de volumen (caso de Amurga en Gran Canaria) o por creciente salinización.*

## Contenido

- IV.1 Características del Levante español
  - IV.1.1 Características básicas
  - IV.1.2 Recursos de agua subterránea
  - IV.1.3 Explotación de los recursos de agua subterránea
  - IV.1.4 Uso de las aguas subterráneas
  - IV.1.5 Conocimiento científico
  - IV.1.6 Calidad de las aguas subterráneas
  - IV.1.7 Estimación de la recarga a los acuíferos
  - IV.1.8 Comentario general
- IV.2 Consideraciones sobre Gran Canaria
- IV.3 Consideraciones sobre Tenerife
- IV.4 Evaluación de la minería del agua subterránea en Gran Canaria y Tenerife
- IV.5 Agradecimientos
- IV.6 Referencias

**Nota:** el contenido de este capítulo se basa en la documentación escrita y oral a la que se ha tenido acceso, sin una búsqueda bibliográfica profunda especializada y sin realizar estudios específicos adicionales. Las evaluaciones y valoraciones han de entenderse en ese contexto y explican ciertas inconsistencias al usar fuentes diversas y de diferentes momentos. Las actualizaciones sólo se han hecho cuando se ha dispuesto de datos suficientes y confiables. El contenido puede tener en ocasiones problemas de interpretación de las fuentes, aunque el contenido trata de mostrar el mejor conocimiento actual. Lo que en muchos casos se refleja son los datos de las fuentes, los que muchas veces no van acompañados de los detalles o referencias sobre cómo o en qué condiciones han sido obtenidos o responden a designaciones no bien definidas en el lenguaje de recursos de agua e hidrogeológico. La clarificación supone profundizaciones, estudios complementarios o planteamiento de cuestiones a los autores que superan el alcance y posibilidades de este informe.

### IV.1 Características generales del archipiélago canario

#### IV.1.1. Características básicas

El archipiélago volcánico de las Islas Canarias está situado en el Atlántico oriental, frente a las costas africanas del Sahara. Las siete islas principales se extienden de E a W a lo largo de 400 km (Fig. IV.1.1; Tabla IV.1.1), con una superficie total de 7470 km<sup>2</sup> y algo más de 2 millones de habitantes.

Se trata de islas con grandes altitudes en relación a su tamaño, aun las más orientales, más erosionadas, a pesar de que se denominan islas bajas en el contexto local. Una buena parte del territorio presenta fuertes pendientes y contiene profundos barrancos. La población se asienta preferentemente cerca de la costa y en vegas interiores de medianías.

Cada isla tiene su propia administración, los Cabildos Insulares, que son entidades locales de notable autonomía y poder de gestión. Las dos islas con mayor población, actividad económica y desarrollo de agua subterránea son Gran Canaria y Tenerife, que son las que aquí se consideran.

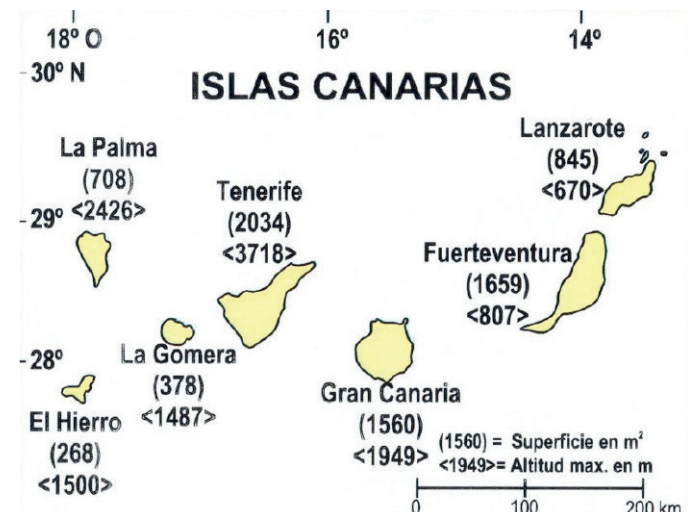
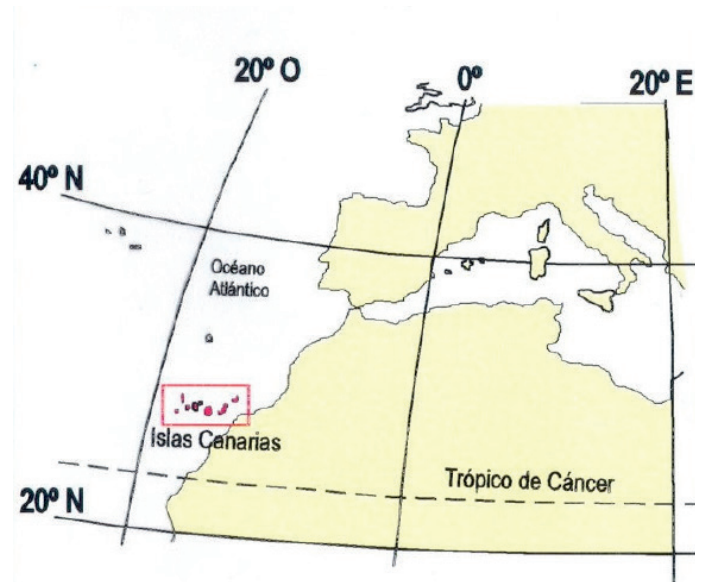


Fig. IV.1.1 Situación de Canarias y detalle de las islas, con su superficie [km<sup>2</sup>] y altitud máxima <m>.

**Tabla IV.1.1.** Datos básicos generales de las Islas Canarias. La población y PIB esta referidos a la década del 2000. LZ = Lanzarote; FV = Fuerteventura; GC = Gran Canaria; TF = Tenerife; GO = La Gomera; HI = El Hierro

Isla	LZ	FV	GC	TF	LP	GO	HI	Total
Superficie, km <sup>2</sup>	850	1650	1570	2050	710	370	270	7470
Altitud máxima, m	670	807	1954	3718	2426	1484	1501	
Población, 10 <sup>3</sup> hab.	142	103	848	905	87	23	11	2119

PIB total: 43.250 M€; 20.410 €/cápita

Los materiales volcánicos y los que se derivan de los mismos, que forman la totalidad de las islas, tienen características hidrogeológicas muy variables. Forman complejos sistemas notablemente heterogéneos, con estructuras asociadas a su génesis, evolución, edad de sus materiales y procesos endógenos de alteración de las rocas. A grandes rasgos, cada centro o alineación de volcanismo principal, uno o varios por isla, ha dado origen a un núcleo de baja permeabilidad, cubierto y rodeado de formaciones volcánicas más recientes, progresivamente menos alteradas y más permeables, aunque cada vez menos extensas, las que en el caso de Canarias suelen quedar por encima del nivel actual del mar.

El clima es benigno, como corresponde a una posición próxima al Trópico de Cáncer y está moderado por corrientes oceánicas frías atlánticas. El archipiélago está en un área de altas presiones, lo que ocasiona un ambiente general árido, extensión del sahariano. Sin embargo, los vientos alisios húmedos del NNE producen un notable incremento de lluvias en las laderas N y NE de las islas altas al ser interceptados por las elevaciones insulares, como sucede en Gran Canaria y Tenerife. Se pueden superar medias pluviométricas de 800 mm/a en altitudes entre 800 y 1800 m, con una disminución a mayor altitud a causa de los vientos contralisios secos. Ocasionalmente pueden producirse lluvias tormentosas intensas procedentes del SW, sobre todo en las partes áridas del S y SW insular, que pueden ir acompañadas de ocasionales fuertes avenidas de agua en los barrancos, las que pueden ser una fuente de recarga para las áreas más áridas del sur y Sudoeste si las condiciones hidrogeológicas son favorables. En las áreas costeras del Sur y Sudeste la precipitación media está entre 80 y 150 mm/a, distribuida irregularmente, lo que es característico en clima árido. Las variaciones pluviométricas interanuales son importantes.

Hidrogeológicamente se consideran acuíferos insulares únicos, aunque en detalle son complejos y separables en unidades con características propias, aunque estrechamente relacionadas. Cada isla tiene condiciones hidrogeológicas distintas y hay notables variaciones dentro de una misma isla, en función de su génesis, edad, estado de formación y erosión, rasgos que modulan la precipitación y la distribución espacial de la misma.

#### IV.1.2 Recursos de agua subterránea

La superficie del terreno insular es en general permeable, lo que facilita la infiltración de la precipitación y favorece que ésta se convierta en recarga. La relación entre los valores medios anuales de la recarga y la precipitación puede variar desde menos del 2% en las áreas áridas costeras, o sea menos de 2 mm/año, hasta más del 50% en las áreas más lluviosas, o sea hasta 300 mm/a. A pesar de la aridez de algunas áreas, la recarga media puede ser una fracción relativamente importante de la precipitación media local a causa de las favorables características de la parte superior del terreno (baja retención de agua) de muchos lugares. La proximidad a la costa suele llevar a que la recarga en las áreas áridas periféricas del sur pueda ser salobre.

La capacidad de transmisión y el almacenamiento temporal de la recarga en el medio subterráneo es variable, pero en general se hace con escasas manifestaciones permanentes del agua subterránea en superficie. En estado natural, el agua recargada fluía de cumbre a mar, con descarga difusa periférica a lo largo de la costa y también con algunas importantes descargas en nacientes (manantiales) en islas altas de núcleo, como es el caso de Gran Canaria, y en fondos de barranco. Esto era lo que sucedía en los siete "ríos" históricos de Gran Canaria, si bien ya no fluyen desde mediados del siglo XX debido al descenso del nivel freático por la intensa explotación del agua subterránea.

En Tenerife, sus diferentes circunstancias favorecen la descarga de agua subterránea lo largo de la costa, con escasas y pequeñas descargas en el interior de la isla. La escorrentía superficial directa es muy esporádica y en general se reduce a la que se produce en los eventos intensos de lluvia. La notable permeabilidad de las formaciones superiores hace difícil almacenar en superficie el agua de crecidas de los barrancos mediante presas de embalse. Gran Canaria es una de las excepciones, con condiciones geológicas que favorecen la escorrentía de tormentas y que han permitido construir numerosas presas de embalse. Algunos datos hidrológicos básicos de Gran Canaria y Tenerife se dan en la Tabla IV.1.2.



**Tabla IV.1.2.** Datos hidrológicos básicos de Gran Canaria y Tenerife [Custodio y Cabrera, 2013]. Los valores pueden variar sensiblemente de unos trabajos a otros.

Isla	GC	TF
P, Precipitación media, mm/a		
– insular	300	425 <sup>(1)</sup>
– máxima	950	1000
– mínima	100	200
R, Recarga media neta, mm/a (*)	57	117 <sup>(2)</sup>
ES, Escorrentía superficial, mm/a	48	10
R/P	0,19	0,25 <sup>(3)</sup>
ES/P	0,16	0,03

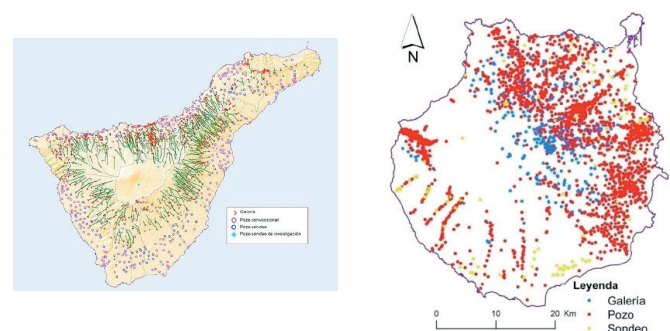
Otras cifras referidas al periodo 1980-2010 [Poncela, com. personal] indican (1) 464 si se suma la precipitación horizontal, (2) 180 y (3) entre 0,33 y 0,35

(\*) descontando la parte que se descarga de forma difusa al mar

La consideración de recursos de agua subterránea en territorios de gran relieve debe considerarse en función de la altitud y posición relativa al relieve, además de la existencia de acuíferos apropiados y de la profundidad del nivel freático. En muchas áreas los materiales potencialmente más permeables están en la zona no saturada y los saturados son frecuentemente poco permeables. Para captar agua de formaciones profundas de baja permeabilidad y muy heterogéneas se requiere construir obras apropiadas, muy penetrantes o con extensas obras secundarias de drenaje. El espesor de la zona no saturada puede ser grande, entre 50 y 300 m, excepto en algunos lugares costeros y fondos de barranco. En las áreas de interfluvio pueden originarse pequeños acuíferos colgados que dan o daban origen a manantiales (nacientes) de importancia variable; muchos de ellos han sido captados y drenados mediante galerías o pozos.

La explotación del agua subterránea mediante pozos y galerías es intensiva, como muestra la gran cantidad de galerías y pozos de la Figura IV.1.2. Esto ha producido importantes descensos freáticos, de hasta varios metros anuales en zonas medias (medianías) y altas (cumbres) y valores acumulados de hasta más de 300 m, con una progresiva disminución de los caudales captados y de los nacientes. Es un proceso hidrodinámico inevitable, aun cuando la recarga sea mayor que la explotación. La evolución transitoria tras una perturbación singular puede durar décadas. Realmente los acuíferos insulares están en una lenta evolución transitoria. En las áreas costeras existen menores problemas de descenso, pero la salinidad del agua subterránea puede ser naturalmente alta por efecto de aridez climática y empeorar por ascenso de aguas salinas profundas y localmente por intrusión marina actual. Una parte notable

del agua que se extrae son reservas dinámicas de agua subterránea. El descenso de niveles piezométricos suele ir acompañado de una reducción de permeabilidad y a veces de aguas cada vez de peor calidad. A causa del descenso progresivo de niveles, si no se extienden progresivamente las captaciones, el caudal final acaba siendo una fracción, a veces pequeña, del caudal inicial, con algunas excepciones. Estos descensos y agotamientos son históricamente muy acusados en Gran Canaria y Tenerife. La necesidad de extender progresivamente la penetración de las galerías y la profundidad de los pozos es una característica de la explotación de las aguas subterráneas en Gran Canaria y Tenerife, lo que caracteriza su modo de aprovechamiento y la economía, sociedad e instituciones asociadas al agua, que son importantes en las islas, como se desarrolla en los Capítulos V, VI y VII.



**Fig. IV.1.2.** Pozos y galerías en Tenerife y Gran Canaria.

### IV.1.3 Explotación de los recursos de agua subterránea

Para cubrir las necesidades hídricas de la población y sus actividades, desde el siglo XVI y en especial desde el siglo XIX, buena parte de los manantiales han sido captados, se han excavado largas galerías de drenaje, se han construido y perforado profundos pozos y más recientemente profundos sondeos mecánicos de explotación (Custodio, 2011b; Custodio y Cabrera, 2008; 2013).

En especial en Gran Canaria y La Gomera, donde se tienen condiciones favorables, se han construido presas efectivas de retención de escorrentía superficial ocasional, aunque con escasa capacidad debido a las fuertes pendientes, exceptuando el relativamente gran embalse de Soria (32 hm<sup>3</sup>), en Gran Canaria. Existe una muy extensa red de canales y tuberías para llevar el agua captada en presas, galerías y pozos y actualmente el agua nueva generada (agua de producción industrial) a los lugares de utilización.

Las primeras captaciones de agua fueron para abastecer a la agricultura y ganadería, que eran necesarias para la subsistencia de una creciente población autóctona y venida de la Península Ibérica y para avituallar los navíos en tránsito entre la Península y América, en especial en Gran Canaria. En principio bastaron los manantiales existentes y algunas obras de captación y almacenamiento de las esporádicas escorrentías en las áreas más áridas.

El primer cultivo intensivo regado para productos de exportación fue la caña de azúcar, ya desde el siglo XVI. A finales del siglo XIX se introdujo el cultivo del plátano, con gran éxito, pero con gran demanda de agua. En Gran Canaria se recurrió primero a la captación de manantiales (nacientes) y a presas de embalse en su área norte y después a la extracción de agua subterránea, cada vez más intensivamente, culminando en las décadas de 1960 y 1970, cuando además se había extendido la producción de productos hortícolas para exportación, principalmente tomate y pepino, además de flores. En Tenerife la obtención de agua subterránea fue preferentemente mediante galerías, primero para captar los relativamente escasos manantiales existentes mediante socavones y luego para drenar reservas mediante obras de mayor penetración (Braojos Ruiz, 1992) [AHL], en gran manera para el cultivo de la platanera.

Desde la década de 1960 se ha asentado una notable actividad turística, con mayor desarrollo en las áreas más áridas y soleadas de las islas orientales y centrales, lo que ha llevado a un importante cambio económico y social, en especial en lo que anteriormente fueron zonas deprimidas, lo que supone una importante demanda de agua. A estas demandas hay que unir la urbana de los grandes núcleos de población y en menor grado la de los servicios, industrias e infraestructuras de transporte (puertos y aeropuertos).

La explotación de aguas subterráneas en Canarias hay que encuadrarla dentro de la peculiaridad de sus captaciones. Los aspectos institucionales se abordan el Capítulo VI y los económicos, entre ellos los de mercados del agua, se desarrollan en el Capítulo V. Aquí se exponen los aspectos técnicos e hidrogeológicos. Las formas más comunes de captación de aguas subterráneas son:

a) Nacientes (manantiales). En general tienen asociadas obras para concentrar el caudal y para la conducción del agua al lugar de utilización. Los caudales de muchos nacientes ha ido mermando a lo largo del tiempo o se han secado, siendo substituidos por pozos y galerías.

b) Galerías. Son largas excavaciones horizontales, de hasta 6 km de longitud, que drenan los materiales volcánicos. La mayor parte de ellas están en régimen dinámico, o sea que deben ser prolongadas periódicamente para mantener sus caudales, mientras esto sea posible. En su interior unas veces tienen ramales y más raramente sondeos horizontales ("catas") para incrementar el drenaje de las formaciones volcánicas. La proporción de galerías es notablemente mayor en Tenerife. Unas galerías son la continuación de los esfuerzos de captación de nacientes pero otras han sido planeadas como obras de drenaje desde el inicio, en especial en Tenerife.

c) Pozos "canarios" tradicionales son excavaciones verticales, en general de 3 m de diámetro. Suelen tener varias decenas de m de profundidad y algunos superan los 300 m. Debido al descenso progresivo de los niveles freáticos, en amplias áreas de las islas deben ser reprofundizados periódicamente para tratar de mantener los caudales. Para aumentar el caudal captado se recurrió inicialmente a excavar galerías horizontales y más recientemente a perforar largos sondeos horizontales ("catas") desde el interior del pozo. Estas obras son necesarias para aumentar la probabilidad de intersectar rasgos permeables, a causa de la gran heterogeneidad local de las formaciones volcánicas. Con el paulatino descenso de niveles del agua, diversos pisos de obras horizontales de drenaje pueden haber quedado en seco o con sólo aguas colgadas. La proporción de pozos es mayor en Gran Canaria.

d) Sondeos. Son perforaciones mecánicas construidas a partir de la década de 1970. Pueden penetrar hasta algún centenar de metros bajo el nivel freático para así aumentar la probabilidad de intersectar rasgos permeables. Inicialmente se perforaban a percusión con cable y actualmente a rotopercusión con aire y martillo de fondo. Muchos pozos canarios se están reprofundizando actualmente mediante sondeos a partir del fondo de los mismos o bien se construye un sondeo de substitución al lado. Es frecuente llamar también pozos a los sondeos. En las áreas costeras de ambas islas dominan los pozos y sondeos, cuya penetración suele estar limitada por el riesgo de salinización.

Las aguas subterráneas han sido y continúan siendo el recurso natural y total de agua más importante, en especial si se tiene en cuenta que las aguas superficiales de escorrentía aprovechables son escasas.

Esta situación se empezó a modificar en la década de 1960, cuando se introdujo la desalinización de agua del mar en Lanzarote, con implantación ya importante en las islas orientales en la década de 1970 y posteriormente en Tenerife. Estas plantas están en la costa, principalmente para servicio de agua urbana a baja cota, menos de 200 o 300 m. Inicialmente fueron plantas de destilación multiefecto, pero las que están operativas actualmente son de ósmosis inversa.

Además, desde la década de 1980 se ha introducido a nivel privado la desalinización de aguas salobres subterráneas (desalobración), mediante instalaciones de ósmosis inversa y algunas de electrodiálisis. También se generan recursos de agua por regeneración de aguas residuales tratadas, en general de iniciativa pública, con lenta implantación, parte de las cuales tienen reducción de salinidad. Los datos relevantes de Gran Canaria y Tenerife se dan en la Tabla IV.1.3 y la evolución en la Tabla IV.1.4. La Tabla IV.1.5 muestra el número de obras en Gran Canaria y Tenerife.

<sup>(1)</sup> No se consideran aquí las plantas para corrección química, como la eliminación de flúor, las que tienen importancia en Tenerife

<sup>(2)</sup> Superan a la recarga pues hay uso de reservas de agua subterránea.

**Tabla IV.1.3.** Recursos medios de agua en Gran Canaria y Tenerife, en la década 2000–2010. La extracción de agua subterránea es decreciente y menor el consumo de reservas. Según PHGC (1998) y PHTF (2010 y 2013), [JJB], [LP]. Las cifras pueden variar algo de una fuente de información a otra. Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Isla	GC	TF
Precipitación	465	865
Escorrentía superficial	75 (16%)	15 (2%)
Recarga	90 (19%)	400 (46%)
Descarga al mar	40	280
Recarga - descarga al mar	50	120
Recursos captables o disponibles		
Superficiales	24	2
Subterráneos <sup>(2)</sup>	100	180
Nacientes	0,1	5
Desalinización	60	20
Desalobración	18	-- <sup>(1)</sup>
Reutilización	12	9
<b>TOTAL</b>	<b>214</b>	<b>216</b>

**Tabla IV.1.4.** Evolución temporal de los recursos medios captables de agua en el archipiélago de Canarias. Los valores pueden variar algo según las fuentes de información y de cómo se agrupan. Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Año	1973	1978	1956	1991	1993	2000	2009	
Aguas subterráneas	459							
Aguas superficiales	25	19	20	21	21	25	27	decrece
Desalobración	-	-	-	-	-	32	25	estable
Desalinización	7	16	21	34	37	92	107	
Reutilización	-	-	-	-	-	21	19	crece
<b>TOTALES</b>	<b>491</b>	<b>485</b>	<b>452</b>	<b>448</b>	<b>444</b>	<b>496</b>	<b>516</b>	<b>estable</b>

**Tabla IV.1.5.** Número de captaciones de aguas subterráneas. No se incluyen obras menores o nacientes de escaso caudal. Valores redondeados a partir de varias fuentes. Dependen en parte de la forma de agrupación de las tipologías.

Isla		GC <sup>(1)</sup>	TF <sup>(2)</sup>	Archipiélago <sup>(3)</sup>
Nacientes grandes que subsisten		-	-	
Galerías	total	410	1670 (1700 km)	1 en La Palma y 1 en La Gomera
	en explotación	-	1050	1500 (8,2 hm <sup>3</sup> /a)
Pozos y sondeos	total	2130	380 (150 km)	
	en explotación	1330	172	3800 (5,5 hm <sup>3</sup> /a; max. 130 L/s)

<sup>(1)</sup>PHGC (2008)

<sup>(2)</sup>PHTF (2013)

<sup>(3)</sup>Jiménez Suárez (2013)

#### IV.1.4. Uso de las aguas subterráneas

La utilización de los recursos de agua es, por orden de importancia del consumo, para agricultura, abastecimiento urbano, suministros turísticos y usos recreativos (Tabla IV.1.6). Entre los usos recreativos están los campos de golf, los que reglamentariamente deben utilizar aguas regeneradas, aunque no siempre es así en la realidad. El agua subterránea tiende a ser destinada a población y usos agrícolas y en Gran Canaria para las "medianías" (lugares entre 300 y 800 m de altitud), donde la población es significativa y con núcleos importantes y los cultivos mediterráneos son importantes.

El abastecimiento a la población ha pasado a depender cada vez más del agua marina desalinizada, en especial la situada próxima a la costa y la turística, donde están los principales núcleos de población.

Los cultivos regados utilizan cada vez más las aguas regeneradas, aunque aun tímidamente. Los cultivos costeros han sufrido una gran transformación en Gran Canaria en las últimas décadas, con aumento del cultivo de hortalizas para exportación, principalmente tomate y pepino, y reducción de la superficie de plataneras, que se han concentrado y van pasando a explotaciones bajo cubierta, aunque hay una cierta recuperación reciente. En Tenerife, La Palma y La Gomera se mantiene la tradicional vocación platanera.

**Tabla IV.1.6.** Usos actuales de los recursos de agua en el archipiélago de Canarias.

Uso	Agrícola	Urbano	Turismo	Recreo	Industria	Otros	Total
hm <sup>3</sup> /a	232	171	54	19	15	2	493
%	47	35	11	4	3	~0	100

#### IV.1.5 Conocimiento científico

Con anterioridad a 1970 ya se había desarrollado una buena parte de las infraestructuras de captación de agua subterránea y de agua superficial, en especial en Gran Canaria y Tenerife, con las especificidades necesarias para afrontar la escasez (Custodio y Cabrera, 2002; Cabrera et al., 1997). Los estudios generales previos eran casi inexistentes, tanto a nivel público como privado. Los estudios locales más importantes son los que se derivan de trabajos realizados por el Servicio Geológico de Obras Públicas del entonces Ministerio de Obras Públicas, para resolver problemas concretos, y algunos informes internos o de particulares, de escasa o nula accesibilidad. Se publicaron algunas síntesis importantes (Ascanio y León, 1926; Gavala y Goded, 1930; Macau, 1957).

Desde mediados del siglo XX, los explotadores de aguas subterráneas en Gran Canaria y Tenerife ya eran conscientes de que existían serios problemas de descenso de niveles, de interferencias entre captaciones y de cierto deterioro de la calidad del agua subterránea, con abundantes conflictos, pleitos y denuncias. La Administración pública del agua había establecido empíricamente reglas técnicas de actuación que en cierta manera consideraban al agua subterránea como un bien social dentro de un régimen legal de aguas privadas, como se comenta en el Capítulo VI. Pero se hacía sin una base técnico-científica sólida.

A finales de la década de 1960, el Gobierno español solicitó al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo el lanzamiento de un estudio conjunto de amplio alcance para cubrir esas deficiencias de conocimiento científico y técnico, que se concretó en el Estudio Científico de los Recursos de Agua en Canarias, con las siglas SPA-69-515, referido aquí y en muchas otras instancias como SPA-15 (SPA-15, 1975). Al mismo tiempo se realizaron inventarios de recursos de agua y captaciones financiados por el Gobierno español, principalmente en Tenerife y Gran Canaria. En trabajos posteriores, como el proyecto MAC-21 (década de 1980, no publicado) y otros inventarios para la Planificación Hidrológica, se han ampliado y actualizado esos inventarios, que son muy detallados y permiten realizar investigaciones nuevas e incluso avances en el conocimiento de la génesis y disposición de las formaciones volcánicas (Hernández-Quesada 2011<sup>a</sup>; Iribarren, 2014).

Para la inscripción en el catálogo de aguas que obligaba la Ley de aguas de Canarias de 1990 se pedía que se aportase un ensayo de bombeo en el caso de pozos o un aforo en el caso de galerías y análisis químicos de la calidad del agua, con la obligación de actualizar periódicamente los datos de explotación y químicos. También estos datos, a pesar de sus notorias deficiencias, han ayudado a progresar en las evaluaciones cuantitativas (Crespo, 2014; Cabrera, 1995; Cabrera y Custodio, 2005) y en la modelación matemática, en especial para la planificación hidrológica en Tenerife (PHTF, 2013). Lamentablemente no se ha seguido impul-

sando debidamente la generación de estos datos, en especial en Gran Canaria, con la excepción de Tenerife.

El SPA-15 sentó las bases del conocimiento hidrológico superficial y subterráneo de Canarias. Se llevaron a cabo estudios sobre los recursos subterráneos de las islas que permitieron la elaboración de un modelo conceptual general del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos insulares volcánicos (Custodio, 2011a), que sigue siendo válido. Según este modelo, cada isla contiene un acuífero único heterogéneo y anisótropo, pero con una estructura interna definida que permite identificar unidades distintas aunque relacionadas. La mayor parte de la recarga se produce en las zonas altas (de cumbres) y de medianías. El agua recargada fluye hacia la costa, pero dependiendo de la estructura, una parte puede descargar por manantiales (nacientes), en el fondo de los barrancos o escarpes de deslizamientos cuando el grado de disección erosiva es grande.

Una porción de la recarga puede salir en zonas altas como pequeñas o moderadas descargas variables de acuíferos colgados, con importancia diferente según las circunstancias locales. También se llevaron a cabo estudios hidrogeoquímicos en las islas, con apoyo isotópico ambiental, lo que ha permitido caracterizar el modelo conceptual de funcionamiento de las aguas subterráneas en todas las islas. Estos estudios fueron más extensos en Gran Canaria y Tenerife y permitieron deducir el esquema conceptual que se sigue aceptando en la actualidad (Custodio, 1989; 2004; 2007; Custodio y Cabrera, 2008). La simulación matemática, primero con un modelo eléctrico de capacidades y resistencias de Gran Canaria, realizado en 1973 por el Servicio Geológico de Obras Públicas, y luego mediante varios modelos numéricos, principalmente de Tenerife, validan el modelo conceptual y muestran que es posible representar y cuantificar los rasgos generales del flujo del agua subterránea y de su balance, a pesar de las heterogeneidades de pequeña y media escala, aunque los detalles requieren modelaciones específicas. Sin embargo, la complejidad real y la escasez de datos hidrogeológicos e hidrodinámicos no permiten una buena calibración y dejan importantes incertidumbres en las cuantificaciones.

A grandes rasgos se observa un aumento progresivo de la salinidad de las aguas subterráneas captadas o de los nacientes desde las zonas altas hacia la costa. Es debido a la cada vez menor precipitación y mayor evapotranspiración y deposición de sales atmosféricas con la mayor proximidad a la costa y la mayor superficie en el caso de disposiciones circulares. Es el efecto climático de aridez, al que se ha dedicado especial atención en Canarias (Custodio, 1990; 1993; Gasparini et al., 1990; Herrera y Custodio, 2003; 2014). En ciertas áreas, a este proceso se une el efecto de los aportes de gases endógenos, que es importante en captaciones profundas de Tenerife, o de retornos de riego en áreas bajas, donde no es raro que ya el agua aplicada sea de relativa alta salinidad.

La elaboración de los Planes Hidrológicos Insulares desde finales de la década de 1980 ha dado lugar al desarrollo de estudios y trabajos por parte de la administración del agua en cada isla. Recientemente, la aplicación de la Directiva Marco del Agua europea ha obligado a las administraciones del agua a llevar a cabo nuevos trabajos, pero se han hecho con pocos nuevos estudios científico-técnicos específicos y con escaso contenido técnico-científico, salvo en Tenerife, donde la situación es mejor.

A partir de 1989 se han producido algunas aportaciones científicas importantes por parte universitaria, como tesis doctorales y de maestría realizadas en los centros locales, peninsulares y algunos extranjeros, dentro de convenios de colaboración. Su relación comentada se puede encontrar en Cabrera y Custodio (2011).

Comprenden modelos numéricos y estudios hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales en relación con la hidrogeología y los recursos de agua subterránea y se abordan los aspectos de aridez, la compleja estructura de las formaciones volcánicas, los efectos del CO<sub>2</sub> geogénico en áreas con volcanismo reciente y la existencia de paleoaguas marinas en formaciones de muy baja permeabilidad.

#### IV.1.6. Calidad de las aguas subterráneas

La calidad de las aguas subterráneas en Canarias es muy diversa (Delgado et al., 2011). En las áreas lluviosas son de buena calidad, aunque pueden tener un cierto exceso de sodio por razones litológicas. En las áreas áridas, en especial las de baja cota, la recarga puede tener una alta mineralización por efecto climático (notable evapoconcentración) y ser incluso salobre. Estas aguas no son potables y sólo son utilizables para riego de cultivos resistentes en suelos permeables. Actualmente pueden ser objeto de desalobración por ósmosis inversa en pequeñas instalaciones locales.

En muchos lugares hay adición de CO<sub>2</sub> endógeno al agua subterránea, lo que origina aguas ácidas carbónicas, que en ciertos casos se utilizan como agua mineral de mesa, pero que no son aptas para usos ordinarios de bebida ni tampoco urbanos y para riego. Durante el tránsito y permanencia en el acuífero, dichas aguas pueden evolucionar hacia aguas fuertemente bicarbonatadas sódicas, que no son potables ni aptas para riego si no se las mezcla con otras aguas de buena calidad, lo que es una práctica habitual. La progresiva prolongación y consiguiente profundización de galerías en Tenerife o la profundización de pozos en una amplia zona de Gran Canaria hace que las aguas captadas sean cada vez más bicarbonatadas sódicas y salinas al aumentar el efecto del CO<sub>2</sub> endógeno. Este es un importante problema en algunas galerías de Tenerife.

Una característica frecuente en las aguas subterráneas insulares es la alta concentración de sílice disuelta, que es debida a la alteración de los materiales volcánicos, con

contenidos que pueden llegar a 80 mg/L de SiO<sub>2</sub>, lo que supone problemas de incrustaciones y para la operación de las plantas desalobradoras de aguas subterráneas.

En numerosos casos, conocidos desde hace varias décadas, se llegan a contenidos elevados de flúor (como ión fluoruro), que se origina por alteración de los materiales volcánicos, en especial los de las series volcánicas intermedias y ácidas. Estos altos contenidos se pueden encontrar ya en las aguas de recarga.

Este es un problema importante en Tenerife, donde se ha tenido que hacer restricciones de uso del agua municipal para niños e incluso para la población en general a causa del alto contenido en flúor, en especial en el área norte.

Se buscan soluciones por substitución de la fuente de agua y sobre todo por mezcla con otras aguas. Hay algunas plantas de desalobración (hay 5 operativas en el Norte y otras en proyecto) entre cuyos objetivos está reducir el contenido en flúor, con casi 10.000 m<sup>3</sup>/d de capacidad instalada. Existen y funcionan las plantas privadas de Altos de Icod y Cruz de Tarifas y la pública de Aripe; no están operativas las de Isla Baja, El Reventón y Tamaimo (RP, com. personal).

Otros problemas son debidos a la presencia de Fe y Mn, y más raramente de As, en aguas ácidas profundas. No hay problemas graves de exceso de boro. Los que ocasionalmente han existido, en especial en el Este de Gran Canaria, han estado asociados a la desalinización del agua del mar utilizando membranas poco selectivas para el boro, y a la utilización para riego de aguas regeneradas procedentes de esas plantas.

Existen problemas de contaminación marina en algunas áreas costeras. Sólo en unos pocos casos se deben a penetración lateral directa del agua del mar, como en el área de Telde (Gran Canaria) y quizás en Bajamar (Tenerife). Más comúnmente se producen por ascenso vertical de aguas profundas de origen marino a causa de las extracciones en áreas costeras en formaciones muy permeables que tienen gran espesor. Este es el caso del área costera del Norte de Tenerife y del Este, Sudeste y partes del Norte de Gran Canaria. En otros casos no se trata de salinización marina sino del efecto climático en áreas áridas, que es lo que sucede en el Macizo de Amurga (SE de Gran Canaria) y en general en Fuerteventura.

La contaminación agrícola, que se refleja en un alto contenido en nitratos, se concentra en las áreas agrícolas de las vegas de los valles interiores y de las áreas costeras, las más explotadas, donde localmente se puede superar ampliamente los 50 mg/L NO<sub>3</sub>, hasta algunos centenares de mg/L. Estas áreas pueden ser extensas y afectar a su uso para abastecimiento humano. En áreas relativamente áridas no afectadas por la actividad humana se pueden tener contenidos naturales que pueden superar 10 mg/L NO<sub>3</sub>.

Una importante fuente actual de contaminación salina es el vertido de los rechazos de las plantas de desalobración, los que no en pocas en ocasiones van a parar a la red de colectores de aguas residuales o se infiltran en el terreno, en especial en el caso de pequeñas plantas. Existen algunos salmueroductos, como en Fuerteventura, pero no es lo general. En Tenerife se exige que el rechazo se lleve a la franja costera y allí se inyecte en el terreno a como mucho 100 m del litoral, donde el agua es ya de alta salinidad; se hace principalmente para evitar problemas administrativos en relación con la servidumbres al uso del espacio litoral {CIATF}. Las grandes plantas de desalinización del agua del mar descargan la salmuera residual al mar mediante emisarios submarinos.

#### IV.1.7 Estimación de la recarga a los acuíferos

Los principales intentos iniciales de estimación de la recarga en Canarias se realizaron en el Proyecto SPA-15 (1975) y en trabajos relacionados (véase Custodio, 2011a), aplicando balances de agua en el suelo y algunas estimaciones hidráulicas en el norte de Lanzarote. La aplicación del balance en el suelo para la evaluación de la recarga tiene como principal problema, adicional a los de la variabilidad espacial del clima y del suelo, la dificultad en la calibración al no disponerse de series piezométricas adecuadas, niveles muy profundos y modificaciones de las evoluciones por extracciones. El trabajo realizado por el IGME en el entorno del año 2000 en el Este de Gran Canaria condujo a resultados muy inciertos. Trabajos muy recientes de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria dan resultados provisionales razonables.

En Tenerife, dentro de las actividades de planificación hidrológica (PHTF, 2010; 2014) se han aplicado métodos de balance en el suelo en una detallada cuadrícula, con consideración de la lluvia horizontal además de la controlada con pluviómetros, cuyos resultados se han utilizado en sucesivos modelos numéricos de simulación del flujo del agua subterránea. Sin embargo, los resultados no se pueden considerar validados al no poder ser calibrados y por lo tanto tienen una notable incertidumbre a causa de la de los parámetros hidráulicos del terreno y de que el consumo continuado de reservas de agua subterránea hace que la incertidumbre de la porosidad drenable en la franja en que se sitúa el nivel freático tenga un peso notable, además de la respuesta muy diferida a los eventos de recarga a causa de los grandes espesores de la zona vadosa (zona no saturada).

Para contrastar los valores obtenidos por estimaciones y por balance del agua en el suelo se han abordado estimaciones independientes de la recarga media multianual mediante el balance de la deposición atmosférica de cloruro. En el sudeste de Gran Canaria se ha combinado el balance de la aportación atmosférica de cloruros con el contenido en radiocarbono, utilizando un modelo conceptual basado en la isotopía del agua. A este trabajo le han seguido recientemente un conjunto de trabajos que dan

énfasis al balance de la deposición atmosférica de ion cloruro después de definir el modelo conceptual de funcionamiento del sistema acuífero mediante la combinación de datos hidrodinámicos, hidrogeoquímicos y de isotopía del agua, en buena parte en relación con el proyecto REDESAC (CGL2009-12910-C03-01), financiado por el MICINN entre 2009 y 2013, o actuaciones anteriores al mismo. Las principales aplicaciones en Gran Canaria corresponden al Norte y Noreste de la isla (Hernández-Quesada et al., 2011b; Cruz, 2011; Cabrera et al., 2013 a y b; Naranjo 2013; 2014), y adicionalmente en la cuenca de La Aldea, en el Oeste (Cruz-Fuentes et al., 2014a y b) y en Tenerife en el área de Las Cañadas del Teide (Marrero Díaz, 2010). Estos trabajos están en proceso de mejora para incorporar el efecto de la escorrentía superficial y aplicar el efecto de flujo en ladera (Custodio, 2009), que reduce la estimación de la recarga real en zonas altas y la reduce en zonas bajas.

Para el cálculo de reservas extraíbles de agua subterránea, la porosidad drenable media tiene una notable incertidumbre. Esta porosidad se estima en 0.005 a 0.01 en basaltos antiguos y de 0.01 a 0,02 en basaltos modernos (Jiménez Suárez, 2013; Cruz-Fuentes, 2014a), aunque otros estudios dan valores algo mayores. Parece que la porosidad drenable se mantiene al aumentar la profundidad, por lo menos hasta algunos centenares de metros, pero faltan estudios de detalle. La baja permeabilidad de buena parte de los materiales saturados, con valores macroscópicos desde menos de 0.05 m/d a 0,5 m/d para los basaltos antiguos y desde menos de 1 m/d a 8 m/d para los basaltos modernos y menores para las fonolitas, hace que las depresiones piezométricas creadas por las extracciones sean locales y que se extiendan lentamente, asociadas a efectos de drenaje diferido.

#### IV.1.8 Comentario general

Si bien hay aspectos comunes a todas las Islas Canarias, también hay muchas diferencias entre ellas, tanto del momento como en la evolución de la disponibilidad y uso de los recursos de agua, los que en parte ya han sido puestos de relieve en los apartados precedentes. Estas razones no permiten generalizaciones, que pueden dar lugar a enfoques, que a veces son manifiestos en lo que hace referencia a las dos islas aquí consideradas: Gran Canaria y Tenerife. De ahí que, a pesar de una legislación común y sistemas administrativos paralelos, en lo que sigue y en los Capítulos V y VI haya que hacer diferenciaciones, no sólo hidrológicas sino en los aspectos económicos y sociales. En Gran Canaria ha dominado la escasez de agua y un modo de aprovechamiento de los recursos que es diferente del de Tenerife, que tiene más en común con la isla de La Palma que con el resto del archipiélago. Sin embargo, la situación a lo largo del siglo XX es diferente de la que se tiene durante el presente siglo XXI a causa del papel de la desalinización y de forma menos acusada de la regeneración de aguas usadas y de los aspectos de calidad, los que en especial en Tenerife han adquirido una destacada relevancia.

## IV.2 Consideraciones sobre Gran Canaria

Buena parte de las características generales se comentan en el Apartado IV.1 de este Capítulo. El balance hídrico de Gran Canaria se resume en la Tabla IV.2.1. Se dispone de un volumen de 77 hm<sup>3</sup> de embalses superficiales (con casi 32 hm<sup>3</sup> de capacidad en la presa de Soria), con un aprovechamiento del 12%, y de 75 hm<sup>3</sup> como balsas, con un aprovechamiento del 15% (PHGC, 1998).

Tabla IV.2.1. Balance hídrico de Gran Canaria, según la Memoria del PHGC (1998).

	Precipitación media	Evapotranspiración media	Precipitación neta media	Reparto de la prec. neta, %	
				Escorr. Sup.	Recarga
mm/a	300	195	105	49	56
hm <sup>3</sup> /a	466	304	162	75	87
%	100	304	35	46	54

La mayoría de las captaciones existentes están inventariadas por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (CIAGC), aunque hay algunas dificultades para relacionar un número de expediente con una captación real. De los 5542 expedientes existentes en 1997 (PHGC, 1998), 4599 corresponden a autorizaciones de pozos, 610 a galerías, 39 a sondeos y 294 no están diferenciados. Las obras ejecutadas son 2358, de las que 1876 son pozos, 431 galerías, 35 sondeos y 16 no diferenciadas. Estaban en uso 1337 captaciones. La actualización del inventario indica la existencia de 3639 captaciones, de las que 805 están en uso. La Figura IV.2.1 muestra la ubicación de las captaciones. La distribución por municipios se muestra en la Figura IV.2.2. En 1991-1993 se extraían casi 100 hm<sup>3</sup>/a, de los que la mitad se consideraban recursos renovables y la otra mitad no renovables. Este reparto ha ido cambiando a lo largo del tiempo, creciendo la proporción de recursos renovables. La extracción actual de aguas subterráneas es del orden de 50 hm<sup>3</sup>/a, con una cantidad mucho menor procedente de la captación de manantiales (nacientes).

El PHGC (1998) evaluaba las reservas de agua subterránea en 2125 hm<sup>3</sup> (sin especificar las condiciones de cálculo), de los que se habían consumido más del 50%.

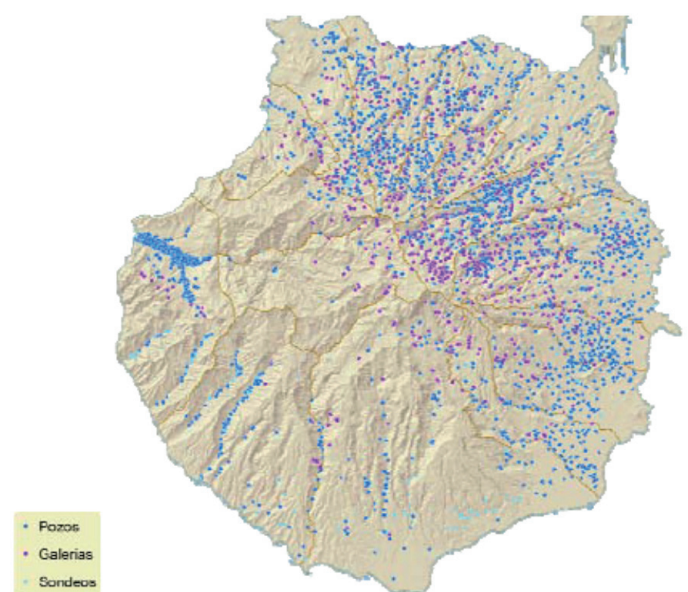


Fig. IV.2.1. Ubicación de los pozos y captaciones de agua subterránea censados (con expediente administrativo) en Gran Canaria (PHGC, 2008).



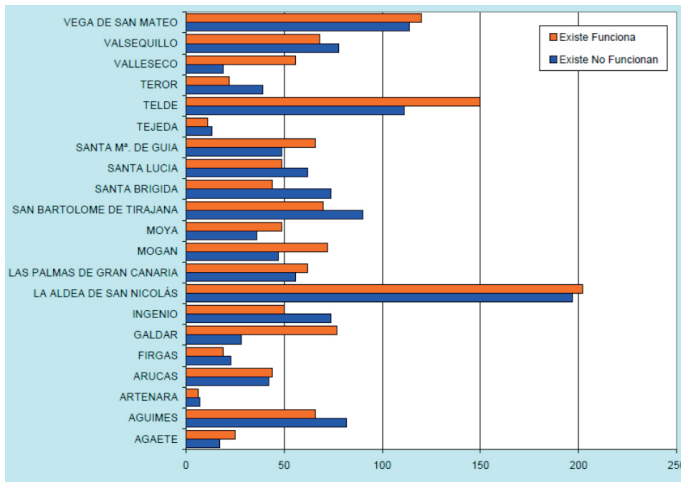


Fig. IV.2.2. Captaciones de agua subterránea en funcionamiento y paradas en Gran Canaria, por municipio (PHGC, 2008).

La piezometría típica de Gran Canaria es la que muestra la Figura IV.2.3. La Figura IV.2.4 muestra los descensos de niveles freáticos en el periodo 1971–1989. Los descensos acumulados desde el inicio de las extracciones son mayores y más extensos ya que la explotación intensiva se había iniciado dos décadas antes y en la zona de cumbres y medianías ya existían galerías desde hacía casi cien años.



Fig. IV.2.4. Evaluación de los descensos de los niveles freáticos acumulados en Gran Canaria en el periodo 1971–1989 (PHGC; 2008).

El resultado de la extracción intensiva de agua subterránea ha sido la del agotamiento y secado de numerosos manantiales (nacientes), en especial en la zona norte y este. Si bien los descensos freáticos con respecto a la elevación de la boca del pozo no son en general espectaculares, sí que son suficientemente grandes como para reducir notablemente el espesor saturado de las formaciones superiores, que son las más transmisivas hidráulicamente, y afectar a nacientes y a otras captaciones, muchas de las cuales han sufrido varias reprofundizaciones para tratar de mantener los caudales, con éxito limitado.

La Figura IV.2.5 muestra los cambios freáticos en las cuencas de los Barrancos de Azuaje y Moya y la Figura IV.2.6 el agotamiento de dos nacientes, uno importante y otro mediano. En el Barranco de Guayadeque, en el Este, donde a mediados del siglo XX se conocían unos 60 nacientes, actualmente sólo subsisten dos y una galería, lo que ha obligado a que la pequeña población local que dependía de parcelas regadas y ganadería haya tenido que emigrar o haya buscado una salida en la oferta hostelera. Para defender los derechos de la población que permanece en el lugar se han formado dos asociaciones de vecinos.

Aunque hay escritos dispersos que hacen referencia al agotamiento de nacientes y captaciones de agua subterránea en Gran Canaria, son de difícil localización y descriptivos. No se dispone de documentos de detalle sobre el impacto ecológico a hidrológico de la explotación intensiva de las aguas subterráneas.

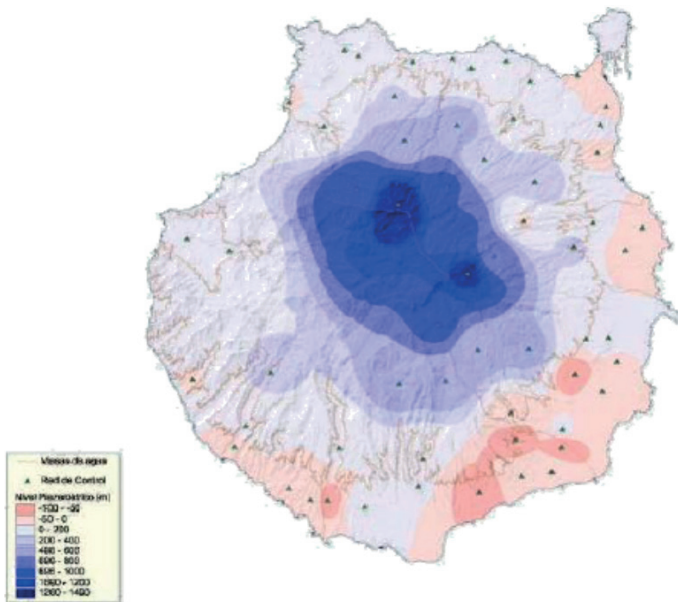


Fig. IV.2.3. Piezometría de Gran Canaria en 2007 (PHGC, 2008).

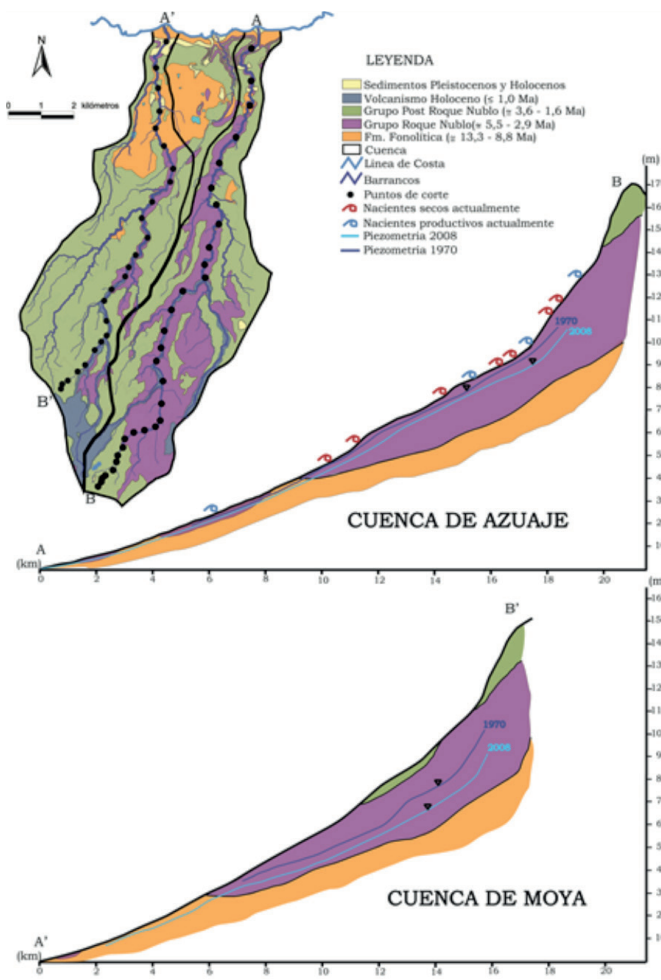


Figura IV.2.5. Evolución del nivel freático en el periodo entre 1970 a 2008 a lo largo de los fondos de los barrancos principales de las cuencas de Moya y Azuaje. Se muestran los nacientes que existían en la década de 1950, que en la actualidad están secos; muchos de los que subsisten están mermados o son ocasionales (Hernández Quesada et al., 2011a).

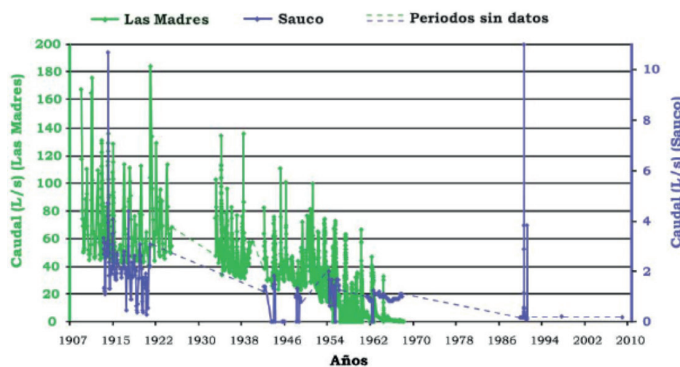


Figura IV.2.6. Evolución de los caudales de los nacientes de Las Madres del Agua (cota 528 m) y Saúco (cota 920 m), situados en el Barranco de Azuaje y pertenecientes a la Heredad de Aguas de Arucas y Fingas. El nacimiento de Las Madres se agotó en la década de 1960 y el de Saúco ha dejado de ser permanente para manar sólo tras épocas especialmente lluviosas (Hernández Quesada et al., 2011a; Cabrera et al. 2014).

Es muy difícil evaluar los impactos ambientales de la extracción de agua subterránea ya que los lugares más afectados están principalmente localizados en áreas del interior y los efectos se produjeron hace muchas décadas, por lo que no hay memoria histórica en la población, tanto por el tiempo transcurrido como por no ser conscientes de ellos a causa de la escasa accesibilidad de muchos lugares y porque lo que fueron aguas permanentes en general se infiltraban antes de alcanzar la costa, de modo que no eran aparentes para la población asentada allí. Los restos de los abundantes molinos de agua para producir harina son hoy testimonios mudos y casi destruidos de la existencia de esos caudales.

Los mayores descensos controlados regularmente corresponden a un sondeo profundo de la cumbre (Figura IV.2.7), en el interior de la Caldera de Tejeda. Corresponden a un área principal de recarga de una parte del acuífero insular. El ascenso de 1979 se relaciona con una precipitación excepcional y quizás el de 1985, pero la frecuencia de medidas no permite apreciar bien la relación entre precipitaciones intensas y ascenso rápido de niveles. Esta relación puede ser aparente ya que las extracciones en el área de influencia pueden disminuir o cesar en un periodo lluvioso. No se han encontrado estudios de detalle al respecto.



Figura IV.2.7. Evolución de la profundidad del nivel del agua en el sondeo piezométrico de Cuevas Blancas, en la Cumbre de Gran Canaria, en el área de Tenteniguada, a una altitud aproximada de 1565 m (Jiménez Suárez, 2013).

El contenido en cloruros del agua subterránea se refleja en la Figura IV.2.8. Muestra la influencia climática de salinidad de la recarga en las zonas más áridas y algunos de los problemas de salinización costera. De esa figura se puede deducir como fluye el agua subterránea de cumbre a costa.

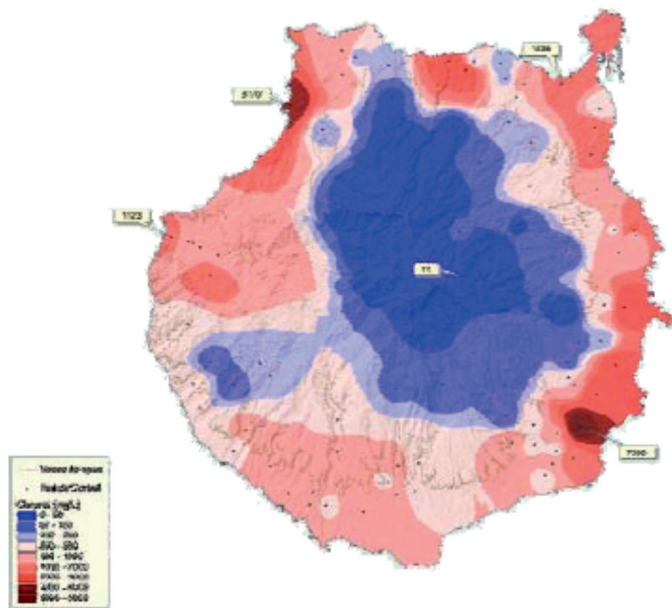


Figura IV.2.8. Contenido en cloruros en las aguas subterráneas de Gran Canaria (PHGC, 2008).

La capacidad de desalinización de agua marina ha pasado de 18.000 m<sup>3</sup>/d en 1970, con 3 plantas de destilación multiefecto, hoy fuera de servicio, a 140.000 m<sup>3</sup>/d, predominantemente mediante plantas de ósmosis inversa. En 1998 la capacidad era de 138.000 m<sup>3</sup>/d para producir 34 hm<sup>3</sup>/a (68% de utilización), de los que el 56% se destinaba a usos urbanos, turísticos e industriales. Actualmente son todas ellas plantas de ósmosis inversa.

Para reducir la salinidad de aguas salobres subterráneas (desalabración) existen numerosas plantas de ósmosis inversa y unas pocas plantas de electrodiálisis reversible, todas ellas en el área costera o a moderada distancia de la costa. La capacidad instalada es de 18.000 m<sup>3</sup>/día en el Norte (principalmente en el municipio de Gáldar) y 19.000 m<sup>3</sup>/d en el Este (municipio de Telde) y Sudeste, más una planta singular de 20.000 m<sup>3</sup>/d de electrodiálisis reversible en el SE, construida en la década de 1980 y hoy desmantelada. La capacidad total actual se evalúa en 80.000 m<sup>3</sup>/d {FRV}, con un retorno de salmueras entre 500 y 1000 m<sup>3</sup>/d, no todas ellas bajo control para evitar que se produzca una mayor salinización de los acuíferos y consecuentemente de las aguas usadas.

Del agua captada en el Sur por ELMASA, principalmente para abastecimiento de los grandes núcleos turísticos (El Inglés y Maspalomas), 8 hm<sup>3</sup>/a tienen exceso de salinidad y se requiere dilución o tratamiento previo al uso {FRV}.

El aprovechamiento de aguas residuales tratadas se inició en la década de 1970, asociado a la planta depuradora de aguas residuales (EDAR) de Barranco Seco, en Las Palmas de Gran Canaria. Los resultados fueron pobres a causa del exceso de salinidad e irregularidad del tratamiento

de un efluente muy cambiante, procedente de una red de alcantarillado con vertidos ocasionales salinos o muy inconvenientes. Desde entonces, las mejoras a nivel insular han sido notables, aunque aún quedan EDAR por instalar y operar correctamente. La capacidad de tratamiento insular actual es de 33 hm<sup>3</sup>/a de los que se reutilizan 9 hm<sup>3</sup>/a (Delgado Díaz et al., 2006). Parte de esa agua regenerada es sometida a un proceso de disminución de la salinidad por ósmosis inversa o electrodiálisis ya que el agua original ya suele tener una salinidad relativamente elevada. El agua regenerada se distribuye mediante una red costera hemi-periférica oriental que va desde el Noroeste hasta el Sur, además de algunas redes parciales interiores. Dado el alto coste de la elevación, ese agua regenerada no llega a las medianías, donde sólo se reutiliza el agua tratada local, concretamente en Valsequillo y Teror. Los usos principales son agrícolas en el Norte y para parques, jardines y campos de golf en Sudeste y Sur.

La Figura IV.2.9 muestra la evolución temporal del uso de agua agrícola en Gran Canaria por cultivos, entre 1975 y 2005. Hay una reducción progresiva, aunque fluctuante, que va acompañada de cambios en los cultivos. El peso del cultivo de la platanera cede ante los productos hortícolas y además hay una reducción de la superficie cultivada (Figura IV.2.10 y Tabla III.2.2), aunque con fluctuaciones de un año a otro y una tendencia reciente a la recuperación.

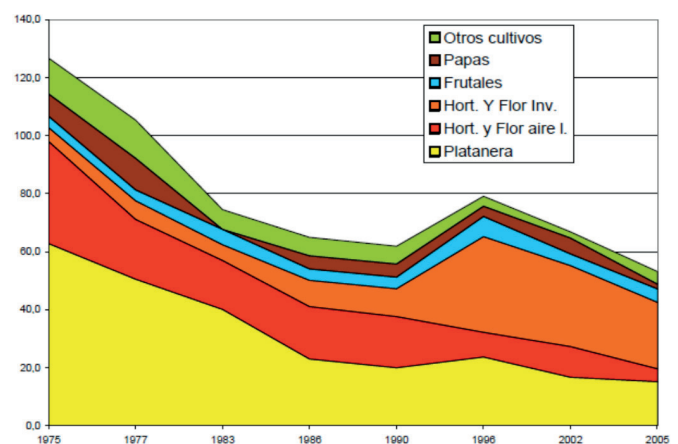


Figura IV.2.9. Evolución temporal de los usos del agua en agricultura en Gran Canaria, según cultivos (PHGC, 2008). Valores en hm<sup>3</sup>/a.

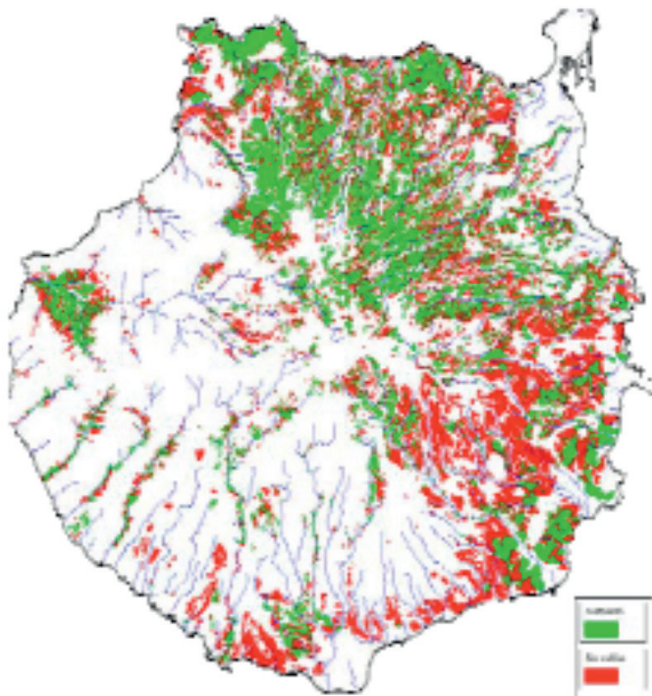


Figura IV.2.10. Superficie cultivada en 2005 (en verde) y superficie anteriormente cultivada y actualmente abandonada (en rojo), según el inventario de cultivos de la Consejería de Agricultura de Canarias (ETIGC, 2009).

Tabla IV.2.2. Evolución de la superficie en riego en miles de ha y del uso de agua para regadío [en hm<sup>3</sup>/a] en Gran Canaria (modificado de PHGC, 1998). Cifras redondeadas.

Año	1975	1983	1990	1996
Platanera,	4,1 [63]	2,3 [40]	2,0 [20]	1,8 [24]
Horticultura	3,5 [40]	3,2 [22]	3,1 [27]	1,7 [42]
Papas	2,6 [8]	2,1 [5]	2,1 [5]	1,7 [4]
Frutales	0,6 [4]	1,2 [5]	1,3 [4]	1,4 [7]
Otros	2,0 [12]	2,0 [7]	2,2 [6]	1,3 [3]
<b>TOTAL</b>	<b>12,8 [127]</b>	<b>10,8 [79]</b>	<b>10,7 [62]</b>	<b>8,9 [80]</b>

### IV.3 Consideraciones sobre Tenerife

Las características principales están en el Apartado IV.1 de este Capítulo. Se trata de una isla con formaciones volcánicas más recientes que Gran Canaria y mucho menos erosionada, salvo en los macizos antiguos de Anaga y Teno, que representan una pequeña parte de la isla en sus extremos. Por esta razón, la escorrentía superficial es menor y no hay ni ha habido manantiales (nacientes) importantes ni cursos de agua permanentes significativos. Las descargas directas de agua subterránea al mar son importantes y difíciles o imposibles de cuantificar.

La modelación matemática realizada permite una estimación, pero es incierta al no poderse calibrar al no disponerse de datos validados de la recarga, además de que los parámetros hidráulicos son muy inciertos.

La precipitación media varía desde menos de 200 mm/a en áreas costeras del sur hasta superar 1000 mm/a en altitudes entre medias y altas de la vertiente norte, aunque disminuye por encima de 2000 m, cuando se supera el umbral superior de la humedad de los vientos alisios del NNE. La pluviometría media insular está en el entorno de 380 mm/a.

En las áreas de mayor humedad, donde hay bosque de coníferas, las frecuentes nieblas pueden ser condensantes y aumentar la precipitación recibida por el terreno y vegetación. Esta precipitación no se registra en los pluviómetros. La importancia de esta lluvia oculta (precipitación horizontal) ha sido objeto de controversias aún no bien resueltas, con claras exageraciones populares sobre su relevancia a nivel insular. Los estudios realizados y reflejados en el PHTF (2010) indican un aporte medio que puede llegar a alrededor de 40 mm/a, en general a lo largo de todo el año, pero la mayor parte del agua aportada se evapotranspira, aunque facilita que la precipitación de lluvia produzca mayor recarga al encontrar un suelo más húmedo. Esta lluvia horizontal se ha tenido en cuenta en los balances locales y zonales. Se produce principalmente en las cumbres de la Cordillera Dorsal, del Macizo de Anaga y en áreas del NW.

Todos los barrancos van a parar al mar, excepto los del interior de la Caldera de las Cañadas, que es un área endorreica, aunque no necesariamente hidrogeológicamente cerrada.

La escorrentía superficial es escasa pues la capacidad de infiltración del suelo es elevada. La escorrentía superficial únicamente es significativa en Anaga-con el Barranco del Río como lugar significado-y a media altura de la ladera sur. En el macizo de Anaga existen más de 100 tomaderos (pequeños diques artificiales en los barrancos para derivar caudales de escorrentía de tormenta), que pueden llegar a captar puntualmente hasta 100 L/s, pero en muchos casos el agua que toman es mayormente de nacientes permanentes o temporales, y por lo tanto de origen subterráneo.

En general no ha habido cursos de agua con tramos permanentes, excepto en el SE, en el Barranco del Agua, Arico, y en el Barranco del Infierno, Adeje, mantenido por nacientes que han visto mermados notablemente sus aportaciones naturales, en parte por galerías próximas y en parte por un posible descenso pluviométrico no bien conocido ni explicado. Estos barrancos y sus nacientes tienen un notable valor ecológico y albergan flora endémica. Los pocos embalses superficiales totalizan una capacidad de 2 hm<sup>3</sup>, a los que hay que sumar 1,2 hm<sup>3</sup> en balsas impermeabilizadas. La escorrentía superficial se evalúa en el entorno de 4 mm/año (7 hm<sup>3</sup>/a), de los que se aprovechan unos 0,4 mm/a (0,8 hm<sup>3</sup>/a).

Los canales para el transporte de agua son muy diversos, con capacidad entre escasos L/s hasta 30 L/s, aparte de las conducciones principales periféricas a cota baja, que son importantes arterias de distribución de agua a las áreas de consumo.

La ubicación de las obras de captación de agua subterránea se muestra en la Figura IV.3.1. En la Figura IV.3.2 se muestra la evolución de la longitud acumulada y de la producción de agua subterránea en Tenerife para las galerías convencionales y para los pozos canarios y los sondeos. El número de obras de captación de aguas subterráneas se indica en la Tabla IV.3.1, que muestra que muchas de ellas están secas a consecuencia del continuado descenso de los niveles del agua subterránea; normalmente no se han prolongado, o por no ser físicamente posible o por no tener autorización o por no ser económicamente viable. La Figura IV.3.3 muestra la evolución de los caudales obtenidos de las obras horizontales (mayormente galerías) y verticales, tanto pozos canarios (convencionales) como sondeos perforados. En cifras redondas, dos tercios del agua subterránea se capta mediante galerías.

La elaboración de datos históricos de las galerías (Braojos Ruiz, 1992) muestra que la mayor intensidad de perforación fue de 35 km/a, entre 1950 y 1965, con un máximo de producción de 7 m<sup>3</sup>/s en 1965 y un paulatino descenso posterior. En 1985 se había perforado un total 1500 km, con 3200 m de longitud media por galería y captación acumulada de 8,7 km<sup>3</sup>. Desde la década de 1980 la actividad de perforación ha decrecido notablemente {ER} {SR}, de modo que actualmente se reduce a las obras que se realizan en unas pocas galerías y pozos, con fuertes restricciones técnicas y de permisos. Cada vez hay menos equipos operativos. Para perforar sondeos profundos, actualmente hay que recurrir a maquinaria traída desde la Península, principalmente de Valencia y Murcia {SR}.

La Comunidad de Aguas Unión Norte, una de las importantes y que agrupa a numerosos propietarios de galerías y pozos, tiene una capacidad de captación propia de agua subterránea de 280 L/s {SR}, con bajo contenido en flúor, y transporta otros casi 100 L/s captados en el norte de la isla que pueden tener un alto contenido en flúor. Considerando los pozos del NE, la capacidad de captación se eleva en unos 600 L/s {SAVASA}. La demanda del conjunto Norte-Bajamar-Santa Cruz de Tenerife ha decrecido notablemente desde 2007, excepto en puntas estivales {SAVASA}. Cuando es posible económica y administrativamente, en el Norte se tiende a trabajar actualmente en galerías de baja altitud, en el entorno de 150 a 300 m, a veces con un pozo en el interior; esto afecta a las galerías más altas del entorno, de modo que se requiere acuerdos previos para la distribución del agua dentro y fuera de la comunidad de aguas para evitar pleitos entre propietarios y costosas y enconadas paralizaciones administrativas y judiciales. El agua de estas galerías de baja altitud debe ser bombeada hasta los canales principales de distribución, que están a mayor altitud {JSM}.

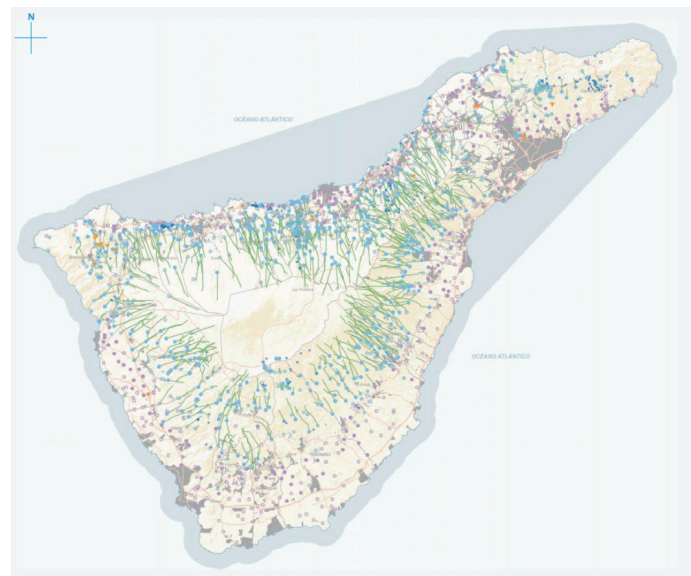


Figura IV.3.1. Ubicación de pozos y galerías en Tenerife (ETITF, 2008).

Tabla IV.3.1. Inventario de captaciones en Tenerife. Modificado de PHTF (2010 y 2013), ETITF (2008), [JJB].

Tipo de obra	Número de obras			Longitud km	Captación hm <sup>3</sup> /a
	Con agua	Secas	Total		
Nacientes y galerías-nacientes	93	273	366	76	10
Horizontal					
Galerías	346	145	491	1580	112
Galerías-pozo	7	3	10	6	2
Socavones	0	188	188	44	0
TOTAL	353	336	689	1630	114
Vertical					
Pozo canario	118	166	284	68	38
Sondeo	48	56	104	36	22
TOTAL	166	222	388	104	60
Captación de agua superficial					2
TOTAL	612	831	1443	1810	186 <sup>(1)</sup>

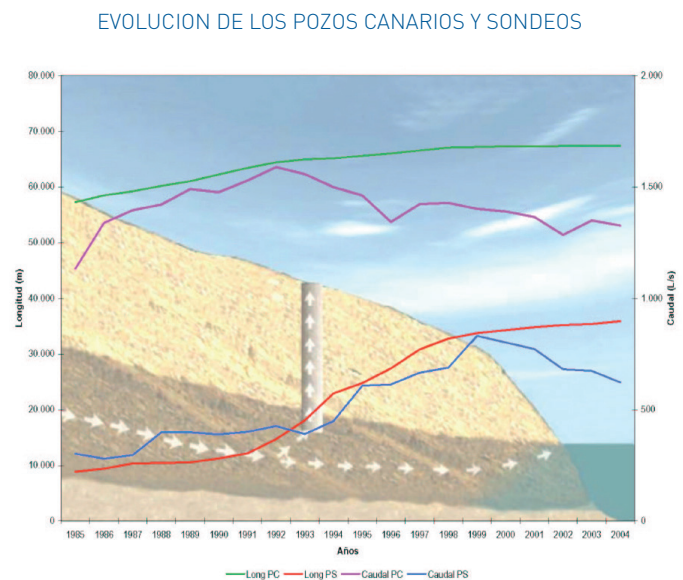
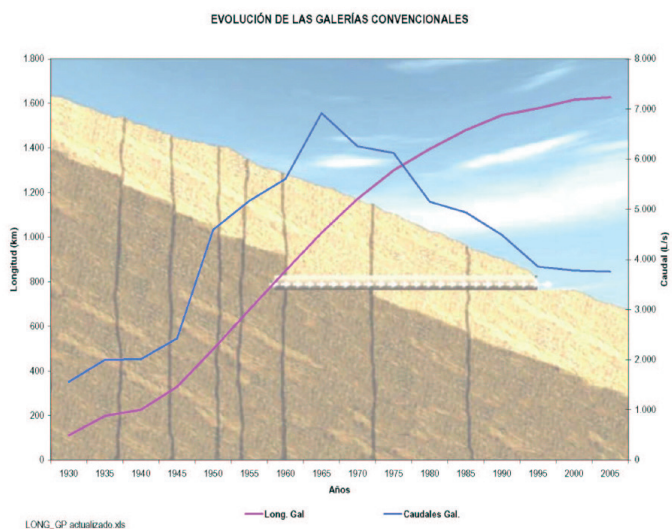


Figura IV.3.2. Evolución de la longitud acumulada y de la producción de agua subterránea en Tenerife. A) galerías convencionales (figura izquierda): en violeta longitud acumulada en km; en azul caudal en L/s. B) pozos (figura derecha), separando los canarios (PC) de los sondeos (PS); longitud acumulada en m en verde (PC) y rojo (PS) y caudal en L/s en morado (PC) y azul (PS) [RP].

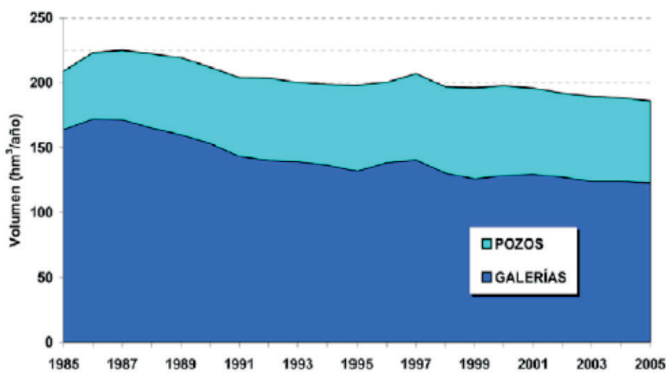


Figura IV.3.3. Evolución de extracción de aguas subterráneas de los pozos y galerías en Tenerife en el periodo 1985–2005 (ETITF, 2008).

La continuada explotación de agua subterránea ha acumulado descensos freáticos importantes en muchos lugares de Tenerife, de hasta más de 300 m (Figura IV.3.4). El balance hídrico a lo largo del tiempo tiene una notable componente de descarga al mar, como muestra la Figura IV.3.5, lo que hace que una parte importante de las extracciones procedan de la reducción de reservas de agua subterránea, en un dilatado proceso transitorio de muchas décadas de duración. Esto supone un continuado descenso de la producción de las galerías a menos que se trabaje en ellas para extenderlas.

En la zona Norte, muchas galerías altas, por encima de 800 m {ER}, ya han quedado en la zona no saturada o no son prolongables por cuestiones geotécnicas, principalmente la presencia del “mortalón”, que es una brecha profunda de deslizamiento muy difícil de penetrar al ser muy plástica y sometida a gran presión, por lo que fluye cuando se crea un estado tensional diferencial, además del riesgo de que el agua producida sea del mapa calidad química por efecto de CO<sub>2</sub> geogénico. Así, sólo las galerías de baja cota relativa, a 200 m o por debajo {ER}, son las que pueden mantener la producción mediante su prolongación, a sabiendas del efecto negativo sobre otras galerías próximas, en especial las a cota más elevada. Las altas inversiones iniciales necesarias no permiten actualmente abrir nuevas galerías.

La disminución de los caudales de parte de las galerías en el Norte puede ser del orden del 35% y puede llegar a superar el 50% en ambas vertientes de la Dorsal. El caudal de los pozos se ha visto menos afectado por el descenso niveles, con una disminución de caudal del orden del 5% en parte de ellos o con problemas de salinidad crecientes. Para evitar problemas de salinidad se intenta ubicar los nuevos pozos en lugares alejados de la costa, a más de 400 m de altitud y con profundidad que no alcance el nivel del mar, lo que también condiciona el caudal captable cuando no están en basaltos recientes.

El Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF) mantiene una red de control de niveles y de calidad (Farrujia et al., 2004: 2008), que se muestra en los documentos de la planificación hidrológica (PHTF, 2010).

Descensos de la superficie freática

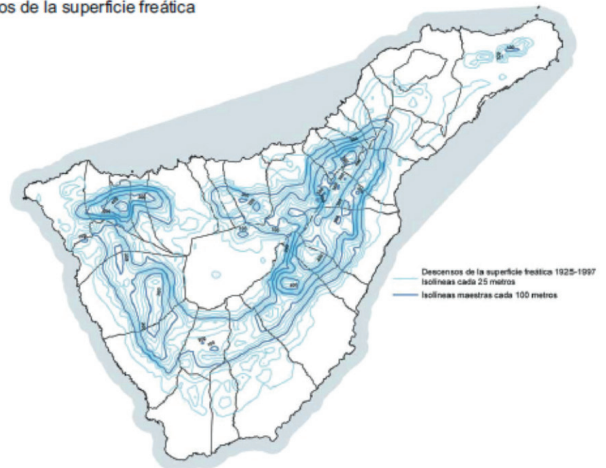


Figura IV.3.4. Descensos estimados de la superficie freática entre 1925 y 1997 en Tenerife (ETITF, 2008). Intervalos de 25 m entre líneas, con líneas maestras cada 100 m.

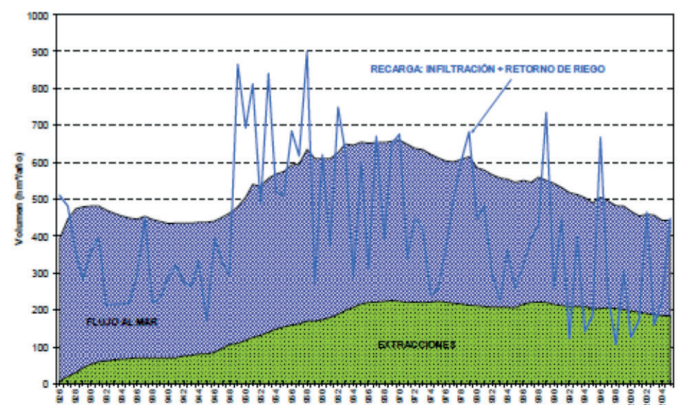


Figura IV.3.5. Balances hídricos subterráneos simulados en el periodo 1926–2006 (PHTF, 2010).

Estos descensos freáticos tan acusados han ocasionado el secado de nacientes que alimentaban tramos de agua en los barrancos, aunque eran de importancia moderada. Subsisten nacientes que tienen carácter colgado, en general de poca importancia.

La Figura IV.3.6 muestra las áreas en que existe vegetación vinculada al agua, principalmente a nacientes y fondos de barranco en Anaga, Teno y Adeje. De las 200 asociaciones de vegetación canaria, 8 dependen del agua subterránea asociada a la descarga de nacientes, paredes rezumantes y niveles freáticos someros (PHTF, 2010).

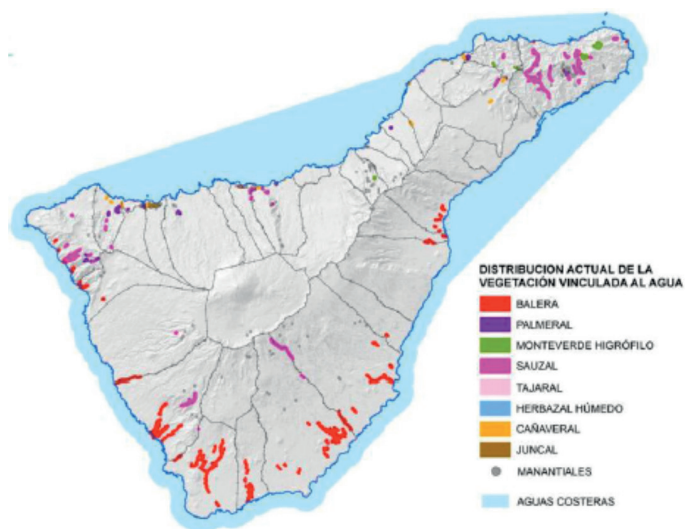


Figura IV.3.6. Situación de las áreas de vegetación vinculada al agua en Tenerife (PHTF, 2010).

El balance hídrico referido a las aguas subterráneas se muestra en las Tablas IV.3.2, IV.3.3 y IV.3.4 y se representa en la Figura IV.3.5. Los diferentes valores de la recarga según los diferentes informes son debidos a revisiones de los cálculos y no a claros efectos climáticos, aunque estos pueden existir.

Dada la importancia de las salidas (descargas) al mar, que no son medibles, la incertidumbre de las cifras es potencialmente grande, a pesar de que se ha tratado de afinarlas mediante modelización matemática. El modelo de flujo de aguas subterráneas disponible en 2011, con cuatro capas, es una progresiva mejora del que se construyó inicialmente en la década de 1980. Para el periodo 1925–1997, el modelo reproduce descensos freáticos medios entre 14 y 112 m (con valores máximos entre 55 a 555 m); para el periodo 1985–1997 estos descensos están entre 1 y 11 m (con valores máximos entre 5 a 162 m) [LP]. Las tasas medias de descenso en esos dos periodos son respectivamente de 0,2 a 2,6 m/a y de 0,1 a 0,9 m/a.

Tabla IV.3.2. Balances hídricos naturales medios (ETITF, 2008; [LP]). Valores en hm<sup>3</sup>/a.

	Periodo	
	1980–2009	1944–2006
Precipitación	755	865
Lluvia horizontal	85	85
Evapotranspiración real	529	555
Escurrimiento superficial	12	10
Recarga natural <sup>(1)</sup>	295	385

<sup>(1)</sup> Varía según las fuentes, entre 280 y 350 hm<sup>3</sup>/a.

Tabla IV.3.3. Balances de agua subterránea en Tenerife correspondientes al periodo 1925–2005 (según el PHTF, 2013). El descenso de la reserva es de 124 hm<sup>3</sup>/a (31% de las entradas).

Entradas	hm <sup>3</sup> /a	%	Salidas	hm <sup>3</sup> /a	%
Recarga	339	84	Extracciones	156	39
Retorno de riegos	62	16	Al mar	370	92
TOTAL	402	100	TOTAL	526	131



Tabla IV.3.4. Evolución de los componentes del balance de agua subterránea de Tenerife (ETITF, 2008). Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Década	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2005
Entradas	338	321	235	279
Retornos de riego	93	55	38	27
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>	<b>376</b>	<b>273</b>	<b>306</b>
Salidas				
Extracciones	218	213	205	188
Al mar	399	342	294	266
<b>TOTAL</b>	<b>617</b>	<b>555</b>	<b>498</b>	<b>456</b>
Disminución de reservas	186	179	225	148

La evolución del uso del agua se muestra en la Tabla IV.3.5 y se representa en la Figura IV.3.7.

El uso de agua en la agricultura es decreciente, desde 110 hm<sup>3</sup>/a en 1991 a 90 hm<sup>3</sup>/a en 2005, y el de abastecimiento crece desde 80 hm<sup>3</sup>/a a 115 hm<sup>3</sup>/a en el mismo periodo. El agua subterránea es el 85% del total de agua disponible.

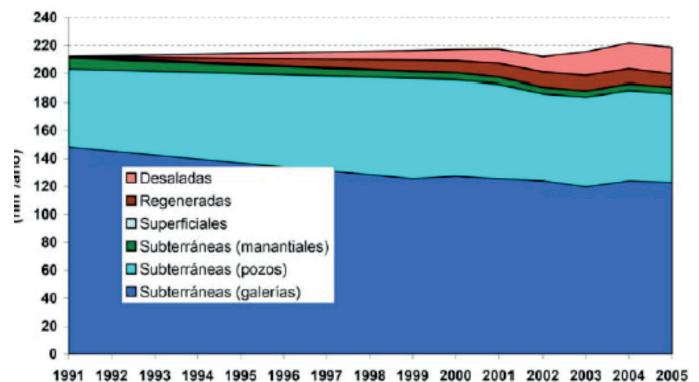


Figura IV.3.7. Distintos recursos de agua disponibles entre 1991 y 2005 en Tenerife (PHTF, 2010).

Tabla IV.3.5. Evolución de los usos del agua en Tenerife (ETIF, 2008, [LP], [JJB]). Valores en hm<sup>3</sup>/a.

Año	1974	1991	2000	2003	2005	2010
Origen						
Superficial			0	0	1	
Subterráneo			200	188	192	
Reutilización			9	10	8	
Desalinización			8	17	19	
Uso						
Urbano	41	63	70	78	83	75
Turístico		14	23	26	26	18
Industria + Servicios	6	6	9	9	11	6
Agricultura	161	109	98	85	91	75
Otros <sup>(1)</sup>			17	17	9	
<b>TOTAL</b>	<b>(108)</b>	<b>192</b>	<b>217</b>	<b>215</b>	<b>220</b>	<b>174</b>

<sup>(1)</sup>No contabilizados y errores de balance

La desalinización del agua del mar ha llegado tardíamente a Tenerife a causa de la mayor disponibilidad tradicional de agua. La introducción fue para atender principalmente a demandas urbanas y turísticas en las áreas más secas de Sur de la isla y complementariamente a cultivos de alto valor. La producción de 6,7 hm<sup>3</sup>/a en 1999 ha ido creciendo hasta 8 hm<sup>3</sup>/a en 2000 y a 19 hm<sup>3</sup>/a en 2005, principalmente para abastecimiento al Área Metropolitana de Santa Cruz-La Laguna (35%) y a los municipios del Sur (55%).

**Tabla IV.3.6.** Aguas residuales y su aprovechamiento en Tenerife (según el PHTF, 2013).

Origen del agua	hm <sup>3</sup> /a en 2005			
	Generada	Recogida	Depurada	Reutilizada
Urbano y turístico	60,2	35,8	23,1	7,4
Industrial	2,7	2,2	1,1	0,0
Otros usos (Aeropuerto Sur)	0,5	0,4	0,2	0,1

Para la distribución de las aguas subterráneas captadas y de las desalinizadas y regeneradas existe una red moderna a baja y cota, casi periférica, operada por el Cabildo Insular de Tenerife a través del Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Además existen numerosas conducciones en canales y tuberías de carácter local.

La calidad de las aguas subterráneas es en general buena, pero existen determinados problemas importantes de aguas de galerías altamente bicarbonatadas sódicas, en aumento, y problemas de notables exceso de flúor (hasta 10 mg/L) y a veces de boro. En las zonas bajas se pueden tener contenidos altos de NO<sub>3</sub> y también salinidad alta en áreas costeras, bien sea de contaminación salina, de retornos de riego o de efecto climático, esto último en el Sur.

El exceso de flúor en aguas de abastecimiento es una seria preocupación, de modo que se recurre a mezclas de aguas y en algunos casos a plantas de eliminación de flúor o se abandona la fuente de agua. La extensión de las obras de captación parece ligada al empeoramiento de la calidad del agua subterránea obtenida según el PHTF (2013), aunque los expertos locales afirman que con actividades adecuadas es posible continuar con las extensiones sin que haya deterioro de la calidad, o si hay un empeoramiento, mezclándola con otras aguas existentes con bajo contenido en flúor {SR}.

En 1999 entraron en operación las primeras plantas para reducir la salinidad de aguas subterráneas salobres (desalobración). La capacidad ha crecido desde 2 hm<sup>3</sup>/a en 1999 hasta 5,5 hm<sup>3</sup>/a en 2005, para producir 4,8 hm<sup>3</sup>/a, principalmente en el área costera del S y en el NW.

La reutilización de aguas residuales se realiza casi exclusivamente en el Sur y en el entorno de Santa Cruz de Tenerife, en crecimiento (Tabla IV.3.6), aunque no es todo lo que pudiera ser. El agua regenerada tiene una conductividad eléctrica media entre 1500 y 3000 µS/cm y picos ocasionales de hasta 5000 µS/cm, debido a la salinidad de la propia agua de abastecimiento y a la incorporación de vertidos salinos a la red de saneamiento.

El Plan Hidrológico de Tenerife (PHTF, 2010; 2014) contiene consideraciones importantes. A continuación se seleccionan y condensan las más interesantes para el presente informe:

- + Tras un periodo de elevadas extracciones de agua subterránea se evoluciona hacia una situación más equilibrada.
- + Desde 1965-1975, el periodo de mayor productividad económica del regadío, ha habido una disminución paulatina del aprovechamiento de agua subterránea, debido en parte a la dificultad de prolongar galerías y al agotamiento en algunas zonas, que no se ha podido compensar con la mayor explotación de pozos costeros.
- + Hay un empeoramiento general de la calidad media de los recursos de agua subterránea disponibles, debido a procesos naturales en relación con la actividad volcánica reciente y/o remanente, a intrusión marina en las zonas costeras favorecida por las extracciones locales y a contaminación agropecuaria, urbana e industrial. El uso de aguas subterráneas para riego con elevado contenido en sodio afecta negativamente a la estructura del suelo y a los cultivos, ya que reduce la tasa de infiltración del suelo y favorece encharcamientos, aumento de la escorrentía y erosión en las parcelas de cultivo. Pueden alcanzarse niveles de toxicidad iónica específica perjudiciales para determinados cultivos sensibles a elevadas concentraciones de cloruros, principalmente con aguas subterráneas procedentes de la vertiente Sur. El uso reiterado de aguas con elevada salinidad disminuye el rendimiento de los cultivos, con pérdidas de producción y de superficie agrícola útil.

- + Las aguas subterráneas constituyen el único recurso para el abastecimiento de las poblaciones de cumbre y medianías. En la franja costera estas aguas aún suponen el principal recurso, si bien se están incorporando otros procedentes de la utilización de aguas regeneradas para riego y usos recreativos y de desalinización de agua de mar.
- + Desde el año 2000 se mantiene más o menos constante la demanda de agua a nivel insular.
- + La superficie de campos de golf se ha multiplicado por 2,3 en los últimos 20 años; en la zona Sur-Suroeste los campos de golf suponen el 80% de la demanda hídrica actual.
- + En 15 años se ha más que triplicado la dependencia energética del abastecimiento de agua debido a la incorporación de recursos procedentes de la desalación de agua de mar y en menor medida de la desalobración de aguas subterráneas y regeneradas.
- + Sólo el 0,4% de las aguas suministradas son aguas regeneradas debido al escaso interés y poca inversión pública para su aprovechamiento para riego de zonas verdes. La deficiente calidad de las aguas regeneradas para el riego y su alto coste limita su desarrollo.

#### **IV.4 Evaluación de la minería del agua subterránea en Gran Canaria y Tenerife.**

La evaluación de las reservas de agua subterránea existentes en una isla volcánica es una tarea compleja, sin respuesta única. Depende del descenso admisible de los niveles del agua subterránea, de la variación vertical y lateral de la porosidad drenable, de la naturaleza de las rocas acuíferas profundas y del posible empeoramiento de la calidad del agua en profundidad y en el entorno de la costa.

Las reservas por encima de cierta altitud, por ejemplo del nivel del mar, aparte de su difícil evaluación, pueden tener poco sentido práctico en islas altas porque una parte de ellas están a una profundidad inaccesible, tanto físicamente como por el coste de elevación, como posiblemente por deterioro de la calidad. Las cifras que a veces se ofrecen son frecuentemente no fiables si no se dice cómo se han obtenido y la verosimilitud de los valores de los parámetros utilizados.

Con referencia a Gran Canaria y Tenerife, dos islas altas y relativamente bien recargadas, el nivel freático puede ascender hasta por encima de 1000 m. Se pueden hacer conjeturas razonables sobre los materiales existentes en profundidad. Aunque los materiales volcánicos son progresivamente más compactos y alterados en profundidad, evolucionan lentamente cuando se trata de la misma formación, pero puede haber cambios notables al pasar de unas formaciones a otras.

Tal sucede cuando se pasa de las formaciones recientes a las antiguas y de las básicas a las menos básicas o cuando existen cuerpos intrusivos importantes, hay enjambres

de diques y se han producido alteraciones hidrotermales extensas, entre otras posibilidades. No siempre hay una disminución de propiedades hidráulicas favorables al almacenamiento en profundidad, sino que puede haber inversiones, como la posible presencia de basaltos de escudo bajo formaciones más recientes de naturaleza fonolítica.

Otra característica importante son las salidas difusas de agua subterránea a lo largo de la costa, que pueden ser importantes aunque irregularmente repartidas. Estas descargas no se pueden captar en una proporción importante. En estado natural, en promedio toda la recarga menos la que descarga en el interior de la isla en nacientes y áreas de evapotranspiración freática es descarga al mar.

La explotación del agua subterránea mediante galerías y pozos, que en general se han construido en áreas elevadas para poder luego distribuir el agua por gravedad, produce un descenso freático que apenas modifica los gradientes piezométricos en la costa, de modo que la descarga al mar se reduce en una magnitud mucho menor que el aumento de extracción.

Así, el agua extraída procede en gran proporción de la disminución de reservas, menos el posible incremento de recarga por retornos de riegos e infiltración de fugas de agua, en especial en las áreas de baja cota, en tanto que los descensos se mantengan moderados con respecto a la altitud del nivel freático sobre el nivel del mar. Eso no quiere decir que los descensos no sean importantes en valor absoluto y que puedan llegar a comprometer la posibilidad de mantener la captación de agua.

Tanto en Gran Canaria como en Tenerife, aunque la recarga supera a la extracción de agua subterránea, hay consumo de reservas. Se trata de sistemas en los que el tiempo que transcurre desde que se produce una perturbación hasta que se ha producido la mitad del cambio piezométrico es del orden de 5000 a 20.000 años a nivel insular.

Por lo tanto, lo que se actualmente se observa es el inicio de un régimen transitorio de larga duración, de modo que aun manteniendo el valor de la recarga y extracciones existentes en un cierto momento, los descensos continuarían. Eso no excluye que se puedan producir reacciones más rápidas de carácter local en formaciones hidráulicamente más transmisivas y con respecto a manantiales y las propias obras de captación, para las que los tiempos de semi-respuesta pueden ser del orden de 10 a 100 años, dependiendo de las circunstancias locales, y siempre superpuestos a la lenta evolución insular.

Entre Gran Canaria y Tenerife hay una importante diferencia en cuanto a las descargas al mar, las que se valoran respectivamente en 40 hm<sup>3</sup>/año y 300 hm<sup>3</sup>/año, aunque con gran incertidumbre. Dependen de la diferente estructura de los materiales más que del tamaño y forma de las islas.

Una estimación muy grosera del volumen de agua subterránea extraíble sobre el nivel del mar, basada en el volumen del cuerpo de agua subterránea y una porosidad drenable entre 0,005 a 0,01 para los basaltos antiguos de escudo y entre 0,01 a 0,02 para los basaltos post-escudo y mucho menor para el núcleo volcánico, apunta a unos 2 a 5 km<sup>3</sup> para Gran Canaria y quizás hasta 10 a 20 km<sup>3</sup> para Tenerife, pero la parte técnicamente, por calidad y económicamente explotable es bastante menor. La porosidad drenable tiene un valor muy incierto y varía según la formación y la profundidad.

Según el PHGC (2008), de unas reservas iniciales (sin indicar como se han calculado) de 2,1 km<sup>3</sup> en Gran Canaria, se han consumido algo más de la mitad de los explotables, con descensos frecuentemente superiores a 50 m, hasta 200 m, principalmente en Santa Lucía, Tirajana, Cumbre de Tejada y Altos de Guía-Gáldar, y algo menos en Valsequillo-Guayadeque.

En Tenerife, el PHTF (2013) y Braojos Ruiz (1992) indican una tasa actual de consumo de reservas entre 125 y 150 hm<sup>3</sup>/a, con un total acumulado de 8,7 km<sup>3</sup>, que se aproxima al volumen total antes indicado. Eso apunta a un consumo del orden del 50% de las reservas, aunque se trata de cifras muy inciertas que posiblemente haya que corregir muy a la baja ya que se incluye una parte que es de renovación anual por recarga.

El consumo total de reservas se puede estimar groseramente en 2 km<sup>3</sup> a partir de los descensos freáticos que se estima que se han producido y de una porosidad drenable entre el 1% y el 2% ya que el descenso afecta preferentemente a materiales volcánicos recientes y sub-recientes. El consumo de reservas varía mucho según la parte de la isla. Es grande, quizás de hasta el 50% en una sección a través de la Cordillera Dorsal, que es estrecha y donde se concentra una gran proporción de galerías a diferentes alturas, con abatimientos freáticos de varios centenares de m bajo la divisoria. Sin embargo es mucho menor en otros perfiles [CSL], con la incógnita de si la parte aún no penetrada es captable, de buena calidad y con una alta porosidad drenable. Esto puede variar de un lugar a otro. Es posiblemente aceptable en los macizos antiguos, como Anaga, pero de menor productividad y es dudoso a posiblemente no aprovechable en parte del Edificio Cañadas, el mayor volumen de la isla según los estudios de Marrero Diaz (2010).

Si se clausurasen todas las extracciones se produciría una progresiva recuperación. En realidad ya parece observarse a nivel local en las cuencas de los barrancos de Azuaje y Moya, en el Norte de Gran Canaria, tras la disminución de los bombeos, pero con una evolución de décadas de duración superpuesta a la aún más lenta respuesta insular. Sin embargo, la recuperación no es posible, ni a largo plazo, allí donde la forma dominante de captación es mediante largas galerías, puesto que se ha alterado profundamen-

te y de forma permanente el comportamiento hidráulico de las formaciones volcánicas afectadas. De este modo se ha producido una verdadera minería del agua, principalmente en Tenerife, que afecta a más de 300 m de espesor de lo que inicialmente fue terreno saturado de agua. En teoría es posible restaurar en parte las características hidráulicas si se obstruyen las galerías. Esto se puede hacer mediante la instalación de cierres-barrera (diques artificiales) apoyados en roca de muy baja permeabilidad, principalmente diques naturales, pero además de muy costoso dado el gran número de galerías afectadas, muchas de ellas abandonadas al haberse quedado sin producción, es técnicamente muy difícil ya que hay pocas situaciones favorables para anclar cierres. No obstante, aun asumiendo ciertas descargas de agua inevitables, que se pueden canalizar y aprovechar, se tendría una regulación importante al permitir atenuar las extracciones en las épocas de menor demanda de agua.

## IV.5 Agradecimientos

Han sido muy importantes las aportaciones que se derivan de los cuestionarios y resúmenes de entrevistas que se relacionan al inicio del Apartado IV.6 de Referencias, y han sido de notable interés las observaciones al borrador de este capítulo contribuidas por Roberto Poncela (profesional libre, Tenerife) y Sergio Rodríguez Rodríguez (Comunidad de Aguas Unión Canal Norte, Tenerife).

## IV.6 Referencias

Los datos e informaciones que proceden de los cuestionarios del Proyecto MASE y documentación aportada, del Anexo I, y de los resúmenes de las entrevistas del Anejo II, se refieren con las siglas del autor entre corchetes rectos [ ] para los primeros y entre corchetes curvos { } para los segundos, con la clave a continuación:

[AHL] Adolfo Hoyos-Limón  
{CIATF} Consejo Insular de Aguas de Tenerife  
{CSL} Carlos Soler Liceras, Gobierno de Canarias, Tenerife (comunicación personal)  
{ER} Eulogio Rodríguez, Bolsa de Aguas de TF  
{FRV} Felipe Roque Villareal, ELMASA  
[JJB] Juan José Braojos  
{JSM} Juan Santamarta, ULL  
[LP] Luis Olavo Puga  
[RP] Roberto Poncela  
{SAVASA} Carlos Acevedo, SAVASA  
{SR} Sergio Rodríguez y Luis Olavo Puga

Ascanio y León, R. (1926). *Gran Canaria y sus aguas subterráneas*. Ed. Sucesores de M. Curbelo. La Laguna de Tenerife: 1-131.

- Braojos Ruiz, J.J. (1992). **Análisis estadístico de la evolución histórica de los alumbramientos de agua mediante galerías en la isla de Tenerife**. Plan Hidrológico Insular, Cabildo Insular de Tenerife, Área de Infraestructura, Santa Cruz de Tenerife: 1–23.
- Cabrera, M.C. (1995). **Caracterización y funcionamiento hidrogeológico del acuífero costero de Telde (Gran Canaria)**. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- Cabrera, M.C., Custodio, E., Roque, F. (eds.) (1997). **Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica en las Islas Canarias**. Asociación Internacional de Hidrogeólogos–Grupo Español: 1–266.
- Cabrera, M.C., Custodio, E. (2005). **Evolution of groundwater intensive development in the coastal aquifer of Telde (Gran Canaria, Canary Archipelago, Spain)**. In: A. Sahuquillo, J. Capilla, L. Martínez–Cortina, X. Sánchez–Vila (eds.), *Groundwater Intensive Use*. International Association of Hydrogeologists, Selected Papers 7, Balkema, Leiden: 295–306.
- Cabrera, M.C.; Custodio, E. (2011). **La investigación hidrogeológica en Canarias desde el proyecto Canarias SPA–15**. En: M.C. Cabrera, J. Jiménez y E. Custodio (eds.). *El conocimiento de los Recursos Hídricos en Canarias: Cuatro Décadas después del Proyecto SPA–15*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos–Grupo Español. Las Palmas de Gran Canaria: 109–116.
- Cabrera, M.C.; Naranjo, G.; Cruz–Fuentes, T.; Hernández–Quesada, P.; Benavides, A.; Estévez, E.; Martín, L.F., Custodio, E. (2013). **Aplicación del balance de cloruros para la estimación de la recarga natural al acuífero del norte de Gran Canaria**. X Simposio de Hidrogeología. Granada. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Asociación Española de Hidrogeólogos. Madrid, XXX: 499–508.
- Cabrera, M.C.; Naranjo, G.; Hernández–Quesada, P.; Benavides, A.; Estévez, E.; Cruz–Fuentes, T.; Martín, L.F.; Custodio, E. (2013). **Estimación de la recarga natural a los acuíferos del Norte de Gran Canaria a partir del balance de cloruros**. En González, N., Kruse, E.E., Trovatto, M.M., Laurencena, P. (eds), *Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. Editorial de la Universidad de La Plata (Edulp). La Plata: 15–22.
- Cabrera M.C., Pérez Torrado, F., Rodríguez González, A., Hernández Quesada, P., Alonso Zarza, A.M., Rodríguez Berriguete, A., Soler Onís, E. (2014). **Los depósitos carbonáticos del Barranco de Azuaje: un acuífero petrificado**. Geología 14, Gran Canaria. Sociedad Geológica de España–Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 1–20.
- Crespo, N. (2014). **Estudio hidrogeológico y modelización del acuífero de Los Rodeos, Tenerife**. Tesis de Máster Profesional de Hidrología Subterránea, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Barcelona.
- Cruz, T.; Benavides, A.; Naranjo, G.; Cabrera, M.C.; Hernández, P.; Estévez, E.; Martín, L.F.; Custodio, E. (2011). **Estimación de la recarga natural media en la zona nores-te de Gran Canaria (Islas Canarias) mediante el balance de cloruros atmosféricos**. En: L.J. Lambán, T. Carceller, M. Valverde y C. Fernández–Jáuregui (eds.), *Las Aguas Subterráneas: Desafíos de la Gestión para el Siglo XXI*. Congreso Ibérico de Aguas Subterráneas. Zaragoza. Asociación Internacional de Hidrogeólogos–Grupo Español. Tema 3.
- Cruz–Fuentes, T.; Heredia, J.; Cabrera, M.C.; Custodio, E. (2014a). **Behaviour of a small sedimentary volcanic aquifer receiving irrigation return flows: La Aldea, Gran Canaria, Canary Islands (Spain)**. *Hydrogeology Journal*. DOI 10.1007/s10040–013–1094–9.
- Cruz–Fuentes, T., Cabrera, M.C., Custodio, E., Heredia, J. (2014b). **Groundwater salinity and hydrochemical processes in the volcanosedimentary aquifer of La Aldea, Gran Canaria, Canary, Canary Islands, Spain**. *Science of the Total Environment*. 484:154–166.
- Custodio, E. (1989). **Groundwater characteristics and problems in volcanic rock terrains**. En: *Isotope Techniques in the Study of the Hydrology of Fractured and Fissured Rocks*. STI/PUB/790. International Atomic Energy Agency. Vienna: 87–137.
- Custodio, E. (1990). **Saline groundwater in the Canary Islands (Spain) resulting from aridity**. En: *Greenhouse Effect, Sea Level and Drought*. NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences 325. Kluwer, Dordrecht: 593–618.
- Custodio, E. (1993). **Coastal aquifer salinization as a consequence of aridity: the case of Amurga phonolitic massif, Gran Canaria Island**. En: *Study and Modelling of Salt Water Intrusion*. CIMNE–UPC. Barcelona: 81–98.
- Custodio, E. (2004). **Hydrogeology of volcanic rocks**. En: V.S. Kovalevsky; G.P. Kruseman; K.R. Rushton (eds.), *Groundwater Studies: An International Guide for Hydrogeological Investigations*. UNESCO Series on Groundwater, 3: 395–425.
- Custodio, E. (2007). **Groundwater in volcanic hard rocks**. En: J. Krásný and J.M. Sharp Jr. (eds.), *Groundwater in Fractured Rocks*. Selected Papers 9. International Association of Hydrogeologists. Taylor & Francis, London: 95–108.

- Custodio, E. (2009). *Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance*. Contributions to Science 5(2): 81–97.  
<http://revistes.iec.cat/index.php/CtS/issue/view/3516/showToc81-97>.
- Custodio, E. (2011a). *Evolución del conocimiento hidrogeológico e hidrológico en Canarias*. En: M.C. Cabrera, J. Jiménez y E. Custodio (eds.), El conocimiento de los Recursos Hídricos en Canarias: Cuatro Décadas después del Proyecto SPA-15. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. Las Palmas de Gran Canaria: 5–12.
- Custodio, E. (2011b). *Las aguas subterráneas en el archipiélago de Canarias: explotación intensiva en ambiente semiárido*. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Hidrogeología Regional y Exploración Hidrogeológica. Salta, Argentina: 43–56.
- Custodio, E., Cabrera, M.C. (2002). *¿Cómo convivir con la escasez de agua?. El caso de Canarias*. Boletín Geológico y Minero, Madrid, 113 (3): 243–258.
- Custodio, E., Cabrera, M.C. (2008). *Síntesis de la hidrogeología de las Islas Canarias*. VII Geo-Temas 10: Hidrogeología: 785–788 (en CD).
- Custodio, E.; Cabrera, M.C. (2013). *The Canary Islands*. In: L. De Stefano and M.R. Llamas (eds.). Water, Agriculture and the Environment in Spain, Can We Square the Circle ?. CRC Press: 281–290.
- Delgado Díaz, S., Díaz González, F., Álvarez Díaz, M., Rodríguez Sevilla, J., Rodríguez Gómez, L.E. (2006). *Estudio actualizado de la situación del aprovechamiento de las aguas depuradas en la Macaronesia*. Proyecto Interreg II-I.8-AQUAMAC. Universidad de La Laguna: 1-67
- Delgado Díaz, S., González Cabrera, E., Martín Calero, A. (2011). *Evaluación de tecnologías potenciales de reducción de la contaminación de las aguas canarias*. Proyecto Technoagua. Universidad de La Laguna: 1-266.
- ETIGC (2009). *Contribución al esquema de temas importantes de la Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria*. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria: 1–89.
- ETITF (2008). *Esquema de temas importantes. Anejo VIII a la Memoria de Información*. Plan Hidrológico de Tenerife, Consejo Insular de Aguas de Tenerife: 1–200.
- Farrujia, I; Velasco, J; Fernández, J.; Martín, M.C. (2004). *Evolución del nivel freático en la mitad oriental del acuífero de Las Cañadas del Teide. Cuantificación de parámetros hidrogeológicos*. VIII Simposio de Hidrogeología, Asociación Española de Hidrogeólogos. Zaragoza, XXVII: 131 – 142.
- Farrujia, I., Fernández, J., Skupien, E., Poncela, R. (2008). *Redes de control químico de las masas de aguas subterráneas en Tenerife: valoración de resultados*. [http://www.aguastenerife.org/5\\_educayforma/pdf/Articulo%20AQUAMAC%20final.pdf](http://www.aguastenerife.org/5_educayforma/pdf/Articulo%20AQUAMAC%20final.pdf)
- Gasparini, A., Custodio, E., Fontes, Ch., Jiménez, J., Núñez, J.A. (1990). *Exemple d'étude géochimique et isotopique de circulations aquifères en terrain volcanique sous climat semi-aride (Amurga, Gran Canaria, Iles Canarias)*. Journal of Hydrology, 114: 61–91.
- Gavala, J., Goded, D. (1930). *Aprovechamiento de aguas en las Islas Canarias*. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. LII (12 serie3): 1-103.
- Hernández-Quesada, P.; Cabrera, M.C.; Custodio, E. (2011a). *Características y evolución de los nacientes en las cuencas de los barrancos de Azuaje y Moya, norte de Gran Canaria*. En: M.C. Cabrera, J. Jiménez y E. Custodio (eds.). El Conocimiento de los Recursos Hídricos en Canarias: Cuatro Décadas después del Proyecto SPA-15. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. Las Palmas de Gran Canaria: 73–79.
- Hernández-Quesada, P.; Cabrera, M.C.; Custodio, E. (2011b). *Ensayo de balance hídrico de las cuencas de los barrancos de Moya y Azuaje (Norte de Gran Canaria): estimación de recarga mediante balance de la deposición atmosférica de cloruros*. En: L.J. Lambán, T. Carceller, M. Valverde y C. Fernández-Jáuregui (eds.), Las Aguas Subterráneas: Desafíos de la Gestión para el Siglo XXI. Congreso Ibérico de Aguas Subterráneas. Zaragoza. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. Tema 3, 7 pp.
- Herrera, C., Custodio, E. (2003). *Hipótesis sobre el origen de la salinidad de las aguas subterráneas en la isla de Fuerteventura. Archipiélago de Canarias, España*. Boletín Geológico y Minero. Madrid: 114(4): 433–452.
- Herrera, C., Custodio, E. (2014). *Groundwater flow in a relatively old oceanic volcanic island: the Betancuria area, Fuerteventura Island, Canary Islands, Spain*. Science of the Total Environment, 496: 531–550.
- Iribarren, I. (2014). *Modelos geológicos en 3D de la Isla de Tenerife*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona: 1-234.
- Jiménez Suárez, J. (2013). *El estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias. 100 Años de Hidrogeología en España (1900–2000)*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid: 458–469.
- Macau, F. (1957). *Estudio hidrológico de Gran Canaria. Anuario de Estudios Atlánticos*. Patronato de la "Casa de Colón". Las Palmas, 3: 1–46.

Marrero Díaz, R. (2010). **Modelo hidrogeoquímico del acuífero de las Cañadas del Teide, Tenerife, Islas Canarias**. Tesis Doctoral. ETSICCP-UPC, Barcelona.

Naranjo, G., Cruz-Fuentes, T., Benavides, A., Cabrera, M.C., Hernández-Quesada, P., Estévez, E., Martín, L.F., y Custodio, E. (2013). **Los trabajos del Proyecto REDESAC en el Norte de Gran Canaria: estimación de la recarga natural media mediante el balance de cloruros atmosféricos**. En J.C. Santamarta (ed): Avances en la Investigación de los Recursos Hídricos en Islas y Terrenos Volcánicos. Universidad de La Laguna; 37-48.

Naranjo, G., Cruz-Fuentes, T., Cabrera, M.C., Martín, L.F., Custodio, E. (2014). **Avances en la estimación de la recarga natural mediante la aplicación del método del balance de cloruros atmosféricos al acuífero del norte de Gran Canaria**. II Congreso Ibérico de las Aguas Subterráneas, Valencia. International Association of Hydrogeologists-Spanish Group: p 18.

PHGC (1998). **Plan hidrológico de Gran Canaria. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria**. Las Palmas de Gran Canaria: 1-297.

PHGC (2008). **Plan hidrológico de Gran Canaria**. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria.

PHTF (2010). **Plan hidrológico de Tenerife. Memoria. Consejo Insular de Aguas de Tenerife**. Cabildo Insular de Tenerife.

PHTF (2013/2014). **Plan hidrológico de Tenerife. Memoria del documento de información**. Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife: 1-95.

SPA-15 (1975). **Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)**. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. UNESCO. Las Palmas de Gran Canarias, Madrid. 3 vol.+mapas.

# CAPÍTULO V

## ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA EXPLOTACIÓN INTENSIVA Y DE LA MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ESPAÑA

**Preámbulo:** Tras las consideraciones generales sobre el valor, costes y precios del agua subterránea y los datos básicos sobre España, se incluye información sobre el Levante español y Canarias, teniendo en cuenta las diferentes fuentes de agua y el papel que juega cada una. Dadas las notables diferencias entre el Levante español y Canarias, en lo posible la información se trata de forma separada. Lo que aquí se aporta va íntimamente ligado al contenido del Capítulo VI, donde se tratan los aspectos de gestión, institucionales y de comercio del agua subterránea bajo la perspectiva de su uso intensivo y minero.

### Resumen

*Muchos aspectos económicos de la minería del agua subterránea son comunes con los de la explotación intensiva, con la diferencia de su mayor persistencia y aumento a lo largo del tiempo, aunque hay una diferencia substantiva en el hecho de que el recurso no sea renovable puesto que entonces se tiene un coste de escasez y un valor de opción.*

*Los costes y los precios del agua subterránea tienen un amplio margen de variación en función de la profundidad del nivel del agua durante la explotación, de los costes asociados a la puesta del agua a disposición y del acondicionamiento y reposición de las captaciones y de la maquinaria e instalaciones de extracción, en especial cuando hay minería del agua subterránea, con un peso económico importante de la posible progresiva degradación de la calidad del agua por intrusión marina en acuíferos costeros o de aguas salinas al ir accediendo progresivamente a partes más profundas del acuífero.*

*El consumo energético tiene en general un peso importante en el coste del agua extraída, que ha ido creciendo y presumiblemente va seguir subiendo, lo que lleva a un encarecimiento notable del agua subterránea puesta a disposición. Esto es en la realidad el principal freno a la continuación de la minería del agua subterránea.*

*En el Levante español son comunes costos/precios del agua subterránea entre 0,3 y 0,5 €/m<sup>3</sup>, según las circunstancias, en aumento, mientras que en Canarias los precios más comunes son del orden de 0,5 €/m<sup>3</sup>, con cierta estabilización cuando se convierten a moneda de valor adquisitivo constante. En momentos de gran demanda los precios pueden superar 1 €/m<sup>3</sup> en Gran Canaria.*

*Muchas situaciones de minería del agua subterránea están asociadas a agricultura intensiva de regadío. El agua de los acuíferos más intensamente explotados y con mayor efecto minero no siempre es la más cara.*

*El pago por el agua en la economía de la agricultura intensiva de regadío es una parte pequeña del coste total de la explotación agrícola, de modo no sería un determinante principal de la viabilidad de la explotación. Sin embargo, como buena parte de los insumos agrícolas están fuera del control del agricultor, el agua, aun siendo un componente menor en la agricultura intensiva, tiene un peso económico significativo en el margen neto y puede ser controlado parcialmente por el agricultor. La minería del agua subterránea puede disminuir progresivamente ese margen neto. Estos efectos son mucho menos sensibles en el caso del abastecimiento, donde la posible pérdida de calidad puede tener un efecto más importante que el pago por el agua.*

*En las situaciones de explotación intensiva y de minería del agua subterránea del Levante español, la evolución actual afecta poco por ahora, a pesar de los costes crecientes, continuando el descenso de niveles, consumo de reservas y empeoramiento de la calidad del agua captada en algunos lugares. Esto conlleva una baja utilización de las obras de producción de agua alternativa, como la desalinización del agua del mar y la reutilización de aguas regeneradas. Sin embargo, el aumento del coste de la energía puede jugar un papel indirecto y no buscado de regulador económico para ir reduciendo las extracciones, que es ya sensible algunas áreas de Gran Canaria.*

*En Tenerife, el valor económico neto de las reservas de agua subterránea consumidas se evalúa en 50 M€/a, con un total desde el inicio de las extracciones mediante galerías de alrededor de 3000 M€.*

*El agua superficial local o importada, si está disponible, puede ser más barata que el agua subterránea en condiciones de explotación intensiva y minera, pero si se consideran todos los costes, incluyendo los de transporte hasta el lugar de uso, y se eliminan las subvenciones di-*



*rectas e indirectas, es posible que la diferencia entre ambos costes se reduzca e incluso se invierta. Esto también es posiblemente cierto para el agua salobre subterránea con reducción de salinidad mediante tecnología de membranas, aunque el coste de la evacuación adecuada de las salmueras residuales puede afectar seriamente. El agua desalinizada y regenerada suele ser más cara, salvo que se ponga a disposición con importantes subsidios con el fin de limitar la explotación intensiva y la minería de los acuíferos.*

*La disposición al pago por el agua de los agricultores es variable en el Levante español. Puede llegar hasta 0,4 €/m<sup>3</sup> y a 0,9 €/m<sup>3</sup> puntualmente en caso de sequía en el caso de pequeños volúmenes de agua. En Gran Canaria parece que puede llegar a 1,0 €/m<sup>3</sup> en veranos secos, algo menos en Tenerife. Los grandes agricultores tienen mayor disposición al pago y también los que no poseen pozos para complementar dotaciones en momentos de escasez de oferta de agua. Los costes actuales del agua subterránea en condiciones de minería resultan accesibles, de modo que la tendencia es a que la minería del agua subterránea o el consumo de reservas continúe, excepto en partes de Gran Canaria, a menos de actuaciones administrativas disuasorias o mediante notables subvenciones.*

*Tanto en el Levante español como en Canarias, y en especial en Tenerife, no parece que el precio del agua sea una causa de pérdida de la producción agrícola, aunque a más largo plazo se puede producir una disminución de la superficie regada, como en el Medio Vinalopó y en Gran Canaria.*

*El valor de estabilización o de seguridad que proporciona la posibilidad de poner a disposición recursos de agua subterránea en sequías es importante, tanto para abastecimiento como para regadío. Esto favorece que se continúe con la minería del agua subterránea, aunque sea con menores caudales. En las circunstancias del Levante español puede dar lugar a estabilización y aún recuperación de algunos acuíferos, y en especial en Gran Canaria, no tanto en Tenerife*

## Contenido

### V.1 Costes, precios y valor del agua subterránea

#### V.1.1 Consideraciones generales

#### V.1.2 Consideraciones sobre los costes y precios del agua

#### V.1.3 Beneficios del uso del agua en la agricultura

#### V.1.4 El agua como bien en un contexto económico

### V.2 Datos sobre costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en España

#### V.2.1 Costes del agua y del agua subterránea

#### V.2.2 Efecto del coste de la energía en el coste del agua

#### V.2.3 Costes, precios y tarifas del agua y del agua subterránea

#### V.2.4 Productividad económica del agua y del agua subterránea

#### V.2.5 Aspectos económicos de otras fuentes de agua

### V.3 Costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en el Levante español

#### V.3.1 Costes y tarifas del agua y del agua subterránea

#### V.3.2 Productividad económica del agua y del agua subterránea

#### V.3.3 Precios del agua importada y de transacciones

### V.4 Costes y precios del agua y del agua subterránea en Canarias

### V.5 Tasación de la explotación del agua subterránea

### V.6 Aspectos económicos del agua en relación con la minería del agua subterránea

### V.7 Agradecimientos

### V.8 Referencias

*Nota:* el contenido de este capítulo se basa en la documentación escrita y oral a la que se ha tenido acceso, sin una búsqueda bibliográfica profunda especializada y sin realizar estudios específicos adicionales. Las evaluaciones y valoraciones han de entenderse en ese contexto y explican ciertas inconsistencias al usar fuentes diversas y de diferentes momentos. Las actualizaciones sólo se han hecho cuando se ha dispuesto de datos suficientes y confiables. El contenido puede tener en ocasiones problemas de interpretación de las fuentes o de no especialización del que lo ha escrito, aunque el contenido trata de mostrar el mejor conocimiento actual.

## V.1 Costes, precios y valor del agua subterránea

### V.1.1. Consideraciones generales

El valor de un bien es un concepto sutil que se relaciona con los beneficios que se obtienen por su uso, ya que para la producción de un determinado producto se han utilizado y consumido recursos naturales, del ambiente o de la sociedad, los que tienen asociados costes de oportunidad (en otros posibles usos) y reflejan también las preferencias y la escasez del bien en cuestión. El valor de un bien se puede asociar a la estimación económica que cada individuo, unidad económica o sociedad asigna a la satisfacción o utilidad que le proporciona el uso o consumo del bien. Sería la mayor cantidad de dinero que el que desea adquirir o usar un bien económico pagaría para obtener una unidad del mismo y por lo tanto está relacionado con la disposición al pago del consumidor para obtener un cierto bien (willingness to pay), aunque el concepto pretende ir más allá. El valor es esencialmente algo subjetivo que depende de las preferencias de quien lo quiere adquirir o usar y depende de las cantidades de otros bienes que se posean. Para los recursos naturales tiene además connotaciones en cuanto a cómo se afecta el medio ambiente por su uso o puesta a disposición. Muchos economistas no consideran el valor al no ser medible en unidades monetarias y centran sus consideraciones en los costes y precios, mientras que los ecólogos y ambientalistas tratan de mantener el concepto.

En el caso del agua, el valor guarda relación con los servicios ecológicos en relación con el agua que presta la naturaleza a la humanidad. En este caso el valor del agua estaría ligado a la ecología más que a la economía.

La falta de concreción y carácter apreciativo del valor hace que se trate de un concepto muy controvertido y utilizado con diversas finalidades, rara vez cuantificado, si es posible hacerlo, de modo que muchos economistas prescinden del mismo o incluso lo despojan de cualquier valor práctico y aún teórico al no reflejar el grado de escasez, que es el fundamento de la economía clásica. Sin embargo alberga aspectos conceptuales de carácter social, ecológico y ético que tratan de reflejar algo más básico, duradero y estable que los meros cambios, a veces caprichosos, del abastecimiento (Aguirre, 2006; Arrojo, 2001; DAE, 2013).

El valor económico de una mercancía está definido únicamente por su precio real o competitivo [AHL]. Los precios de mercado son los que hacen posible el cálculo económico, de modo que o bien el valor del agua es reconducible a precios de mercado, con lo cual o sobraría el valor como concepto o bien no es más que una entelequia metafísica [AHL].

Se suele distinguir entre valor de uso (el que le reporta a un cierto usuario) y valor de intercambio, que es el de los bienes que pueden ser intercambiados (Hanemann, 1991; 2006). Pueden ser aspectos contrapuestos. Las cosas que tienen el mayor valor de uso con frecuencia tienen poco o ningún valor de intercambio y viceversa.

Es corriente usar la designación valor como la expresión monetaria del contenido económico de los bienes en consideración. En estos casos no se hace referencia a ese concepto sutil antes aludido y eso puede ser fuente de confusión. De ahí en lo que sigue se trata de evitar la designación valor, aunque muchas veces no es posible y se hace con referencia a una cuantificación.

El **coste** de un bien mide la cantidad de recursos económicos que hay que consumir para obtenerlo. Los **gastos** son los recursos económicos que hay que consumir para realizar una determinada actividad; son costes asociados a la actividad en cuestión.

El **precio** de un bien es lo que el que desea consumirlo o poseerlo debe pagar por el mismo, a su propietario en el caso de bienes privados o a la sociedad en el caso de bienes públicos. El precio es un concepto mercantil que implica la existencia de un mercado para el bien en cuestión en el que ese bien puede ser intercambiado por dinero, de modo que el precio es la cantidad de dinero obtenible por cada unidad del bien en cuestión. Cuando no existe un mercado se habla de **tarifas**, aunque con frecuencia se las llama también **precios públicos** (o simplemente precios); están establecidas por un organismo o entidad con capacidad para hacerlo y en su fijación pueden estar ausentes los precios de mercado y frecuentemente reflejan los costes disminuidos por las posibles subvenciones, el consumo de capital que no se repone y en su caso un cierto beneficio para la entidad o para cubrir otras necesidades.

El **beneficio** es lo que se gana en bienes económicos como consecuencia de una cierta actividad. Puede ser privado o público (social). El beneficio es bruto (**margen bruto** en agricultura) si corresponde al total ingresado y es neto (**margen neto**) después de descontar los gastos realizados para la obtención del ingreso, incluyendo los impuestos y tasas.

En general los costes, gastos y beneficios son calculables y medibles en unidades monetarias y a ellos se hace referencia comúnmente, pero algunos son de evaluación difícil y a veces controvertida y otros son no evaluables

(intangibles), pero no por ello despreciables, y pueden tener importancia social, política y ética.

Una cantidad marginal mide el cambio en la cuantificación económica total asociada a un cambio unitario de la cantidad de un bien. La media mide el coste total dividido por la cantidad total del bien. La cantidad marginal (por ejemplo el coste) es en general variable y es frecuente que decrezca al aumentar la cantidad (Hanemann, 2006; Sánchez-González, 1989a). El precio de mercado proporciona una medida precisa del coste marginal asociado a la última unidad consumida, mientras que el pago total no lo hace

Para cualquier bien económico cabe distinguir entre costes (o beneficios) directos y los indirectos o externalidades. Para una cierta actividad, los **costes directos** incluyen los de operación y mantenimiento (incluidos los de personal) y los asociados al capital (los costes asociados a la amortización, en su caso capitalización) de las inversiones hechas. Unos son fijos, es decir no dependen de la producción de bienes o servicios que se realice, y otros son variables, en función de la producción. Afectan al propio sujeto económico. En general son calculables.

Las **externalidades** (costes o beneficios **indirectos**; también externalidades negativas y positivas) son los efectos económicos que recaen sobre terceros, es decir, sujetos distintos al que se le atribuye la acción económica. Cuando se considera un conjunto cerrado no se producen externalidades. En unos casos los sujetos de las externalidades participan de algún modo en el aprovechamiento de un bien común, pero en otros se trata de terceros que poco tienen que ver con la actividad. Uno de esos terceros es en muchos casos la naturaleza en su concepción ecológica y de servicios al ser humano. En el caso de costes, estos terceros los pagan, de forma poco o nada consciente, como daños que tienen que sufrir o reparar a su cargo, sobrecostes e incremento de pagos en forma de tasas, mayor imposición fiscal general y otras formas indirectas. Con frecuencia se ignoran las externalidades, aunque son personal y socialmente importantes, en especial las negativas. Muchas veces son difíciles de evaluar, en especial cuando se trata de aspectos en relación con la naturaleza o que se relacionan con aspectos sociales. Desde hace tiempo se vienen utilizando métodos alternativos para dar una valoración económica a esos beneficios o costes de difícil evaluación. Uno de los primeros fue el método del coste del viaje utilizado para valorar económicamente los beneficios de los parques naturales. Otro método es el de entrevistar a la gente para asignar un valor monetario, el cual se conoce en economía como la valoración contingente. En la economía ambiental se dispone de una panoplia de métodos, que se exponen en textos especializados (véase Hanemann, 2006).

Los costes para el que compra o usa un servicio incluyen las tasas y otras cargas que sean de aplicación. Estos costes disminuyen en caso de subvenciones directas o a los

precios de adquisición de los bienes que son necesarios para la producción. En el coste para la sociedad no se incluye ninguno de estos dos conceptos. Una forma sutil de subvención es la no consideración de la pérdida o degradación de las funciones y servicios de los ecosistemas afectados, pocas veces reconocida y aún menos valorada, y cuyos costes repercuten en buena parte sobre otros y sobre la sociedad en general.

El **coste de oportunidad** o coste alternativo de un factor equivale al producto o utilidad que deja de obtenerse por no dedicarlo a una eventual ocupación o uso alternativo. En un sistema competitivo, los costes de oportunidad coinciden por lo general con los precios de mercado. En el caso de inversiones, la tasa de descuento puede ser –o debe ser, según cómo se plantee– la medida del coste de oportunidad del capital, aunque, una vez realizada una inversión, el capital invertido deja por lo general de tener coste de oportunidad o lo tiene muy bajo porque desaparece la opción de dedicarlo a otro fin productivo [AHL]. Describe la relación básica entre escasez y opción para un cierto número de oportunidades excluyentes entre sí. Tal puede ser el coste de oportunidad de bombear o dejar el agua en el almacenamiento. El coste de oportunidad se puede considerar como el “riesgo” de que se hubieran alcanzado mayores “beneficios” con otra opción. Se puede medir como el dinero invertido o gastado más el que se ha perdido por no haber hecho otra cosa. Es lo que deja de ganar el empresario por tomar la decisión de invertir en una opción y no en otras.

El coste y el precio del agua describen en cierta manera la relación básica entre escasez y opción.

La elasticidad de la demanda al precio ( $n$ ) es el cociente entre la variación relativa de la demanda ( $D$ ) respecto a la variación relativa del precio ( $P$ ),  $n = (dD/D)/(dP/P)$ . Si se conoce la elasticidad a la demanda es posible dibujar la curva decreciente de precio ( $P$ ) en función del consumo de agua. La pérdida económica por no usar el agua en otra actividad de superior productividad económica es el área bajo dicha curva entre el volumen de agua usada y la que se podría haber usado a un determinado precio. La determinación de la demanda en función del precio del agua y de la productividad de las actividades es compleja, pero es modelable (Gómez-Limón y Berbel, 2000; García et al., 2002).

El agua puede ser considerada bajo el punto de vista económico de varias maneras (Ostrom, 1990; Booker et al., 2012; Kahil et al., 2014; van Rijswijk et al., 2014); a) como un bien privado, con exclusión y rivalidad en el consumo (caso del agua potabilizada en redes de distribución), b) como un bien comunal, sin exclusión pero con rivalidad en el consumo, aunque se pueden excluir otros fuera del grupo que explota en común el bien (caso el agua en ríos y en los acuíferos), c) como un bien público, sin exclusión ni rivalidad en el consumo (caso del agua que sostiene el medio ambiente) aunque se puede requerir autorización del

estado y d) sin propiedad (*res nullius*), en el que el acceso al recurso no se basa en derechos de propiedad regulados formalmente (el agua en los acuíferos en determinadas situaciones legales).

Los derechos de propiedad que están asociados tienen restricciones al uso de la propiedad por parte de los propios usuarios y aún más en el caso de sociedades modernas con alta densidad de población (Young, 1982).

La teoría económica considera tres tipos de instrumentos para tratar de tener en cuenta las externalidades de mercado que se derivan de las características de recurso comunal del agua (Kahil et al., 2014): 1) Solución Pigou, que se basa en la tasación de las extracciones de agua y que se considera en la Directiva Marco del Agua europea, 2) Solución Coase, que se basa en la privatización del recurso y su comercio y que se considera en Australia y 3) Gobernanza del bien comunal, que se basa en la evidencia de que las reglas gubernamentales fallan porque carecen de legitimidad y conocimiento de las condiciones locales; en este instrumento institucional, los propios usuarios son los que establecen las normas y mecanismos de implantación, aunque es algo que no suele ser tenido en cuenta por las autoridades del agua. Mientras los mercados privados y precios del agua suelen funcionar bien cuando se tienen características de bien privado, como en redes urbanas, no lo hacen para la explotación de aguas subterráneas, que tienen características de bien comunal, y su transformación en un bien privado es difícil, en especial en áreas áridas y semiáridas con escasez de agua. No obstante este es en buena manera el caso español, como se expone en los Apartados VI.2.2 y VI.2.3 del Capítulo VI.

### V.1.2. Consideraciones sobre los costes y precios del agua

Para obtener y poner a disposición el agua, en la cantidad o caudal, lugar y momento adecuados y con una determinada garantía, además de con la calidad apropiada, se requieren obras, consumo de energía y esfuerzo humano. Eso supone costes que hay que cubrir, lo que se traduce en precios y tarifas. Lo que no se cubra produce diseconomías que se trasladan como costes a otros en el momento actual o en futuro. Estas diseconomías se pueden traducir en insuficiente amortización, inadecuado mantenimiento o endeudamiento, entre otros aspectos.

Cuando una inversión tarda varios años en madurar se retrasan los flujos futuros de beneficios, dando lugar a que se descuenten (sistema de descuento), o sea que disminuye el valor-capital de los futuros flujos de beneficios o el valor añadido neto de la inversión. Así, cuando se estudia económicamente un proyecto, cabe analizarlo desde su viabilidad económica (valor actual neto de sus corrientes de costes y beneficios) o desde el financiero (flujos financieros a que dará lugar). Para actualizar a un momento dado los valores económicos se aplican tasas de descuento, que pueden variar entre el 2% y el 8%, según

los países y circunstancias, con lo que es difícil o imposible comparar los costes del agua de obras realizadas en áreas diferentes cuando los costes del capital tienen un gran peso.

En ocasiones, en la determinación del precio o tarifa se reflejan sólo los costes de operación y mantenimiento, en especial cuando una gran obra civil se considera contablemente amortizada al haberse construido largo tiempo atrás o con dinero público o con ayudas a fondo perdido o a bajo interés. Los cálculos económicos que no consideran los costes de capital porque éste se encuentra ya amortizado o se han realizado las obras con aportaciones sin retorno puede tener sentido administrativo pero no económico, aunque puede ser obligatorio hacerlo contablemente (por ejemplo para lo realizado con fondos FEDER dentro de la Unión Europea), lo que resulta en costes menores. En esta situación debe considerarse la necesidad de capitalización para reponer más adelante lo que vaya quedando fuera de uso. Esto hace que los precios y tarifas de las aguas subterráneas sean muchas veces superiores a los de las aguas superficiales, especialmente cuando hay descensos de nivel grandes y continuados. Además, la subvención ha sido pagada por otras actividades económicas próximas o lejanas que posiblemente no tengan relación con agua puesta a disposición y que podría haberse destinado a otros fines con mayor rentabilidad, que es una distorsión en la economía general.

Para el aprovechamiento y el uso de las aguas superficiales en general se requieren inversiones muy elevadas para la captación, almacenamiento, transporte y distribución y en su caso para el tratamiento, que implican importantes costes fijos. Puede pasar un largo tiempo (años o décadas) hasta que se utiliza toda su capacidad, lo que tiene que ser considerado para compensar los costes financieros, pero suele ser difícil e incierto predecir cómo va a evolucionar la demanda de agua (Hanemann, 2006).

En comparación, el aprovechamiento y uso de las aguas subterráneas requiere inversiones mucho menores a igualdad de caudal y éstas se pueden hacer de forma modular distribuida en el tiempo, con poco tiempo entre el inicio de las obras y su operatividad. También son diferentes los costes de operación, transporte y distribución por la frecuente mayor proximidad al usuario y, salvo excepciones, el tratamiento no es necesario o es poco importante. Pero hay que considerar el valor de escasez del recurso y el aumento de los costes a otros usuarios. Son típicos planteamientos de gestión económica de los bienes de libre acceso o del común (comunales).

Los costes asociados a la dilatada duración de las obras y que el caudal de agua suministrada en los tiempos iniciales sea menor que el nominal, pueden tener un peso notable en la tarifa del agua superficial. Esto es menos importante o irrelevante para las aguas subterráneas dada la rápida puesta en servicio y la adecuación de lo reali-

zado a los caudales demandados. La excepción es cuando se requieren grandes canales de aducción o tratamiento del agua – lo que pocas veces sucede – o la perforación de largas galerías en el caso de Tenerife.

En el caso del agua subterránea bombeada, el coste de la energía puede ser una parte importante del coste total de captación del agua, en especial en áreas con niveles profundos del agua, como suele ser el caso de explotaciones intensivas y con minería del agua subterránea, aunque el término de energía también puede ser importante para sistemas de aguas superficiales cuando se requieren elevaciones grandes para su puesta a disposición o debe ser distribuida a presión para su aplicación, por ejemplo en riegos tecnificados. Existe un claro nexo agua-energía (WW, 2013), que cada vez tiene más importancia en la economía del agua y en especial del agua subterránea. Los precios del agua subterránea deben incluir los del tratamiento adicional que sea necesario, una parte importante del cual suele ser el de la energía necesaria para ese tratamiento.

Las grandes instalaciones para el aprovechamiento del agua subterránea suelen tener optimizada la maquinaria de bombeo para obtener la mayor eficiencia energética posible. Sin embargo, la eficiencia energética suele ser pequeña en pequeñas unidades y en especial para las bombas de los pozos (Cabrera et al., 2012), por sobredimensionamiento, desgaste o haber variado la elevación respecto a la de diseño, como sucede en áreas de explotación intensiva. Pérez Urrestarazu y Burt (2012) muestran que en California las bombas de poco caudal y poca elevación tienen en general baja eficiencia energética; su sustitución por elementos adecuados de bombeo podría llegar a producir ahorros considerables. No es raro que en los cálculos de tarifas se consideren rendimientos energéticos de bombeo que son teóricos o de manual, mayores que los reales, lo que produce una distorsión.

Otra importante distorsión económica, a veces necesaria y conveniente, pero muchas veces perversa, son las subvenciones directas o encubiertas. Las subvenciones están generalizadas en todo el mundo para las aguas superficiales (para riego en particular), lo que afecta a la eficiencia de uso. Aunque también hay subvenciones en el caso de las aguas subterráneas, como las que a veces se aplican al suministro energético, suelen ser mucho menores. Esto se considera con más detalle en el Capítulo VI.

En general, para el diseño de los pozos y bombeos no se considera la evolución que va a tener el nivel del agua del acuífero con la explotación. Frecuentemente el coste de la extracción es creciente con la explotación intensiva de numerosos acuíferos y particularmente cuando se produce minería del agua subterránea. Aunque en la mayoría de los casos el conocimiento inicial de los acuíferos no permite predecir con precisión esa evolución, un estudio experto la puede evaluar, así como la incertidumbre asociada.

Rara vez estos aspectos están en la mente de los que inician y promocionan la explotación, sea estos particulares, empresas u organismos públicos nacionales y aún internacionales. Esta es una gran diferencia con las aguas superficiales, si bien el aterramiento de embalses tiene repercusiones económicas similares hasta cierto punto. Esto influye en los precios y tarifas del agua, que se han de actualizar periódicamente. Si no se tiene en cuenta habida cuenta de las frecuentes rigideces tarifarias por consideraciones políticas o sociales, se pueden producir serias diseconomías.

El aprovechamiento y uso de los recursos de aguas superficiales y subterráneas producen externalidades negativas que pueden ser importantes, aunque distintas, y además se afectan mutuamente (Sánchez-González, 1989b). El uso agrícola supone retornos de riego, que afectan a la calidad del agua de los acuíferos relacionados y de los cauces fluviales y manantiales aguas abajo, pero pueden ser mayores en el caso de las aguas subterráneas por la frecuente mayor salinidad inicial del agua aplicada y más aún si la aplicación se hace eficientemente. La explotación del agua subterránea supone posibles mermas de los caudales de manantiales y del de base de los ríos, reducción de humedales y otros, y también externalidades positivas como el drenaje de áreas inundadas o propensas a inundarse por ascenso del nivel freático, en el supuesto de que los costes ambientales que ello supone no sean mayores que los beneficios. Los aspectos medioambientales rara vez se consideran y pueden tener un notable impacto social.

En general se puede considerar que el agua subterránea es mayormente un autoservicio consumido por los propios usuarios. Esto se debe a que son los propios usuarios los que prestan el servicio de extracción, sin vínculo con otra entidad, salvo las Comunidades de Regantes que utilizan pozos comunes y facturan a sus comuneros los costes. Eso es una dificultad adicional a la consideración de externalidades y protección del ambiente.

La compensación de externalidades mediante tasas se considera más adelante. Es uno de los aspectos más difíciles, menos desarrollados y con mayor resistencia social y política. Las tasas que se aplican para compensar ciertos costes, en particular en el caso de las aguas superficiales, si existen, son comúnmente de carácter administrativo y en general no guardan relación con el valor económico del agua ni acercan el precio o tarifa a ese valor. Muchas veces tampoco guardan relación con el coste de las infraestructuras, su operación y mantenimiento y por lo tanto tampoco acercan el precio a los beneficios obtenidos con su utilización.

La escasez de agua, real o sentida, es un aspecto dominante en las áreas áridas y semiáridas, con predominio de los aspectos de cantidad, si bien los de calidad son igualmente importantes y lo serán más en el futuro. La escasez tiene importantes facetas económicas. La escasez va liga-

da a un coste de oportunidad (coste marginal del usuario o marginal user cost), es decir, lo que se pierde por no utilizar el agua en una actividad económica más productiva. Un mayor uso del recurso de agua hoy reduce las oportunidades de uso futuro, de modo que coste marginal del usuario es el valor actual de esas oportunidades que ya no existen (NRC, 1997). Los precios y tarifas aplicados al agua, en general reflejan los costes asociados a su puesta física a disposición y no el uso de un bien escaso. En el caso de aguas subterráneas no suele haber verdaderos precios ya que no hay una clara oferta y demanda en un mercado, sino tarifas y transacciones, con la excepción de Canarias. Por esto se le dedica una atención especial en este Capítulo V y en el Capítulo VI.

El coste del agua que comúnmente se considera es el directo, resultante de sumar el coste asignado a las infraestructuras (frecuentemente subsidiadas), el de la energía consumida para su obtención y transporte y el de operación y mantenimiento, en su caso incluyendo las tasas y gravámenes, y en el caso de empresas privadas el beneficio industrial. Así, el precio del agua no refleja el hecho de que sea abundante o no.

El transporte del agua tiene aquí un peso importante. Los costes de transporte del agua hasta el lugar de utilización, sumados a la tarifa en origen o en alta de una fuente de agua puede y suele hacer más barata al agua subterránea local aunque tenga costes de obtención mayores que esas tarifas. Por esta razón, los regantes prefieren en muchos casos el agua subterránea local, aunque sea cara, a lo que se suma su mayor seguridad de disponibilidad, el más sencillo acceso en un momento dado que evita la sujeción y espera asociada a los turnos de riego, la posibilidad de mantener una humedad conveniente del suelo cuando conviene y no necesitar almacenamientos de agua adicionales.

Para valorar el beneficio marginal que puede atribuirse a cada uno de los factores de producción es preciso modelar o estimar el proceso de producción, teniendo en cuenta las alternativas y los beneficios marginales para cada componente y sus derivadas. Para el agua es necesario determinar el comportamiento del sistema de recursos hidráulicos. En el caso de sistemas algo complejos se pueden requerir modelos complicados, en especial cuando hay minería del agua subterránea que implica normalmente descensos importantes del nivel del agua.

Para hallar el valor económico del agua existen distintos métodos, dependiendo del uso que se haga de la misma (Young, 2005; NRC, 1997), como el de la determinación de la disposición al pago por disponer de ella (Calatrava y Sayadi, 2005). La evaluación del precio del agua que se aceptaría para realizar una actividad se puede modelar a partir de datos de campo y encuestas (Fernández-Zamudio et al., 2012). Esta disposición al pago depende del lugar, momento, variabilidad en el sentido de seguridad en la disponibi-

lidad y calidad del agua, aunque con la escasez, en parte relacionada con la aridez climática, dominan los aspectos en relación a la cantidad de agua sobre los de calidad.

El precio del agua crece frecuentemente con su escasez, por los menores ingresos si disminuye la cantidad distribuida (se incrementan los costes unitarios a causa de los costes fijos) y porque en muchos casos se ha de recurrir a fuentes de agua más caras, por mayor coste de producción (considerando cantidad y calidad) o por ser más lejanas.

La pérdida económica por el incremento de precios se puede determinar comparando el valor económico obtenido por los usuarios con el que se hubiese logrado mediante el aporte del agua adicional necesaria para cubrir toda la demanda, teniendo en cuenta los efectos asociados, tales como cambios en los precios de lo producido al haber mayor oferta o por encarecimiento de los insumos y del coste de la vida por la mayor demanda de bienes. Véase el apartado 4 de la aportación A-04 del Anexo I.

El análisis económico permite determinar la pérdida de bienestar a pequeña escala debido a la escasez de agua y tener en cuenta los efectos económicos que produce, como son la reducción de recarga a los acuíferos debida a los menores excedentes de riego cuando se limita el uso del agua en agricultura o se logra una utilización más eficiente del agua.

### V.1.3. Beneficios del uso del agua en agricultura

En el caso de la agricultura intensiva, los ingresos que se obtienen de la actividad son en gran parte una recompensa al agricultor por haber invertido en terrenos y otros componentes fijos y variables incurridos –incluyendo la mano de obra contratada– y también el pago del propio trabajo del agricultor autónomo y sus familiares, aunque no siempre se hace a precios de mercado; el agua es un insumo más y con frecuencia puede ser menor que otros factores. Los beneficios que se obtienen dependen de esos factores, aunque en ocasiones se atribuyen exclusivamente al agua, lo que es un error en el que se incurre en muchas ocasiones para justificar las inversiones. No es evidente qué beneficio marginal puede atribuirse a cada uno de los factores de la producción. En el caso de agricultura de alto rendimiento, el agua puede ser un insumo con coste pequeño en relación al alto coste de los otros. A veces el agua se aporta sin considerar su coste cuando la produce o la dispone el propio agricultor. Eso hace que no haya una relación definida entre inversión en agua y rendimiento económico, ni tampoco con el crecimiento económico del área.

Las afirmaciones de que los regadíos con aguas subterráneas son económicamente más eficientes que los con las superficiales es algo que debe matizarse, aunque suele ser así. En estas comparaciones tienen notable influencia las subvenciones, que tienen un mayor peso en los riegos con aguas superficiales, en especial allí donde su eficiencia es

menor. Muchas de las recientes mejoras en la eficiencia del uso de las aguas superficiales, aproximándola a la de del uso de las aguas subterráneas, se han conseguido con subvenciones, con el riesgo actual de que las eficiencias logradas se pierdan en parte por el aumento de consumo energético para mantener las redes de distribución a presión.

### V.1.4. El agua como bien en un contexto económico

El agua, además de ser un bien vital y esencial a la naturaleza, puede también considerarse un bien económico (Rogers et al. 2002), como se comenta en el Apartado VI.4 del Capítulo VI. Tiene una productividad económica, aunque dicha productividad económica no siempre sea determinante de la actividad. Esto empieza suceder en muchos casos en que dominan otros factores, incluida la agricultura intensiva de alto rendimiento (Herrera, 2003). La valoración de esa productividad económica está sujeta a diferentes interpretaciones (López-Gunn et al., 2012) y puede ser a veces controvertida, pero es un dato cuantitativo útil para efectuar comparaciones. Cabe considerar que hay procesos productivos, entre ellos algunos sectores de la agricultura, en que los que una buena parte de los costes vienen impuestos externamente ya que el agricultor tiene que aceptar los precios de los insumos sin poder influir en los mismos. Así, aunque el agua sea un sumando pequeño en el conjunto de costes, influye en el margen neto obtenido y ahí el productor puede influir. Por eso suele tratar de obtener el agua lo más barata posible y busca atraer subvenciones directas o indirectas. De ello se deriva la importancia económica y social que se le da al agua, aunque su peso en el producto sea relativamente pequeño, y que sea objeto de notables presiones sociales por parte del agricultor sobre la administración pública y los políticos. Para el abastecimiento urbano estos aspectos son mucho menos relevantes.

La explotación del agua subterránea supone externalidades que afectan a los propios explotadores, a terceros y al medio ambiente. En general estas externalidades son costes, aunque en algunos casos son beneficios, por ejemplo la reducción de pérdidas por evaporación al no estar el agua almacenada en superficie (Martínez-Granados et al., 2011). Las externalidades deberían reflejarse en los precios y tarifas (Brozović et al., 2010; Pfeiffer y Lin, 2012; Koundouri, 2004) y es un aspecto importante de la explotación intensiva de los acuíferos (Young, 1993; Llamas y Garrido, 2007).

Cabe que una mayor utilización de agua superficial en los años húmedos y una mayor extracción de agua subterránea en los años más secos produzca un beneficio económico, lo que equivaldría a disminuir fuertemente el coste de oportunidad del aumento de los recursos, al tiempo que reduce grandemente los costes de oportunidad de la ampliación de la capacidad del sistema (AS). Sin embargo, el análisis económico de la utilización conjunta alternante (sin recarga artificial) de aguas superficiales y subterráneas está pendiente de un análisis económico riguroso.

Las diferentes inversiones hechas en un cierto momento tienen un valor actual que es función de una tasa de descuento, y lo mismo sucede en cuanto al valor futuro de las obras e inversiones que se realizan en el momento presente. Esta tasa de descuento, que es similar a una tasa de interés, no coincide con la del dinero de un cierto momento, sino que es el resultado de una valoración a largo plazo que resulta de consideraciones sociales y éticas. La adopción de una alta tasa de interés, por ejemplo superior al 5%, reduce mucho el valor futuro de las obras realizadas actualmente de modo que se amortizan pronto y no se incentiva el ahorro para inversiones futuras sino el consumo en el presente. Por el contrario, la adopción de una baja tasa de interés, por ejemplo inferior al 2%, tiende a mantener el valor de las obras de modo que se amortizan lentamente y se incentiva el ahorro para inversiones futuras. La adopción de una tasa alta o baja de interés repercute sobre la ganancia neta de la inversión: a mayor valor de la tasa menor ganancia neta y a menor valor de la tasa más ganancia neta. La elección de la tasa es un debate permanentemente abierto.

## V.2 Datos sobre costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en España

En lo que sigue se reúnen datos de procedencia diversa y de tiempos diferentes, en contextos y condiciones no siempre bien definidos en los trabajos originales, por lo que pueden aparecer algunas incoherencias notorias que son el reflejo de la variabilidad y dispersión de esos datos.

### V.2.1. Costes del agua y del agua subterránea

Para considerar los costes del agua debe tenerse presente que el valor adquisitivo de la moneda cambia a lo largo del tiempo, en general depreciándose ya que el índice de precios al consumidor ha ido aumentando paulatinamente. Así, 1 € del año 2000 tenía cerca 1,45 veces el valor adquisitivo que tiene en el año 2014 y 1 US\$ de 1964 tenía el mismo valor adquisitivo que 8 US\$ de 2014. Este importante hecho no se va a tener normalmente en cuenta en lo que sigue, ya que se trata en general de datos posteriores al año 2000 y el año al que hacen referencia con frecuencia no está bien definido. Por esta razón las comparaciones son de valor indicativo. Sólo se considera explícitamente la variación del poder adquisitivo de la moneda cuando la diferencia temporal es grande, como en el caso de algunos precios antiguos en pesetas.

A título indicativo, en la Tabla V.2.1 se da la evolución del poder adquisitivo del euro (€) desde el año 2000 hasta el 2014, según la tasa de inflación que proporciona el Instituto Nacional de Estadística español. En la Tabla V.2.2 se indica por lustros la evolución del poder adquisitivo de la peseta (pta) desde el año 1940 hasta el 2000, en el que se cambió por el euro.

**Tabla V.2.1.** Valor adquisitivo en 2014 de 1€ del año indicado según la tasa de inflación (IPC en España, Maluquer de Motes, 2013).

Año	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Inflación %</b>	4,0	2,7	4,0	2,6	3,2
<b>Valor en 2014</b>	1,452	1,400	1,360	1,307	1,274
Año	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Inflación %</b>	3,7	2,7	4,2	1,4	0,8
<b>Valor en 2014</b>	1,235	1,191	1,159	1,113	1,097
Año	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Inflación %</b>	3,0	2,4	2,9	0,3	---
<b>Valor en 2014</b>	1,009	1,057	1,032	1,003	1,000



Tabla V.2.2 Valor adquisitivo en 2014 de 1€ del año indicado según la tasa de inflación (IPC en España, Maluquer de Motes, 2013).

Año	1940	1945	1950	1955	1960	1965
Valor en 1999	127,955	82,914	43,058	37,526	25,992	18,308

Año	1970	1975	1975	1985	1990	1995	1999
Valor en 1999	14,281	8,084	8,084	1,936	1,415	1,100	1,000

A nivel de las Cuencas Intracomunitarias españolas se han realizado estudios de detalle de los costes del agua en España (MARM, 2007, GAE-MMA, 2007) y de las aguas subterráneas (MIMAM, 2003). Para poder hacer comparaciones de costes, en el caso de las aguas subterráneas se ha hecho una homogeneización a partir del cálculo del coste (c) como  $c=f(Q)+n$ , en la que f es una función decreciente, Q el caudal de extracción y n un valor dado que depende de la parte fija de los contratos de los suministros de energía eléctrica. Se refiere a una situación concreta del coste de la energía. El coste de extracción es para valores medios del caudal y de la profundidad de extracción en cada parte del territorio en que se realiza el análisis; incluye la amortización de la captación, de la instalación para la elevación del agua hasta la boca del pozo y el mantenimiento. No se consideran externalidades.

### V.2.2. Efecto del coste de la energía en el coste del agua

El coste del consumo energético tiene un peso importante en los costes de extracción del agua subterránea por bombeo, su impulsión y en su caso de puesta a presión (Soto-García et al., 2013b), en especial dónde el regadío se ha modernizado (Soto-García et al., 2013a), en parte para conseguir ahorros de agua (Pérez-Abellán et al., 2013), además de ahorros de mano de obra y de almacenamiento.

Suponiendo agua dulce de densidad 1 kg/L, el consumo energético E para elevar 1 m<sup>3</sup> a una altura h con un rendimiento  $\rho$  es:

$$E(\text{kWh/m}^3) = 0,00272 h(\text{m}) / \rho$$

y la potencia P necesaria para elevar 1 L/s a 1 m con un rendimiento  $\rho$  es:

$$P(\text{W}/(\text{L/s})) = 0,0098 h(\text{m}) / \rho$$

Desde 2004 las tarifas eléctricas han crecido notablemente, multiplicándose en promedio por un factor entre 1,6 y 1,95 para 2014, variable según se trate de energía diurna o nocturna y otras circunstancias. Así, los costes de captación del agua subterránea han ido creciendo. Presumiblemente las tarifas eléctricas y por lo tanto los costes de extracción del agua van a seguir subiendo.

Entre 2000 y 2004 los valores medios del precio de la energía fueron relativamente estables, del orden de 10 €/kW de potencia contratada al mes (término fijo) y 0,045 €/kWh por energía consumida (término variable), aunque pueden haber desviaciones locales notables. Considerando una facturación tipo resultaba un precio de 0,08 €/kWh en 2007, que en 2012 se convirtió en 0,14 €/kWh, o sea un incremento del 65% (factor 1,65). En el caso de la Cuenca del Segura, la tasa de crecimiento aproximada fue de 0,0012 €/kWh/a al principio, para alcanzar 0.007 €/kWh/a (Martínez Vicente et al., 2013).

El aumento progresivo del precio de la energía ha sido y está siendo un elemento importante en la moderación de las extracciones de agua subterránea. Las cifras de la Tabla V.2.3 se han calculado para un rendimiento energético de 0,7 del equipo electromecánico y eléctrico de bombeo, lo que implica bombas bien seleccionadas para cada situación y en cada momento y bien mantenidas. La realidad es diferente ya que con frecuencia las bombas están sobredimensionadas, no trabajan en las condiciones óptimas de su curva característica o están desgastadas, además de que con frecuencia hay excesivas pérdidas de carga en la conducción, como comentan Cabrera et al. (2012) para el caso de abastecimiento urbano. En el medio agrícola la situación suele ser peor y no son raros rendimientos energéticos del 0,4 o menores. Además, el lugar de entrega del agua puede suponer una elevación adicional importante sobre la boca del pozo y pérdidas de carga excesivas si la conducción es de pequeño diámetro y con estrangulaciones, más si además tiene incrustaciones, cosa relativamente frecuente con agua procedente de terrenos carbonatados.

### V.2.3. Costes, precios y tarifas del agua y del agua subterránea

La demanda de agua es poco elástica a las variaciones de su precio ya que generalmente el agua es sólo una parte pequeña de los costes domésticos o de producción industrial o agrícola intensiva. Así, para la agricultura productiva española, un incremento del precio del agua de 0,10 a 0,25 €/m<sup>3</sup>, que puede hacer decrecer los ingresos agrícolas del 10 al 30%, reduciría la demanda de agua entre 0,0 y 0,1% (Garrido y Calatrava, 2009). Esto explica que en momentos de escasez la demanda decrezca poco por efecto del aumento de los precios del agua.

Aunque el aumento de precios del agua puede inducir aumentos de la eficiencia de su uso en agricultura (Cumplings y Nercissiantz, 1992), lo que ha sucedido en España, puede llevar al abandono de cultivos.

A efectos comparativos, en la Tabla V.2.3 se indican las tarifas medias del agua que se cobran a los usuarios de los servicios de abastecimiento urbano y saneamiento en baja en el Levante español y Canarias. En la provincia de Alicante se facturó el agua en promedio a 0,77 €/m<sup>3</sup> en 2004 y a 2,11 €/m<sup>3</sup> en 2008, con precios respectivos de 0,72 €/m<sup>3</sup> y 0,99 €/m<sup>3</sup> para el agua en destino y de 0,51 €/m<sup>3</sup> y 0,77 €/m<sup>3</sup> para el agua entregada a la red, con un índice de recuperación de costes de 0,92.

**Tabla V.2.3.** Tarifas en €/m<sup>3</sup> del agua abastecimiento, saneamiento y ciclo integral (abastecimiento + saneamiento) en áreas seleccionadas, para agua domiciliaria (Dom.), industrial (Ind.) y el conjunto (Conj.), según AEAS (2010).

	Abastecimiento			Saneamiento			Ciclo integral		
	Dom.	Ind.	Conj.	Dom.	Ind.	Conj.	Dom.	Ind.	Conj.
C. Júcar	0,74	0,87	0,77	0,58	0,66	0,60	1,33	1,53	1,38
C. Segura	1,67	1,57	1,65	0,68	0,72	0,69	2,35	2,29	2,34
Prov. Alicante	1,07	1,36	1,14	0,64	0,62	0,63	1,71	1,98	1,77
Prov. Murcia	1,67	1,57	1,65	0,68	0,72	0,69	1,63	2,50	1,84
Prov. Almería	0,94	1,31	1,03	0,47	0,60	0,51	1,41	1,91	1,54
CMA	0,81	1,19	0,90	0,50	0,59	0,52	1,31	1,91	1,91
Canarias	1,27	2,23	1,51	0,34	0,33	0,34	1,61	2,56	1,85
Canarias	1,32	2,20	1,54	0,30	0,30	0,30	1,63	2,50	1,84
Prov. SCTF	1,06	2,33	1,38	0,50	0,46	0,49	1,56	2,79	1,87

En la mayoría de los casos es prácticamente imposible discernir el precio del agua subterránea del de otras fuentes de agua, ya que el agua que se ofrece es una mezcla.

Los datos económicos en relación con la calidad del agua son muy escasos. La reducción de salinidad por tratamiento con membranas (desalobración) puede costar entre 0,15 y 0,4 €/m<sup>3</sup>, la eliminación del exceso de nitratos del orden de 0,35 €/m<sup>3</sup> y la reducción del exceso de flúor del orden de 0,5 €/m<sup>3</sup> (en Tenerife).

### V.2.4. Productividad económica del agua y del agua subterránea

Según GAE-MMA (2007), el margen agrario bruto (productividad del terreno) en España es de 428 €/ha/a para el seco y 1867 €/ha/a para el regadío. Para el Levante español es de más de 300 €/ha/a para el seco y en general de más de 6000 €/ha/a para el regadío, hasta 10.000 €/ha/a.

En la productividad del agua no se consideran externalidades, como las negativas asociadas a los daños ecológicos, a menos que se apliquen tasas con ese fin, lo que es raro que se haga, como se comenta en el Apartado V.5.

La Tabla V.2.4 muestra la productividad del agua en la agricultura en Andalucía antes de los incrementos de las tarifas eléctricas. Los resultados no son del todo extrapolables al Levante español, donde las diferencias entre la productividad de las aguas superficiales y las subterráneas son menores, en buena parte debido a los altos precios del agua de cualquier origen y a que la producción agrícola dominante es de alto valor.

**Tabla V.2.4.** Aspectos económicos del agua empleada en agricultura en Andalucía (Corominas, 2001; Corominas y del Campo, 2000; Vives, 2003). Estas cifras han ido variando a medida que ha ido mejorando el análisis. Se dan los valores más recientes, redondeados. La productividad se refiere a valores brutos. La diferencia entre dotación en origen y dotación en parcela refleja las pérdidas entre ellas, principalmente fugas en transporte por canales (son mucho menores en el transporte por tubería).

	Agua superficial	Agua subterránea	Conjunto
Superficie regada 10 <sup>3</sup> /ha	600	210	810
Dotación en origen m <sup>3</sup> /ha/a	7400	4000	6500
Dotación en parcela m <sup>3</sup> /ha/a	4400	4800	-
Productividad del terreno €/ha	3300	8600	4600
Productividad del agua €/m <sup>3</sup>	0,4	2,2	0,7
Empleos/1000 m <sup>3</sup>	60	2,2	40

Los valores en el Levante español y en Canarias se comentan en los respectivos apartados.

En Andalucía, el 20% del gasto del regadío es debido al agua, mientras que el 30% lo es a los salarios, el 21% a los agroquímicos y el 12 a amortizaciones (Corominas, 2013). Esto es importante para evaluar el impacto de los precios del agua en la agricultura (Berbel y Gómez-Limón, 2000; García Mollá, 2002), en el supuesto de que los porcentajes sean correctos.

En Albacete el terreno cultivable de secano vale 4500-6000 €/ha, dependiendo del suelo, la proximidad a la ciudad y otros factores. Cuando se dispone de derechos de agua para regar de 7000 m<sup>3</sup>/ha o el máximo regulado, el valor es de 15.000-18.000 €/ha y si el derecho de agua es de unos 2500 m<sup>3</sup>/ha el precio puede ser de 12.000 a 13.000 €/ha (ADV, com. personal).

No hay datos para diferenciar entre el agua subterránea y otras fuentes de agua, pero como en general el agua subterránea está siempre disponible, aunque en algunos casos pueda resultar cara y de calidad no óptima, la disponibilidad de pozos operativos es un modo de seguro agrario contra los fallos de suministro de agua y la sequía; esto tiene el valor de las instalaciones que habría que tener disponibles para conseguir un efecto similar.

### V.2.5. Aspectos económicos de otras fuentes de agua

Tanto en el Levante español como en Canarias, una de las alternativas de abastecimiento de agua para tratar de reducir las extracciones de agua subterránea en áreas próximas a la costa es la desalinización del agua marina y en su caso de las aguas regeneradas. El elevado coste de producción del agua, con un gran peso del consumo energético, hace que el destino principal de esa agua sea el abastecimiento urbano y turístico, pero también es una fuente de agua para regadíos de alta rentabilidad. Dado el mayor peso actual y el mejor conocimiento, aquí se consideran los aspectos económicos de la desalinización, ya que para el agua regenerada y de otras fuentes se dispone de menos información. El peso del agua regenerada en agricultura es actualmente importante en la Cuenca del Segura.

Las previsiones del programa estatal AGUA (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua) en el Levante español eran de 16 plantas desalinizadoras adicionales a las existentes, con capacidad nominal de 1 hm<sup>3</sup>/día y producción de 350 hm<sup>3</sup>/a, para usos urbanos y agrícolas (155 hm<sup>3</sup>/a para regar 240.000 ha), e inversión de 1119 M€ (Del Villar, 2014). De estas plantas, 8 están en el Levante español o en relación con el mismo, según se muestra en la Tabla III.1.2 del Capítulo III.

El consumo de energía para la desalinización del agua del mar es muy elevado. El mínimo termodinámico en el proceso estricto es de 0,74 kWh/m<sup>3</sup> y el mínimo tecnológico es de 2,9 kWh/m<sup>3</sup>, aunque experiencias recientes lo rebajan algo más, hasta 2,5 kWh/m<sup>3</sup>. Se mencionan valores de 2,0 kWh/m<sup>3</sup> y posibles reducciones a 1,7 kWh/m<sup>3</sup> [FO], pero se refieren al proceso estricto, sin los consumos adicionales en planta. En el estado actual de la tecnología, los valores

menores son de 3,3 a 3,5 kWh/m<sup>3</sup>, a los que hay que sumar otros consumos de energía en la planta, con lo que son frecuentes valores de 3,5 a 3,8 kWh/m<sup>3</sup> o algo superiores. Para las plantas de Gran Canaria los valores están entre 3 y 4 kWh/m<sup>3</sup>. A estos valores hay que añadir los de transporte hasta los depósitos en alta para la distribución. La Tabla V.2.5 muestra orientativamente la evolución de los costes de producción y el consumo energético de la desalinización del agua del mar en Canarias.

**Tabla V.2.5.** Evolución orientativa de los costes de producción (operación y mantenimiento) y el consumo energético de la desalinización del agua del mar en Canarias (Del Villar, 2014).

Año	Coste de producción, €/m <sup>3</sup>	Consumo energético, kWh/m <sup>3</sup>
1970	2,1	22
1980	1,8	18
1985	1,8	15
1990	0,75	6,2
1995	0,67	5,3
2000	0,5	4,0
2003	0,46	3,3

Se han realizado distintos análisis del coste de producción del agua desalinizada del mar (Bernat et al., 2010). Según Del Villar (2014), para un consumo específico de 3,3 kWh/m<sup>3</sup>, el coste total de producción del agua desalinizada en 2008 se evaluaba en 0,91 €/m<sup>3</sup> (0,86 €/m<sup>3</sup> para la producción destinada al uso agrícola como resultado de una subvención encubierta), de los que 0,46 €/m<sup>3</sup> corresponden a la operación (principalmente energía y mantenimiento). Para energía a un precio de 0,08 €/kWh supone 0,33 €/m<sup>3</sup> y con la energía a 0,14 €/kWh en 2012 el coste energético es de 0,54 €/m<sup>3</sup> y el de producción del agua 1,06 €/m<sup>3</sup>. Sin embargo, los datos oficiales de proyecto indican un coste final medio en el entorno de 0,50 €/m<sup>3</sup> (entre 0,46 y 0,83 €/m<sup>3</sup> según los diferentes proyectos), incluyendo costes adicionales de entrega del agua entre 0,04 y 0,05 €/m<sup>3</sup>.

Lapiente (2012) ha realizado un intento de homogeneización del análisis económico de las 7 grandes plantas desalinizadoras (de más de 50.000 m<sup>3</sup>/d cada una) de agua marina existentes en la Cuenca del Segura, con capacidad de producción conjunta superior a 800.000 m<sup>3</sup>/día (300 hm<sup>3</sup>/a). Para una vida de la planta de 25 años, tasa del interés del 5%, 95% de disponibilidad (346 días al año), sin subsidios, con consumo energético de 3,5 a 4,3 kWh/m<sup>3</sup> (total de 4,45 kWh/m<sup>3</sup> al incluir otros bombeos), membranas para producir agua baja en boro (<1 mg/L B), vertido de salmueras residuales ecológicamente compatible, tasa de emisión de

CO<sub>2</sub> de 2,18 kg/m<sup>3</sup> y costes de distribución del 10 al 20% del total, se obtiene un coste del agua producida de 0,63 a 0,72 €/m<sup>3</sup>.

Para las plantas desalinizadoras de San Diego, California, se citan costes recientes de 1,2 a 1,4 €/m<sup>3</sup> (Raucher y Tchobanoglus, 2014).

La utilización real de las plantas desalinizadoras de agua del mar del Levante español es baja por insuficiente demanda, en especial la agrícola, a los precios resultantes, aún con las subvenciones expresas o encubiertas que se aplican, lo que hace que aumente notablemente el coste medio real de producción del agua (Tabla V.2.6).

**Tabla V.2.6.** Incremento del coste medio de producción de agua desalinizada del mar por utilización reducida de la planta (Lapiente, 2012). A estos costes hay que añadir el de su elevación a los depósitos en alta y el transporte hasta el usuario o a pie de finca.

% utilización	95	80	60	40	20
coste €/m <sup>3</sup>	0,65	0,75	0,95	1,2	1,9

La desalinizadora de Carboneras (Almería), la más antigua entre las grandes plantas desalinizadoras del Levante español, ofrece el agua a 0,39 €/m<sup>3</sup> (Corominas, 2013), pero no cubre los costes totales a plena utilización de la planta; en realidad el factor de utilización real medio es de 0,15, con lo que se cubre mucho menos. Esta financiación parcial la soportan las plantas públicas a partir de recursos económicos aportados de otra procedencia, pero no lo pueden soportar las de iniciativa privada, como la planta de Rambla Morales, en el Campo de Níjar, Almería. Es para 22.000 m<sup>3</sup>/d de producción a partir de 60.000 m<sup>3</sup>/d de agua marina captada junto a la costa mediante pozos de unos 100 m de profundidad y una elevación media de menos de 60 m, para regar 4000 ha de 300 comuneros. De un coste de instalación de 120 M€, ha recibido 60 M€ de fondos de procedencia europea. Durante su explotación se ha acumulado una deuda de 57.000 €/comunero y una posible deuda total de más de 100 M€, lo que ha llevado a la quiebra financiera de la Sociedad en 2008. En parte esta situación ha sido debida a no poder acceder al suministro eléctrico por la red y tener que utilizar producción propia con grupos electrógenos, elevando así el coste de producción estimado de 0,27 a 0,98 €/m<sup>3</sup>. El valor de puesta en venta a una entidad pública está en el entorno de 100 M€. Algunos medios de comunicación han apuntado que subyacía una operación de revalorización de parte de las 4000 ha de terrenos en regadío (GEM, 2009).

Para las plantas desalinizadoras relativamente recientes de Tenerife, Hoyos-Limón y Puga (2007) indican unos costes de 0,80 a 0,85 €/m<sup>3</sup>, para un valor de la inversión de 25 M€ en 2002 al 6%/a de interés y con energía parcialmente

subvencionada. El coste de producción del agua crece al disminuir la producción anual: 0,63 €/m<sup>3</sup> para 7 hm<sup>3</sup>/a, 0,80 €/m<sup>3</sup> para 3 hm<sup>3</sup>/a, 1,0 €/m<sup>3</sup> para 1 hm<sup>3</sup>/a y 2,7 €/m<sup>3</sup> para 0,35 hm<sup>3</sup>/a. En Canarias coexisten plantas de titularidad pública con otras de titularidad privada.

Las aguas salobres subterráneas son en diversos casos objeto de tratamiento con membranas (ósmosis inversa o electrodiálisis) para reducir su salinidad (desalobración), lo que tiene un coste menor que la desalinización del agua del mar. Estas plantas son frecuentes en Canarias (Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria) y en Levante español, como se comenta en el Apartado III.1 del Capítulo III, y también para reducir el contenido en flúor en Tenerife. Para el Levante español se menciona un coste de desalobración en planta del orden de 0,3 €/m<sup>3</sup>, que puede ser de 0,5 €/m<sup>3</sup> para las plantas de reducción de flúor de Tenerife. Un componente importante del coste suele ser el de evacuación de la salmuera residual, aunque en ocasiones se vierten sin más, con lo que se produce una clara diseconomía. La desalobración también se aplica a la regeneración de aguas usadas cuando estas son excesivamente salinas, en general a causa de la mala calidad del agua original o de vertidos salinos clandestinos o incontrolados a la red de alcantarillado (su control es más barato que el tratamiento posterior). Se practica en Canarias.

La regeneración de las aguas residuales urbanas tras un tratamiento adecuado a los usos pretendidos, que con frecuencia llegan a terciarios, es otra importante fuente de agua para agricultura, riego de parques, jardinería y campos de golf, siempre y cuando el tratamiento sea el necesario y con garantía de funcionamiento y de calidad del agua entregada. No es algo barato.

El ciudadano debería pagar el coste del tratamiento hasta la calidad exigible para su vertido al ambiente y el resto hasta hacer posible la regeneración el usuario de esa agua, aunque por otros motivos puede haber modificaciones de esta regla. La necesidad de redes de distribución separada para el agua regenerada es una importante inversión que hace que los costes de capital lleguen a ser similares (Finlayson et al., 2014) para usos urbanos (2,9 US\$/m<sup>3</sup>/a) y sólo algo menores para el uso del agua regenerada en regadío (1,8 US\$/m<sup>3</sup>/a). Raucher y Tchobanoglous (2014) mencionan costes para el uso indirecto en San Diego, California, de 0,4 a 1,0 €/m<sup>3</sup>, con una relación entre el coste de tratamiento y el de transporte de 6. La existencia de un acuífero capaz de facilitar la distribución del agua regenerada tras ser recargada artificialmente puede favorecer su uso al no ser necesaria una red de distribución separada.

## V.3 Costes, precios y datos económicos del agua y del agua subterránea en el Levante español

### V.3.1. Costes y tarifas del agua y del agua subterránea

Los datos disponibles de costes y tarifas del agua deben verse en el contexto temporal del incremento de la última década de las tarifas eléctricas con el escalón de 2008, poniendo atención a la fecha a la que hacen referencia. Se han encontrado pocos datos sobre la evolución temporal de los costes del agua y la gama de variación de costes entre captaciones individuales, con lo que no es posible ver la tendencia evolutiva de los costes marginales del agua, tanto en el Levante español como en Canarias (Apartado V.4). El conjunto de datos recopilados a continuación apenas permite formular diagnósticos acerca del futuro de los aprovechamientos de agua.

La Tabla V.3.1 resume los costes de extracción en las Cuenecas del Júcar, Segura y Mediterráneas Andaluzas, que son previos a la subida de las tarifas eléctricas.

**Tabla V.3.1.** Evaluación de los costes del agua en España (MIMAM, 2003) en el entorno del año 2000. Datos referentes a las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (antes Cuencas del Sur), Segura y Júcar. La elevación media se refiere hasta la boca del pozo. A estos costes hay que añadir los de la elevación hasta los depósitos o destino final o la puesta a presión de la red. Los datos son para antes del notable encarecimiento de la energía eléctrica.

Cuenca	Acuífero	Elevación media m	Coste de extracción €/m <sup>3</sup>
Mediterráneas Andaluzas	3 Alto Almanzora	10	0,04
	6 Bajo Almanzora	43	0,12
	11 Campo de Níjar	79	0,08
	12 Andarax-Almería	55	0,07
	14 Campo de Dalías	128	0,13
	15 Delta del Adra	16	0,04
Segura	8 Sinclinal de Calasparra	103	0,30
	9 Ascoy-Sopalmo	235	0,12
	10 Serral-Salinas	230	0,12
	11 Quibas	180	0,11
	16 Tobarra-Tedera-Pinilla	90	0,15
	27 Orce-María	149	0,25
	28 Alto Guadalentín	166	0,13
	29 Triásico de Carrascoy	154	0,28
	30 Bajo Guadalentín	70	0,08
	31 Campo de Cartagena	75	0,09
	32 Mazarrón	133	0,13
	33 Águilas	39	0,10
	Vinalopó (Júcar)	34 Sierra de la Oliva	50
35 Jumilla-Villena		170	0,15
36 Yecla-Villena-Beneixama		118	0,10
37 Almirante-Mustalla		58	0,08
43 Argüeña-Maigmó		166	0,21
44 Barrancones-Carrasqueta		54	0,12
45 Serra Aitana		55	0,09
48 Orcheta		40	0,08
49 Agost-Monnegre		120	0,14
50 Serra del Cid		280	0,21
52 Serra de Crevillent	280	0,19	

### Condiciones:

interés: 4%  
 amortización : en 20 años (instalaciones y captación)  
                   : en 10 años equipo eléctrico y bomba)  
 metro lineal de pozo: 144–264 €/m  
 línea eléctrica: 7600 €/km  
 bombas: a precio de mercado, operando con eficiencia 0,7  
 mantenimiento y operación: 2% del total  
 salarios: para abastecimiento, 1 hora/día de 1 operario todo el año: 5840 €/a  
           : para agricultura, 1 hora/día de 1 operario 4 meses: 1920 €/a  
 energía: 0,07 €/kWh  
 funcionamiento: abastecimiento 5840 hora/a  
                       : regadío 1440 hora/a

<sup>(1)</sup>Cuencas Mediterráneas Andaluzas

Según De Stephano et al. (2014), el agua de riego en España cuesta en promedio 0,12 €/m<sup>3</sup> a los agricultores, mientras que el Medio Vinalopó cuesta 0,29 €/m<sup>3</sup>.

En el Levante español los regantes pagaban en media de 200 a 500 €/ha/año por los servicios del agua, antes de la subida de las tarifas eléctricas, cuando la media española es de 100 €/ha/año para el agua superficial y 500 €/ha/año para el agua subterránea. El importe medio de lo que se

pagaba en total por el suministro de agua subterránea en parcela varía entre 200 y 2000 €/ha/año.

En la Tabla V.3.2 se refleja la productividad económica del terreno y del agua antes de la subida de las tarifas eléctricas. En promedio, el agua supone el 15% del margen neto.

**Tabla V.3.2.** Datos económicos del uso del agua subterránea en agricultura en el Levante español antes de la subida de las tarifas eléctricas. Datos de MARM (2007).

	Júcar	Segura	CMA <sup>(1)</sup>
% del agua a agricultura	80	90	80
Uso de agua en 2001			
hm <sup>3</sup> /a	en origen	1940	1048
	en parcela	1269	708
m <sup>3</sup> /ha/a	en origen	4007	4683
	en parcela	6126	6932
Pago total por el agua €/m <sup>3</sup>	0,09 (0,06–0,34)	0,21 (0,13–0,74)	0,15 (0,07–0,35)
Margen neto regadío/secano	9,4 (Alacant)	25,7	50,3 (Almería)
Coste medio del agua €/ha	hasta 1600 (Vinalopó)	700 (Segura)	400–500 (Almería)
		1350 (Guadalentín)	
Pagos por servicios de riego			
€/ha	subterránea	383	789
	superficial	97	184
	promedio	283	464
€/m <sup>3</sup>	subterránea	0,075	0,16
	superficial	0,02	0,04
	promedio	0,055	0,10

Los costes de extracción del agua subterránea en el Levante español, en el entorno de 2005, sin subvenciones y previos al notable incremento de las tarifas eléctricas, llegan a 0,30 €/m<sup>3</sup>, aunque el valor más frecuente es de 0,12 €/m<sup>3</sup> para usos de riego y 0,08 €/m<sup>3</sup> para uso urbano. La Tabla V.3.3 muestra los rangos de valores.

**Tabla V.3.3.** Costes de la extracción del agua subterránea para agricultura en el Levante español (MARM, 2007), en €/m<sup>3</sup>. Son valores anteriores al notable incremento de las tarifas eléctricas.

Cuenca	mínimo	media	máximo
Júcar	0,06	0,09	0,34
Segura	0,13	0,21	0,74
Mediterráneas Andaluzas	0,07	0,15	0,35

Los costes medianos de extracción en la Cuenca del Segura son de 0,21 €/m<sup>3</sup> (entre 0,16 €/m<sup>3</sup> en el acuífero de Cingla y 0,34 €/m<sup>3</sup> en el de Aledo-Llano de Cabras) más 0,24 €/m<sup>3</sup> de distribución y aplicación (entre 0,14 €/m<sup>3</sup> en el acuífero de Ascoy-Sopalmo y 0,65 €/m<sup>3</sup> en el de Serral-Salinas), totalizando 0,48 €/m<sup>3</sup> (hasta 0,89 €/m<sup>3</sup> en Serral-Salinas). El coste total mediano del agua en los acuíferos más intensamente explotados para regadío es de 0,48 €/m<sup>3</sup> (entre 0,33 €/m<sup>3</sup> en Ascoy-Sopalmo y 0,89 €/m<sup>3</sup> en Serral-Salinas y Sierra de Quibas). Según estas informaciones, destaca el relativo bajo costo del agua extraída del acuífero de Ascoy-Sopalmo, que es el más intensamente explotado. El PHS (2013) indica costes del agua subterránea de 0,16 €/m<sup>3</sup> en el Altiplano, de 0,18 a 0,24 €/m<sup>3</sup> en Ascoy-Sopalmo y el SE de Albacete y de 0,15 a 0,24 €/m<sup>3</sup> en la margen derecha del Segura.

El coste del agua para regadío en la Cuenca del Segura ha sido analizado por Martínez Vicente et al. (2013). En general se trata de una mezcla de aguas de distintos orígenes: superficial, subterránea, desalinizada, transvasada y regenerada. Los pagos normales del agua para horticultura varían entre 0,13 y 0,74 €/m<sup>3</sup>. En el SE de la Cuenca del Segura se paga entre 0,1 y 0,4 €/m<sup>3</sup> (0,15 €/m<sup>3</sup> en un año medio), con pagos por intercambio de agua entre 0,15 y 0,6 €/m<sup>3</sup>, que en el último periodo seco de 2006–2009 fueron en promedio de 0,35 €/m<sup>3</sup>. En la cuenca del Guadalentín, el coste del agua a los agricultores, según Garrido y Calatrava (2009), era de 0,05 €/m<sup>3</sup> si es de origen superficial, de 0,127 €/m<sup>3</sup> si procede del ATS, de 0,08 €/m<sup>3</sup> si es regenerada, entre 0,42 y 0,45 €/m<sup>3</sup> si es marina desalinizada y 0,18 a 0,30 €/m<sup>3</sup> si es de origen subterráneo.

En la primera mitad de la década del 2000 los pagos medios del agua en la Cuenca del Segura eran de 0,038 €/m<sup>3</sup> (185 €/ha) para las aguas superficiales y 0,163 €/m<sup>3</sup> (789

€/ha) para las aguas subterráneas (Garrido y Calatrava, 2009; Calatrava y Martínez-Granados, 2012; Colino Sueiras y Martínez Paz, 2007), pero no se recuperaban todos los costes, en especial el ambiental. Con recuperación total de costes los pagos se incrementarían entre 0,05 y 0,30 €/m<sup>3</sup>. Según el PHS (2013), en la Cuenca del Segura se recupera el 100% de los costes de la agricultura y el 88% en los municipios, aunque no se repercute la parte de obras superficiales, cuyo coste se atribuye a la laminación de avenidas, ni los costes del capital del ATS (se considera que la obra está ya amortizada), ni los costes ambientales.

Los pagos por servicios de riego antes de la subida de las tarifas eléctricas eran los de la Tabla V.3.4, de los que entre 250 y 350 €/ha/a eran en concepto de canon y tarifa y entre 0,02 y 0,04 €/m<sup>3</sup> por el agua. El precio medio del agua urbana era de 1,29 €/m<sup>3</sup> en 2002 (ETIS, 2008). Para el riego con aguas superficiales, el pago efectuado por las Comunidades de Regantes era 0,061 €/m<sup>3</sup> + canon + tarifa de utilización (0,03 €/m<sup>3</sup> para agua de la cuenca y 0,63 €/m<sup>3</sup> para agua transvasada) y 0,12 a 0,33 €/m<sup>3</sup> para las aguas subterráneas.

**Tabla V.3.4.** Pagos por servicios de riego en las Cuencas del Júcar y Segura (GAE-MMA, 2007), antes de la subida de las tarifas eléctricas.

	Cuenca del Júcar		Cuenca del Segura	
	€/ha	€/m <sup>3</sup>	€/ha	€/m <sup>3</sup>
Agua subterránea	383	0,075	789	0,16
Agua superficial	97	0,02	184	0,04
Promedio ponderado	283	0,055	464	0,10

En el área del Medio Vinalopó, la producción de uva de mesa de alto valor suponía pagos por el agua entre 1000 y 3300 €/ha/a para valores de la cosecha de 25.000 a 15.000 €/ha/a respectivamente (Llamas y Martínez Santos, 2006). En Asp (Aspe), el coste del agua de 0,33 €/m<sup>3</sup> suponía un gasto de 825 €/ha, más del orden del 25% de pérdidas en las conducciones, lo que elevaba el coste a 0,43 €/m<sup>3</sup> [JA]; estos valores dependen de la localidad, según los cultivos y condiciones. Debido al alto coste del agua de calidad suficiente se ha abandonado la cuarta parte de la superficie dedicada al cultivo de uva de mesa y una superficie no tan importante en Fondo de les Neus (Hondón de las Nieves) [JA]. Según datos en Carles et al. (2001) y Rico y Olcina (2000), en el Vinalopó-L'Alacantí-Vega Baja del Segura el coste medio del agua para el usuario era de 0,08 €/m<sup>3</sup> para el agua superficial y 0,26 a 0,29 €/m<sup>3</sup> para el agua subterránea, hasta 0,51 €/m<sup>3</sup>, antes de la subida de las tarifas eléctricas. La Memoria del Plan Hidrológico del Júcar (PHJ, 2014) indica unos costes medios del agua en el regadío de 669 €/ha, con un índice de recuperación de costes de 0,64.



El precio medio de 0,10 €/m<sup>3</sup> en el Campo de Cartagena en la década de 1990 ascendió a 0,16 €/m<sup>3</sup> en la sequía de finales del periodo; fue de 0,12 €/m<sup>3</sup> en el periodo 2006-2009 (Rigby et al., 2010), a los que el regante debía añadir una tasa de 0,10 €/m<sup>3</sup> por inversión, operación y mantenimiento, o sea un total de 0,22 €/m<sup>3</sup>; en el periodo 2007-2008 ese total fue de 0,26 €/m<sup>3</sup>.

El precio público del agua del ATS (Acueducto Tajo-Segura) varió entre 0,1 y 0,3 €/m<sup>3</sup> entre 1992 y 2001, con picos de hasta 0,75 €/m<sup>3</sup> (PHS, 2013). Actualmente los pagos por el agua para regadío son de 0,30 a 0,32 €/m<sup>3</sup> para el ATS y de 1,15 a 1,20 €/m<sup>3</sup> para la MCT (Mancomunidad de los Canales del Taibilla) [UPCT], que pueden ir creciendo con el encarecimiento de la energía. La oferta de agua regenerada se hace a 0,15 €/m<sup>3</sup> en el Campo de Cartagena y a 0,36 €/m<sup>3</sup> el agua desalinizada de la planta de Valdeltisco (cerca de Cartagena) [ADV, 2013 com. personal], que se puede considerar un pago por disponibilidad de estas infraestructuras y no por su coste real de producción. La capacidad máxima de pago en la Cuenca del Segura se ha evaluado en 0,24 €/m<sup>3</sup>, con una reducción del 10% en el margen neto de la producción agrícola.

Para un valor añadido (margen neto) de 0,75 €/m<sup>3</sup>, Rigby et al. (2010) calculan que la disposición al pago en Murcia es de 0,27 €/m<sup>3</sup>, que es inferior a los precios públicos del agua de desalinización (0,52 €/m<sup>3</sup>) y los calculados para el proyecto no realizado del transvase del Ebro (0,61 €/m<sup>3</sup>), a pesar de las notables subvenciones explícitas e implícitas. Para unos costes/precios medios del agua en el Campo de Cartagena de 0,21 €/m<sup>3</sup>, hasta 0,40 €/m<sup>3</sup>, según encuestas (Rigby et al., 2010) el valor medio de la disposición al pago es de 0,43 €/m<sup>3</sup>, hasta 0,95 €/m<sup>3</sup>. Esta disposición al pago varía según el tamaño de las explotaciones, desde entre 0,1 y 0,2 €/m<sup>3</sup> para los pequeños agricultores hasta 0,6 a 0,8 €/m<sup>3</sup> para los grandes, según se disponga o no de pozos, con valores medios de 0,22 €/m<sup>3</sup> para los que no los tienen, hasta 0,50 €/m<sup>3</sup> para los que disponen de ellos.

El agua subterránea juega el importante papel de dar seguridad de disponibilidad de agua, a pesar de que se han dejado de construir nuevos pozos. Las encuestas de Rigby et al. (2010) muestran que el agricultor del Campo de Cartagena estaría dispuesto a pagar del orden de 380 €/contrato de agua para incrementar en un 25% la seguridad de disponibilidad de agua, en especial cuando se trata de cultivos leñosos que conllevan una inversión a largo plazo. La disponibilidad de agua desalinizada en un lugar determinado es una alternativa interesante en cuanto a la seguridad, pero según el estudio realizado por Martínez-Granados y Calatrava (2014) en el Campo de Cartagena, aún con precios subsidiados del agua desalinizada no se evitaría el uso del agua subterránea en situaciones de escasez.

Para la costa granadina, antes de la subida de las tarifas eléctricas, los costes/precios del agua agrícola variaban entre 0,14 y 0,19 €/m<sup>3</sup>, con una media de la disposición

al pago de 0,27 €/m<sup>3</sup> y como mucho de 0,64 €/m<sup>3</sup>. Los riegos del Guadalquivir (Córdoba) podrían pagar 0,05 €/m<sup>3</sup> para casi toda la dotación de 5000 m<sup>3</sup>/ha/a, hasta 0,30 €/m<sup>3</sup> para 1000 m<sup>3</sup>/ha/a y hasta 0,96 €/m<sup>3</sup> para pequeños complementos de riego que salven la cosecha (Calatrava y Garrido, 2005).

En suministros de agua agrícola a través de entidades se suele aplicar una tarifa binomial para considerar los costes fijos. Para Riegos de Levante (riego con aguas superficiales de 4200 ha con dotación de 5100 m<sup>3</sup>/ha/a) los componentes son 25 €/ha y 0,184 €/m<sup>3</sup>. Para la Comunidad de Usuarios de Novelda (riego con agua subterránea de 2060 ha con dotación de 6000 m<sup>3</sup>/ha/a) son 85 €/ha y 0,151 €/m<sup>3</sup>. El pago medio por el agua que hace el agricultor sería de 0,45 €/m<sup>3</sup> en la Cuenca del Júcar.

Las tarifas de la Comunidad de Usuarios del Alto Vinalopó para el periodo 2013-2014 son de 0,10, 0,18 y 0,33 €/m<sup>3</sup>, según los usos, con un valor promedio de 0,20 €/m<sup>3</sup>, a los que se suma una derrama por gastos fijos que incluye el mantenimiento de las baterías de pozos de sequía [MS]. La Sociedad del Canal de la Huerta vende el agua propia del Alto Vinalopó a 0,30 €/m<sup>3</sup>. Según [JA], en el Alto Vinalopó se usan para regadío 37 hm<sup>3</sup>/a de agua, con un gasto de 12 M€, que dejan un beneficio neto de 6 M€, y en el Medio Vinalopó 65 hm<sup>3</sup>/a, con un gasto de 72 M€ y un beneficio de 43 M€.

El ATS aplica al SCRATS una cuota ordinaria (de explotación) de 0,15 €/m<sup>3</sup> y otra por consumo de energía de 0,09 €/m<sup>3</sup>, lo que totaliza una tarifa de servicio de 0,24 €/m<sup>3</sup>. Las Comunidades de Regantes, por el pase de agua en alta a agua en parcela pagan en promedio una carga fija de 15 €/ha (hasta 135 €/ha según circunstancias) y una cuota variable 0,23 €/m<sup>3</sup>. Esto supone en promedio 0,12 €/m<sup>3</sup>, que ha ascendido hasta 0,17 €/m<sup>3</sup> con el encarecimiento de la energía. El agua superficial de la cuenca del Segura cuesta en promedio 0,023 €/m<sup>3</sup> y las aguas subterráneas 0,30 €/m<sup>3</sup>.

En Almería, en 2012 se aplicaba una carga fija media de 19,6 €/ha (entre 15 y 20 €/ha) y una tarifa volumétrica media de 0,41 (entre 0,22 y 0,47) €/m<sup>3</sup>, lo que resulta en un coste medio total de 0,41 €/m<sup>3</sup> [JB].

Un importante aporte de agua al Levante español es la desalinización de agua del mar. Los precios ofrecidos encubren subvenciones, bien en los cálculos de amortización (no se considera totalmente por tomarse como aportaciones públicas de interés general o son aportaciones sin devolución de la Comunidad Europea) o por no tener en cuenta el importante sobrecosto que supone una baja utilización de la planta. De este modo se distorsiona la economía local al no repercutir totalmente los costes. No obstante, tienen un importante valor añadido en cuanto a la seguridad de disponibilidad de agua, tanto para abastecimiento como para agricultura, que no se ha encontrado valorado.

### V.3.2. Productividad económica del agua y del agua subterránea

El margen bruto del regadío en la Cuenca del Segura es del orden de 3,4 €/m<sup>3</sup> y de 0,6 €/m<sup>3</sup> en los lugares en que se aplica agua del ATS; para invernaderos es de más de 7,2 €/m<sup>3</sup>, hasta 12 €/m<sup>3</sup> [ADV, 2013 com. personal]. El margen neto es de 0,20 €/m<sup>3</sup> hasta 2,5 €/m<sup>3</sup>, y más de 1,85 €/m<sup>3</sup> para los invernaderos. En las Tablas 5.3.5 y 5.3.6 se aportan algunos valores de la productividad agrícola y en la Figura V.3.1 se muestran gráficamente las productividades para el Campo de Dalías. Según GAE-MMA (2007), el margen neto del agua puesta a pie de parcela regada en el Levante español, antes de la subida de las tarifas eléctricas, era de hasta 3,6 €/m<sup>3</sup> para los cultivos bajo plástico, 1,2 €/m<sup>3</sup> para las hortalizas, 0,6 €/m<sup>3</sup> para el viñedo, 0,55 €/m<sup>3</sup> para los frutales no cítricos y 0,4 €/m<sup>3</sup> para los cítricos.

En la cuenca del Guadalentín se menciona una productividad del agua de 21.000 €/ha y 0,92 €/m<sup>3</sup>, que es una de las mayores de Europa (Garrido y Calatrava, 2009), con un valor de la producción a precios de mercado de 448 M€ y de 156 € para el margen neto, con 12.200 empleos totales anuales asociados.

La productividad está muy ligada a los progresos en las técnicas de regadío y selección de cultivos. En Almería entre 1975 y 2011 se ha pasado de 10.000 a 13.000 €/ha y de 100 a 230 t/ha, reduciendo de 100 a 50 €/kg los costes de producción [JB].

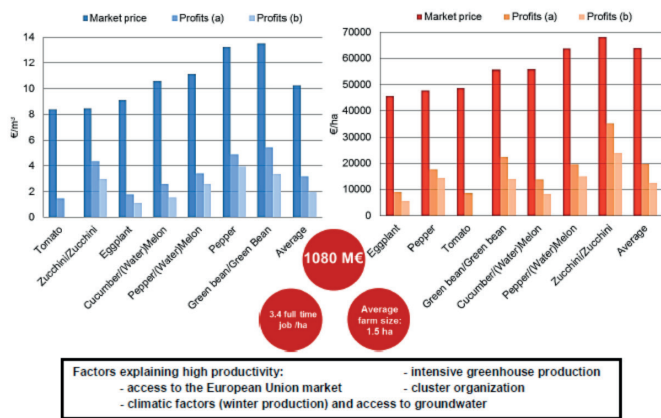
Tabla V.3.5. Productividad del agua en el Levante español y Canarias, según datos elaborados por De Stephano et al. (2014).

Área	España	Júcar	Júcar	CMA	Canarias
Superficie regada total, 10 <sup>3</sup> ha	3345	490	200	210	25
Superficie regada agua subterránea, 10 <sup>3</sup> ha	945	160	70	85	25
Uso agua total, hm <sup>3</sup> /a	12000	1655	800	755	170
Uso agua subterránea, hm <sup>3</sup> /a	3220	535	270	310	170
Producción, M€/a, para agua total	15300	2260	1450	2460	340
Producción, M€/a, para agua subterránea	4730	410	585	1385	340
Uso agua subterránea/total	0,31	0,18	0,40	0,56	1,0
Producción/superficie total, €/ha	4600	4600	7200	11700	13600
Prod./superficie con agua subterránea €/ha	5000	2600	8400	16300	13600
Prod./uso para el total, €/m <sup>3</sup>	1,3	1,4	1,8	3,3	2,0
Prod./ uso para agua subterránea €/m <sup>3</sup>	1,5	0,8	2,2	4,5	2,0
Dotaciones para el total, m <sup>3</sup> /ha/a	3590	3380	4000	3600	6800
Dotaciones para agua subterránea m <sup>3</sup> /ha/a	3410	3345	3860	3600	6800

Tabla V.3.5. Productividad del agua en el Levante español y Canarias, según datos elaborados por De Stephano et al. (2014).

	Aguas subterráneas		Aguas superficiales	
	€/ha/a	€/m <sup>3</sup>	€/ha/a	€/m <sup>3</sup>
Júcar	383	0,07	97	0,02
Segura	790	0,16	184	0,04

La productividad económica del agua aplicada en los campos de golf de Almería es de 1,3 €/m<sup>3</sup> (ETICMA, 2010).



**Figura V.3.1.** Productividad económica neta del agua y del terreno en los cultivos intensivos de alta rentabilidad del Campo de Dalías para los principales cultivos, basados en los precios de mercado de los productos y los beneficios, según se trate de trabajo familiar (a) o de trabajo contratado (b), según Dumont et al. (2014).

La productividad del regadío puede estar afectada por la salinidad del agua aplicada. En el área agrícola regada con agua subterránea de la Serra de Crevillent, debido al aumento de salinidad (véase el Capítulo III) se ha pasado de 25.000 €/ha/a a 12.000 €/ha/a, con un coste del agua adquirida inicial de 1000 €/ha/a y que se ha incrementado entre el 5% y el 10% (De Stephano et al., 2014).

En los regadíos más productivos de Almería, como en el Campo de Dalías, el coste del agua es una fracción pequeña del coste total de la explotación agrícola, entre el 3 y 8%, aunque es mayor en otros casos: del 10 al 20% en Huércal-Overa (Cuenca del Almanzora), del 25 al 35% en otros regadíos de Almería e incluso de más del 35% en algunos lugares del interior (interpretado de Corominas, 2013). Según [JB], para los invernaderos almerienses el agua supone alrededor del 2,6% de los 57.000 €/ha/a de gastos totales de cultivo.

El agua subterránea se obtiene a un coste muy por debajo del precio muy subvencionado de 0,39 €/m<sup>3</sup> al que se ofrece el agua desalinizada. El coste/precio del agua subterránea no tiene en cuenta las externalidades y otros costes, lo cual es también una subvención encubierta a cargo de la sociedad.

Mientras en numerosas áreas españolas el margen neto agrícola era inferior a 500 €/ha/a, en el Levante español podía fácilmente superar 6000 €/ha/a GAE-MMA (2007), de modo que las subvenciones a la agricultura derivadas de la PAC (Política Agraria Comunitaria) en Alicante, Murcia y Almería es escasamente el 1% de los ingresos para cul-

tivos de viñedo, hortalizas y frutales de clima templado y tropicales, con productividades de 1,4 €/m<sup>3</sup> de agua aplicada. Esta es una gran diferencia con otras áreas españolas, donde el impacto es mucho mayor, como en Cáceres (36%) y Jaén (30%), según GAE-MMA (2007).

En Almería, según Van Cauwenbergh et al. (2007), la agricultura intensiva produce directa e indirectamente un valor añadido bruto de cerca de 1150 M€ con casi 70.000 empleos agrarios totales (algo más del 40% de la provincia), con 30.000 €/empleo agrario (valor conjunto de €/38.000 empleo) mientras que en España es de 19.000 €/empleo agrario (valor conjunto de €/36.000 empleo). Las 270.000 ha regadas en la Cuenca del Segura tienen una producción económica media de 10.600 €/ha/a, con un margen neto de 4200 €/ha/a (PHS, 2013).

### V.3.3. Precios del agua importada y de transacciones

El alto precio del agua que se puede asumir en los cultivos de alto rendimiento en el Levante español hace posible que se demande y adquiera agua de otras cuencas a través de los esquemas de transferencia que permite la actual legislación de agua en España a través de la oferta pública de adquisición de derechos, como se comenta en el Apartado VI.5 del Capítulo VI. La experiencia es aún limitada.

La transferencia de 80 hm<sup>3</sup> del Medio Guadalquivir a la Cuenca del Almanzora (Almería) a través del embalse del Negatín se ha hecho a 0,15–0,18 €/m<sup>3</sup> a agricultores concesionarios en un momento de demanda punta, con acuerdos de cesión de agua de 5 años; además se han comprado 1400 ha de terrenos de arrozales en Doñana (Huelva) con vista a intercambiar caudales tras acomodar concesiones.

Según Garrido et al. (2013), en 2007–2008 el Sindicato General de Regantes del Acueducto Tajo–Segura (SCRATS) adquirió 60 hm<sup>3</sup> de agua de la Cuenca del Tajo (cedidos por las Comunidades de Regantes de Estremera y Vega de Aranjuez) y del Alto Guadiana (Mancha Occidental) a un precio medio de 0,17 €/m<sup>3</sup> y máximo de 0,19 €/m<sup>3</sup> y más tarde a 0,12 €/m<sup>3</sup>. Sobre estos precios el ATS carga 0,15€/m<sup>3</sup> en concepto de servicio al agua para riego y 0,21 €/m<sup>3</sup> a la de abastecimiento, pero no se considera el uso de la infraestructura pública para el transporte, lo que es una forma de subvención encubierta. El coste de gestión de la transferencia de aguas se evalúa en 0,09 €/m<sup>3</sup>. La Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT) ha adquirido agua del ATS para abastecimiento a 0,28 €/m<sup>3</sup> en una primera ocasión y a 0,23 €/m<sup>3</sup> en una segunda ocasión y carga alrededor de 0,02 €/m<sup>3</sup> por los servicios que presta de conducción de aguas del ATS.

El transvase Júcar-Vinalopó tiene una inversión de 320 M€, más 60 M€ de la desalinizadora de Mutxamel. Supone elevar el agua cerca de 700 m, con un coste subvencionado del orden de 0,3 €/m<sup>3</sup>, que aun así es alto para el área {VR}.

En el caso de la cesión de agua del Alto Guadiana al ATS se consideraron producciones cesantes de los cedentes de 60 a 100 €/ha/a, para dotaciones de 1500 a 2500 m<sup>3</sup>/ha/a. La merma económica a compensar a los regantes cedentes se evaluó entre 0,02 y 0,04 €/m<sup>3</sup>. Para el transvase de la Cuenca del Guadalquivir al Negatín-Almanzora la compensación se ha evaluado entre 0,04 y 0,21 €/m<sup>3</sup> (media de 0,124 €/m<sup>3</sup>) [ADV, comunicación personal]. En las transferencias se considera que el agua transvasada no tiene valor inicial, de modo que los precios aplicados al usuario resultan indirectamente subvencionados.

Además de estos intercambios de aguas públicas, que en general son aguas superficiales, se ha producido y se producen intercambios y cesiones de agua entre particulares, con los mercados bien establecidos de Gran Canaria y Tenerife, y también de La Palma, a los que se hace referencia en el Apartado V.4 y en el Apartado VI.5.3 del Capítulo VI. Con mucho menos desarrollo y de forma más informal también existen transacciones entre particulares en el Levante español (Hernández-Mora y De Stephano, 2013; Sanchis-Ibor et al., 2013). En la Costa de Granada, en las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, al sur del área aquí considerada, los intercambios de agua entre privados, mediante participaciones de aproximadamente 1500 m<sup>3</sup>/a, se han realizado a precios acordados entre 1,7 y 2,0 €/m<sup>3</sup> en momentos de gran demanda.

## V.4 Costes y precios del agua y del agua subterránea en Canarias

Aquí valen las mismas consideraciones hechas al inicio del Apartado V.3, sobre la información a lo largo del tiempo y de unas captaciones de agua respecto a otras. Sólo en el caso de Tenerife hay algunos datos de la evolución.

Bajo un paraguas común hay diferencias importantes entre las diferentes islas del archipiélago de Canarias y concretamente entre Gran Canaria y Tenerife, como se ha indicado en el Apartado IV.1.7 del Capítulo IV. La mayor parte de las aguas naturales utilizadas en Canarias son subterráneas, a pesar de que en Gran Canaria hay un buen número de presas de embalse para aprovechar la escorrentía ocasional de los barrancos. La gran importancia social y económica del agua viene desde la incorporación a la Corona de Castilla en el último tercio del siglo XV. Su propiedad fue uno de los objetivos de la desamortización del siglo XIX en el caso de Gran Canaria (Ojeda Quintana, 1997), aunque no en Tenerife. El agua fundamenta la existencia de instituciones dedicadas a su uso, como las Heredades y las Comunidades de Aguas, que se comentan en el Apartado VI.3 del Capítulo VI, las que juegan un importante papel social y económico (Aguilera Klink, 2001).

La asignación de los recursos hídricos se caracteriza por la presencia hegemónica de los mercados de agua (véase el Capítulo VI) frente a otras fórmulas concurrentes, prin-

cipalmente en Tenerife, por lo que casi todos los costes directos derivados de la captación, aprovechamiento y transporte se recuperan a partir del precio del agua cuando se comercializa dentro del sector privado, pero no todos cuando se trata de la oferta pública de agua.

La agricultura tiene actualmente poco peso relativo en la economía local, aunque la presión agrícola persiste en algunas islas, como en Tenerife y La Palma. La agricultura aporta el 9% del PIB regional, incluyendo la pesca, mientras que los servicios aportan casi el 65%. Actualmente se importa del exterior algo más del 50% de los productos industriales que se consumen. Según una estimación algo anticuada, el valor añadido bruto por trabajador es de 2100 €/a para la agricultura y 5600 €/a para los servicios; actualmente puede ser bastante mayor {AHL}. La economía agrícola fue esencial en la primera etapa de desarrollo, muy ligada a la transformación de productos primarios, intensiva en trabajo y con técnicas al uso. Se ha avanzado hacia productos agrícolas especializados para exportación con técnicas de riego mejoradas. Las subvenciones a la agricultura son limitadas: al plátano (0,03 €/kg) y al transporte del tomate {FO}, más algunas subvenciones a la Comunidades de Agua por el Gobierno de Canarias desde 1991, que anteriormente no existían, pero que suponen menos del 1% de los ingresos totales (Hoyos-Limón y Puga, 2007).

El coste de producción medio del agua es de 0,45 €/m<sup>3</sup> en Tenerife e incluye 0,10 €/m<sup>3</sup> en concepto de funcionamiento como empresa de agua y 0,05 €/m<sup>3</sup> por uso de canalizaciones (Hoyos-Limón y Puga, 2007).

La prolongación de las galerías de agua existentes en Tenerife, cuando es autorizado, supone inversiones de 1500 a 2000 €/m, de los que del orden del 40% corresponden al uso de explosivos {SR}. El análisis realizado por Hoyos-Limón y Puga (2007) muestra costes de prolongación entre 800 y 1600 €/m, con un valor medio de 1600 €/m. El coste del agua producida está muy influido por la tasa de interés, con valores de 0,04, 0,17 y 0,18 €/m<sup>3</sup> para tasas de interés de 2%, 8% y 12% respectivamente. Actualizando el poder adquisitivo de la moneda a 2005, el coste de prolongación ha evolucionado: 310 €/m en 1954, 250 €/m en 1965 y 1200 €/m en 2005. Eso lleva a una evolución de los costes de producción del agua de las galerías de Tenerife que varía según el año de inicio de los trabajos: 0,05 €/m<sup>3</sup> para 1930, 0,01 €/m<sup>3</sup> para 1950, 0,35 €/m<sup>3</sup> para 1970, 0,75 €/m<sup>3</sup> para 1980, 0,85 €/m<sup>3</sup> para 1990 y 1,25 €/m<sup>3</sup> para 2000. De ahí que actualmente no se inicien galerías nuevas y sólo se extiendan las existentes. Para los pozos canarios y sondeos los costes de explotación eran del orden de 0,31 €/m<sup>3</sup> en 2005, contando con que el agua hay que dejarla disponible a una cota media de 500 m para entregarla a la red principal de canales (Hoyos-Limón y Puga, 2007).

Los consumos energéticos tipo en Tenerife son: 1,54 kWh/m<sup>3</sup> para extraer agua subterránea, 3,00 kWh/m<sup>3</sup> para

desalinizar agua marina, 1,60 kWh/m<sup>3</sup> para desalobrar aguas subterráneas y 0,83 kWh/m<sup>3</sup> para reducir la salinidad del agua usada regenerada.

Para las aguas regeneradas se considera que el coste de tratamiento hasta la norma de vertido lo ha de cubrir el explotador de la EDAR a cargo de los usuarios del saneamiento, de modo que el agua regenerada debería cubrir sólo los costes del tratamiento adicional, el almacenamiento y el transporte a los lugares de distribución en alta. La realidad puede ser diferente a causa de los problemas económicos de los municipios.

El coste total del agua regenerada en 2010 en Gran Canaria era de 1,39 €/m<sup>3</sup> (1,07 €/m<sup>3</sup> para amortizar la inversión y 0,32 €/m<sup>3</sup> para la explotación) y comprende tratamiento terciario, conducción, bombeo y regulación en depósitos (ADV, 2013 com. personal). El agua a regenerar procede de 14 instalaciones, como afluente terciario producido a un coste de 0,80 €/m<sup>3</sup> (entre 0,5 y 1,7 €/m<sup>3</sup>), de los que 0,47 €/m<sup>3</sup> (entre 0,02 y 0,9 €/m<sup>3</sup>) son de explotación y amortización de la inversión y 0,33 €/m<sup>3</sup> de transporte.

La parte a cubrir por los usuarios del agua regenerada es el tratamiento adicional, unos 0,60 €/m<sup>3</sup>. Los precios finales resultantes pueden ser mayores si se requiere desalobración. Pueden disminuir si se aplican subvenciones.

El precio de las aguas regeneradas en Tenerife en 2005 era de 0,39 €/m<sup>3</sup> (ETITF (2008), de los que 0,10 €/m<sup>3</sup> son de adquisición a la EDAR, 0,16 €/m<sup>3</sup> por el tratamiento adicional de depuración y el resto de transporte.

El Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria tiene regulados en ordenanzas de 2004, aún vigentes, los precios de venta del agua de presa y regenerada que gestiona, como muestra la Tabla V.4.1. El precio público para el agua de mar desalinizada es de 0,90 €/m<sup>3</sup>. La facturación es bimestral por bloques progresivos (ETIGC, 2009), con escalones de 15, 30, 45 y 60 m<sup>3</sup> a precios respectivos de 21, 44, 73 y 106 €, aunque pueden haber variaciones según la zona. Se recuperan los costes de operación y mantenimiento y parte de los de reposición (JLG), sin planificación a largo plazo.

**Tabla V.4.1.** Precios públicos de aguas de presa y depurada en Gran Canaria, según el Anuncio 4280 de 26-03-2004 del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria [Boletín Oficial de la Provincia de Las Palmas, 37, de 26-03-2004: 4280-4282]. El agua regenerada es la que sale directamente de la EDAR y tiene menor tratamiento que el agua de terciario. Precios en €/m<sup>3</sup> (originariamente en €/hora de agua, con 36 m<sup>3</sup> la hora de agua).

Ubicación	Agua de presa	Agua de terciario		Agua regenerada según CE en µS/cm		
		propio	de otros	CE <1500	CE 1500– 2300	CE >2300
Zonas bajas (<300 m)	0,42*	0,42	0,49	0,33	0,25	0,20
Medianías (>300 m)	0,33	0,42	0,49	0,26	0,26	0,13
CE = conductividad eléctrica						

\*Incremento de 0,083 €/m<sup>3</sup> si hay bombeo desde las presas de Chira-Caldera de Tirajana

En el mercado grancanario los precios del agua se sitúan entre 0,6 y 0,7 €/m<sup>3</sup> en promedio {FR} para los 200 a 300 pozos actualmente en operación. Pueden ser de 1,0 €/m<sup>3</sup> para uso industrial y doméstico, de 1,4 €/m<sup>3</sup> para abastecimiento turístico y de 0,5 €/m<sup>3</sup> para agua agrícola. El CIAGC (Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria) oferta el agua que gestiona a precios públicos medios de 0,60 €/m<sup>3</sup> a los agricultores y 0,70 €/m<sup>3</sup> a los abastecimientos {FR}, pero no se cubren todos los costes. El agua desalinizada se produce a 0,09 €/m<sup>3</sup>. En comparación, el agua de los embalses (presas) del Sur, de muy buena calidad, tiene costes de 0,03 a 0,04 €/m<sup>3</sup>; el sector turístico (incluidos los campos de golf) pagaría por esa agua hasta 2 €/m<sup>3</sup> {FR}.

Parte del precio del agua de oferta pública es fijado bajo directrices políticas, que en parte están orientados a una mejor gestión, cubrir objetivos socio-económicos y reducir las ineficiencias que los intermediarios introducen en el mercado del agua {JLG}, que en general son los que más se benefician del comercio del agua. En Gran Canaria, el agua supone del 9 al 12% del gasto total de la explotación agrícola (GAE-MMA, 2007).

En Tenerife, los mayores arrendatarios de aguas son los municipios. Los precios de los arriendos se derivan de subastas entre propietarios e intermediarios de agua, los que son el referente para otros contratos entre particulares y entidades privadas (Hoyos-Limón y Puga, 2007). Salvo para las entidades públicas, que son la principal fuente de información de los precios, no hay constancia documental de las otras transacciones ya que frecuentemente son verbales. La calidad tiene poca influencia en el precio del agua, en especial porque el agua que llega al usuario es una mezcla.

Para el abastecimiento a Santa Cruz de Tenerife (EMMASA), los precios se han estabilizado en el entorno de 0,05 €/m<sup>3</sup>, aunque pueden fluctuar entre 0,22 y 0,65 €/m<sup>3</sup>. En el Canal del Sur los precios han ido decayendo desde 0,06 €/m<sup>3</sup> en 1990 hasta 0,55 €/m<sup>3</sup> en 2004, mientras que en la zona Sur han crecido desde 0,22 €/m<sup>3</sup> en 1967 a un valor más o menos estable de 0,05 €/m<sup>3</sup> en 2005 (Hoyos-Limón y Puga, 2007), referido al valor adquisitivo de 2005. Los precios varían territorialmente hasta en un factor 3, en general creciendo de norte a sur y de este a oeste. En 2005 los precios mayores del agua fueron de 0,07 €/m<sup>3</sup> y los menores de 0,45 €/m<sup>3</sup> en los lugares con mayor abundancia de agua y menos usos urbanos (Hoyos-Limón y Puga, 2007). Estos precios hacen referencia a arriendos anuales de agua. Para los contratos a tiempo inferior a un año los precios pueden llegar a duplicarse o triplicarse en momentos de alta demanda y casi anularse en invierno, cuando hay una buena oportunidad de adquisición si se dispone de volumen para el almacenarla hasta el momento de uso.

Parte de las aguas subterráneas captadas en Tenerife tienen un notable exceso de flúor (ión fluoruro) y no son aptas para consumo humano. Para su aprovechamiento se suele recurrir a la mezcla con otras aguas de bajo contenido, si están disponibles.

De otro modo se recurre a su eliminación por tratamiento con membranas en un proceso selectivo de reducción de salinidad, con costes entre 0,35 y 0,45 €/m<sup>3</sup> según los proyectos existentes, como la planta de 4000 m<sup>3</sup>/d de La Guancha (Cruz de los Tarifes), para Santa Cruz de Tenerife, con inversión de 2,4 M€, la de Vergara (Altos de Icod) de 15 M€ o la de Tacoronte de 0,5 M€. El coste del tratamiento puede llegar a 0,05 €/m<sup>3</sup> (CIATF).

Para el análisis de la economía del archipiélago canario sólo se dispone de las tablas input-output de 1977 (CAN-HIDRO, 1980; TIOCAN, 1980), que están ya muy desfasadas y corresponden a circunstancias económicas y sociales diferentes de las actuales. No se han actualizado posteriormente ni probablemente se vaya a hacer dado que los rápidos cambios de la economía de las últimas décadas hacen que esta herramienta sea actualmente un instrumento de análisis económico poco útil.

El valor total del agua en Gran Canaria se refleja en la Tabla V.4.2.

Tabla V.4.2. Valoración del "mercado" del agua en Gran Canaria en 1998 (PHGC, 1998).

### Según el origen del agua

	Desalinizada	Superficial	Subterránea	Regenerada	Distribución + beneficios	Total
M€	40,6	1,7	24,0	1,7	40,0	108,0
%	37,6	1,6	22,2	1,6	37,0	100

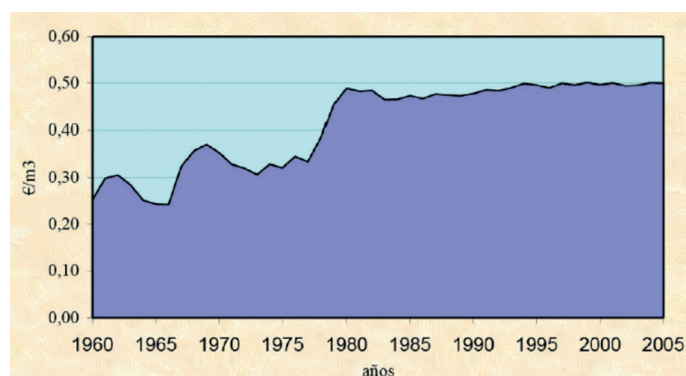
### Según el destino del agua

	Urbana	Turística	Agrícola	Industrial	Total
M€	44,0	15,7	41,5	6,8	108,0
%	40,4	15,2	38,2	6,2	100

Los precios de adquisición del agua en términos de moneda constante han variado poco a lo largo del tiempo, aunque han aumentado para el abastecimiento a las urbes importantes, como Santa Cruz de Tenerife (Fig. V.4.1). En Tenerife, los precios del agua de cada momento no han crecido en relación al IPC o incluso han quedado por debajo {SAVASA} y en cualquier caso por debajo de lo que marca el CIATF (Consejo Insular de Aguas de Tenerife) a través de la empresa pública BALTEN (Balsas de Tenerife), aunque en 2008 se produjo un aumento a causa del incremento brusco del precio de la energía eléctrica. Los pagos a privados por el transporte de agua están por debajo de lo que marca el CIATF para sus actuaciones. El CIATF no ha intervenido los precios de mercado, salvo en una ocasión de escasez acentuada, pero con resultados contrarios a lo buscado {SAVASA}, aunque influye en el mercado a través de la oferta de agua que hace a través de BALTEN, por ejemplo a 0,49 €/m<sup>3</sup> al Norte de Tenerife {ER}.

En la Tabla V.4.3 se recogen los precios de compra del agua en Gran Canaria según la prensa escrita. Estos precios varían de un lugar a otro, por zonas, según los cultivos y demandas urbanas, que en Gran Canaria son aproximadamente Telde-Sudeste, Arucas, Noroeste, La Aldea, Medianías y Cumbre. Algo similar ocurre en Tenerife, con dos áreas principales, Norte-Área Metropolitana (Santa Cruz de Tenerife y La Laguna) y Sur-Sudoeste.

Las tarifas de agua de abastecimiento en Gran Canaria, aunque varían ampliamente según la localidad, en promedio son de 1,5 €/m<sup>3</sup>.



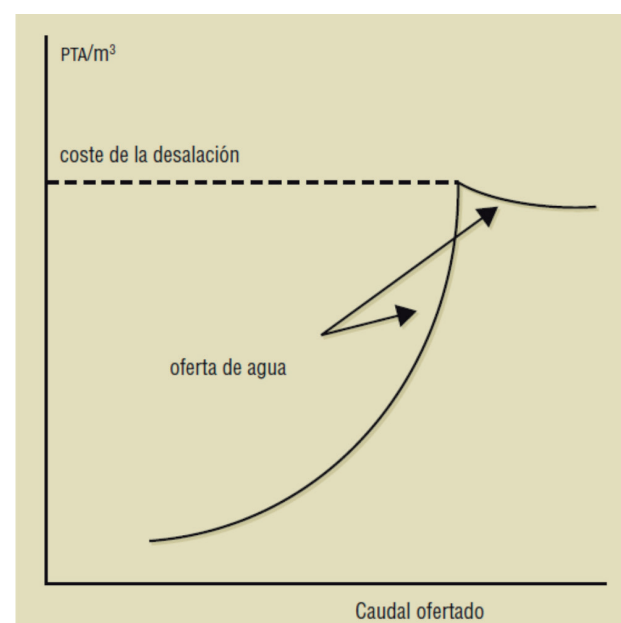
**Fig. V.4.1.** Evolución del coste del agua adquirida por el suministro de Santa Cruz de Tenerife en moneda de valor constante. Según Hoyos-Limón (2000) y Hoyos-Limón y Puga (2004), extendida y convertida a € por Hoyos-Limón (ANEJO I).

**Tabla V.4.3.** Precios del agua en Gran Canaria según la prensa escrita ([FO], com. personal), actualizados a 2008 según los factores indicados al inicio de la Sección V.2.1. Cifras redondeadas. FA es el factor de actualización de pta/m<sup>3</sup> del año a €/m<sup>3</sup> de 2008; of. = precio oficial de oferta pública.

Fecha	Precio pta/m <sup>3</sup>	FA	Precio €/m <sup>3</sup> 2008	Observaciones
11-1974	10-14	0,705	1,3-1,8	escasez
09-1983	120	0,278	3,4	pozo
	260-390	0,278	7,2	oferta desalinización
12-1983	28 / 122	0,028	0,8 / 3,4	Sur / Norte
09-1989	61-69	0,021	1,3-1,5	mercado
08-1998	42 / 260	0,012	0,5 / 3,1	según zona
	42	0,012	0,5	depurada
12-1998	110-170	0,012	1,3-2,2	según zona
10-2000	55 / 150	0,012	0,7 / 1,8	Arucas / en punta
06-2008	-	-	0,50-0,75	pozos y presas
	-	-	0,35-0,55	regenerada
	-	-	0,50-0,83	desalinizada
10-2011	-	-	0,28	Tejeda, invierno
	-	-	0,55-0,83	Tejeda, verano
	-	-	0,58-1,00	según zona
01-2012	-	-	0,50	regenerada a <300 m
	-	-	0,50-0,80	mercado
05-2012	-	-	0,25-0,33	of. de secundario
	-	-	0,42-0,78	of. presas y terciario
	-	-	0,59	of. desaliniz. para riego
	-	-	0,70	of. desaliniz. para abastec.

El precio del agua en un momento determinado presenta cierta elasticidad a la demanda. Cuando alcanza el precio del agua de mar desalinizada y las plantas desalinizadoras están disponibles se tiene oferta de agua adicional a ese precio; incluso puede abarataarse a mayor suministro por mejoras asociadas al factor de escala al aumentar del tamaño de las plantas desalinizadoras (Fig. V.4.2). Pero este análisis es teórico, ya que el precio ofertado que cubra costes de producción depende de la utilización de las plantas. De otro modo hay una subvención o una compensación encubierta.

**Fig. V.4.2.** Relación precio del agua-caudal ofertado en las regiones costeras. A partir de cierto nivel de costes y gracias a la economía de escala de la desalinización, la oferta de agua llega a tener elasticidades negativas [según Hoyos-Limón, 2000], suponiendo funcionamiento durante el máximo número de horas anuales posible.





Según el PHTF (2013), la incorporación o la posibilidad de incorporación del agua marina desalinizada al mercado ha permitido la estabilización de los precios de compra del agua subterránea. La utilización del agua regenerada está condicionado por el precio de mercado del agua en el área donde se produce, que debe permitir el tratamiento y el transporte. En el Sur de Tenerife ambas aguas son competitivas hasta cotas de 400 a 500 m, pero en el Norte ni una ni otra pueden competir con los precios locales del agua de origen subterráneo, aunque la posibilidad de disponerlas ayuda a contener las tendencias alcistas de los precios en determinadas épocas.

En el Norte de Tenerife, la venta de agua concertada por SAVASA ha disminuido en un 20% entre los años 2008 y 2013. Actualmente hay capacidad de producción y transporte de agua no empleada.

Como evaluaciones rápidas orientativas, para un valor económico medio del agua de 0,05 €/m<sup>3</sup>, el valor de las reservas de agua subterránea drenadas durante el siglo XX en Tenerife se puede estimar en 3000 M€ (Hoyos-Limón y Puga, 2007), a una tasa actual de 60 M€/a, a los que hay que descontar unos gastos de 10 M€/a para corregir la pérdida de calidad (0,18 €/m<sup>3</sup>).

## V.5 Tasación de la explotación del agua subterránea

Desde un punto de vista económico, la explotación del agua subterránea supone unos costes adicionales por externalidades a los usuarios actuales y futuros, como el incremento del coste de explotación para todos los usuarios a medida que aumenta la profundidad del nivel del agua o el cese en el caso de secado de las captaciones (Sánchez-González, 1989b; Young, 1993).

De algún modo hay que compensar los costes debidos al valor del agua subterránea en el acuífero (como coste de oportunidad), a los efectos sobre otros explotadores, otros usuarios y al medio ambiente y de lo que cuesta el estudio, vigilancia y control o serán compensados al detracer recursos económicos actuales o futuros de la sociedad, reales o como pérdida patrimonial.

Para acercar los precios y tarifas del agua a los que tendría en caso de buscar una explotación sustentable, cabe establecer tasas y otras fórmulas de gestión de un recurso común. Hay escasa experiencia de aplicación de tasas para lograr la explotación sustentable, es decir tratar de compensar las externalidades negativas antes mencionadas, y aún menos en cuanto a cómo recaudar y aplicar esas tasas. La aplicación parece más fácil en el caso de las aguas superficiales por las mayores obras y más identificables usuarios que en el caso de las aguas subterráneas. Esas tasas no son conceptualmente diferentes del resarcimiento de costes por el abastecimiento o saneamiento o por los

terrenos, viviendas e inmuebles, aunque hay diferencias importantes en el detalle, en la plasmación legal-administrativa del devengo y en cómo recaudarlas ya que no hay un servicio previo cuya posible suspensión induzca al pago.

Los permisos de extracción y la gestión justifican que se tenga que pagar por el agua a las entidades que controlan los derechos, además de cubrir las cargas por su administración.

Se hace en Francia y España para financiar la vigilancia y el control que realizan las agencias de cuenca que gestionan el agua superficial. Se aduce como ejemplo en el estudio europeo realizado por ECOTEC (2014), pero no afecta específicamente al agua subterránea. Según este estudio, en Europa se han establecido tasas sobre el agua subterránea en Alemania, Dinamarca y los Países Bajos, principalmente sobre el uso doméstico, urbano e industrial, pero no sobre el uso agrícola. En parte la tasa busca lograr efectos favorables al medio ambiente (tasa verde), pero no parece basada en estudios específicos.

Iniciándose en 1994, en los Países Bajos se aplicaron tasas sobre el agua subterránea de menos de 300 mg/L Cl, de 0,15 €/m<sup>3</sup> a las empresas de suministro de agua, de 0,08 €/m<sup>3</sup> a la industria y de 0,025€/ m<sup>3</sup> para el agua agrícola, pero sólo si el agua procede de recarga artificial. El objetivo era el de reducir la extracción de agua subterránea y acercar su precio al del agua superficial puesta a disposición, que allí cuesta 0,45 €/m<sup>3</sup> más. Esa tasa supuso un encarecimiento del agua de hasta el 100% para la industria, aunque con escaso efecto en las extracciones y en la competitividad, y del 27% para el uso doméstico. La tasa se administraba por la Unidad Central de Tasas Ambientales del Ministerio de Finanzas, con la vigilancia a cargo de las empresas de abastecimiento o los propios usuarios, para disminuir el coste de la gestión. Al parecer la tasa no ha sido suficiente para fomentar el mayor uso de agua superficial y se ha suprimido (Schuerdorf, 2013).

En Dinamarca, donde toda el agua es de origen subterráneo, la tasa es de 0,67 €/m<sup>3</sup> (0,84 €/m<sup>3</sup> si se incluye el IVA), con introducción progresiva. Se aplica a viviendas y se mide por contador, pero hay una sobrecarga a las empresas de suministro si las pérdidas superan el 10%. El objetivo de la tasa es reducir pérdidas y extracciones para limitar los efectos sobre ríos y niveles freáticos. La tasa es recolectada por la Agencia Tributaria, según contador; si se carece de contador, lo que es poco frecuente, se considera un total anual de 170 m<sup>3</sup> por vivienda. El coste administrativo es pequeño.

En Berlín la tasa es de 0,31 €/m<sup>3</sup>. En Francia se aplica una tasa pero no es específica para el agua subterránea sino para cualquier extracción de agua. No hay ejemplos similares en España.

Por parte del Ministerio de Medio Ambiente español (Memoria Económica de marzo de 2007) se consideró en 2007 la posibilidad de una tasa con carácter general y actualizable para todos los que capten agua, para cubrir los costes de gestión de las concesiones, pero no se ha implementado ante la fuerte oposición de los usuarios de agua, a pesar de ser muy suave para los grandes usuarios, no tanto para los pequeños. La tasa consistía en un gravamen fijo de 33,5 €/año y una tasa variable según uso, de 0,0002 €/m<sup>3</sup> para usos consuntivos (que incluye el regadío), 0,00013 €/m<sup>3</sup> para uso hidroeléctrico ordinario y 0,0001 €/m<sup>3</sup> para refrigeración y piscifactorías. Regar 5 ha con 5000 m<sup>3</sup>/ha/a suponía pagar 38,5 €/a, del orden del 0,35% del margen neto promedio de producción del regadío.

Para corregir la divergencia entre costes privados y costes sociales cabe aplicar una tasa (tasa verde) sobre la extracción que desincentive el uso no sustentable del agua Aguilera Klink (1988). Otras posibilidades apuntadas por Aguilera Klink (1988) son la explotación mancomunada del recurso, estableciendo el control unificado de la extracción mediante la asignación de cuotas de producción a cada explotador, lo que haría desaparecer la vaguedad de los derechos de propiedad y la intervención gubernamental, con imposición obligatoria de cuotas si no hay acuerdo para la explotación mancomunada y con control del cumplimiento de las cuotas asignadas. La efectividad de estas tasas parece requerir un carácter finalista en vez de una recaudación para usos generales.

En el caso de que la tasa sea para financiar la vigilancia y control, debería ir ligada a una reducción de la imposición general en tanto en cuanto ésta ya financia esos gastos en su estado actual. La tasa favorecería disponer de fondos para incentivar a los usuarios para que se involucren en la gobernanza del agua y específicamente en la del agua subterránea, como se trata en el Capítulo VI.

Casi todas las Comunidades Autónomas, además del Estado, tienen tasas/tributos/cánones autonómicos por uso de aguas en general, sin especificar el tipo de agua, pero son con finalidades de gestión, de saneamiento y de uso de infraestructuras, según los casos, y menos para compensar daños al dominio público hidráulico, sin especificar claramente la posible finalidad ambiental y disuasoria de las extracciones de los acuíferos. No afectan específicamente a las aguas subterráneas (Pagès i Galtès, 2006).

## V.6 Aspectos económicos del agua en relación con la minería del agua subterránea

Muchos aspectos económicos de la minería del agua subterránea son comunes con los de la explotación intensiva, con la diferencia de su mayor persistencia y aumento a lo largo del tiempo. Hay una diferencia sustantiva en el hecho de que el recurso sea o no renovable. Si no lo es, hay un coste de escasez y un valor de opción, que no tienen porqué ser relevantes en el caso de recursos renovables. Cuando la minería del agua va asociada a una lenta tasa de renovación, con tiempos de más de una o dos generaciones humanas, se entra en un campo poco explorado y evaluado, en el que la tasa de descuento social posiblemente juegue un papel importante en cuanto a cómo enjuiciarla.

Los costes y en su caso los precios del agua subterránea tienen un amplio margen de variación en función de la profundidad del nivel del agua durante la explotación, de los costes asociados a la puesta del agua a disposición de los que la usan y del reacondicionamiento y reposición de las captaciones y de la maquinaria e instalaciones de extracción. Esto último tiene mayor peso en el caso de la minería del agua subterránea. También puede tener un peso económico importante la posible progresiva degradación de la calidad del agua en el caso de intrusión marina en acuíferos costeros o de aguas salinas del acuífero de origen marino relicto o por causas litológicas o por ir accediendo progresivamente a partes más profundas del acuífero, con agua de lenta a muy lenta renovación.

El consumo energético tiene en general un peso importante en el coste del agua extraída. Éste ha ido creciendo desde el año 2000 y presumiblemente va seguir subiendo, lo que lleva a un encarecimiento notable del agua subterránea puesta a disposición.

En el Levante español son comunes costos/precios en el entorno de 0,03 €/m<sup>3</sup> a 0,04 €/m<sup>3</sup>, en aumento, mientras que en Canarias los precios más comunes son del orden de 0,05 €/m<sup>3</sup>, con cierta estabilización cuando se convierten a moneda de valor adquisitivo constante, salvo un escalón en 2008 por subida brusca del precio de la energía.

Muchas situaciones de minería del agua subterránea están asociadas a agricultura intensiva de regadío, aunque también existe en agricultura poco intensiva y aun de subsistencia. El peso de la parte que corresponde al agua en la economía de la agricultura intensiva de regadío es relativamente pequeño, variable entre el 1% y el 15%, de modo que su coste/precio no sería un determinante principal de la viabilidad de la explotación cuando se puede actuar sobre otros componentes del coste de producción, como la mano de obra, los fertilizantes y fitosanitarios y la mecanización y transporte. Sin embargo, en muchos casos la competencia en mercados controla externamente el valor del producto

y los precios de buena parte de los insumos también están fijados fuera del control del agricultor, que los debe pagar sin posibilidad de influir en ellos. Por esa razón, el agua, aun siendo un componente menor en la agricultura intensiva, tiene un peso económico significativo en el margen neto, ya que hasta cierto punto puede ser controlado por los agricultores en caso de existir una aproximación a mercados de agua o puede utilizarse, y de hecho se utiliza, para obtener de los poderes públicos precios subvencionados o subvenciones para insumos relacionados, como la energía o para substituir captaciones. El coste marginal del agua es así importante para los agricultores porque es el único o principal insumo que pueden parcialmente controlar.

En las situaciones de explotación intensiva y de minería del agua subterránea del Levante español, la evolución actual tiende a mantener la explotación, a pesar de los costes crecientes, continuando el descenso de niveles, el consumo de reservas y el empeoramiento de la calidad del agua captada en algunos lugares. Esto conlleva una baja utilización de las obras de producción de agua alternativa. Sin embargo, el aumento del coste de la energía puede jugar un papel indirecto y no buscado de regulador económico para ir reduciendo las extracciones, no bien estudiado, el cual es ya sensible algunas áreas de Gran Canaria y está jugando un papel importante en otras áreas, como en La Mancha, en relación con el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.


La regulación de la extracción mediante mecanismos económicos, como las tasas, no se ha establecido en España. Los intentos han tenido notables reacciones en contra. El papel paralelo lo está produciendo el aumento de los precios de la energía, pero con menor provecho social y ambiental.

En Tenerife, el valor económico neto de las reservas de agua subterránea consumidas se evalúa en 50 M€/a, con un total desde el inicio de las extracciones mediante galerías de alrededor de 3000 M€.

El abastecimiento urbano, turístico e industrial puede pagar y de hecho paga costes y precios más elevados que la agricultura. Eso hace que puedan competir favorablemente por el agua subterránea, salvo que haya intervenciones públicas específicas que lo eviten. Es frecuente que la administración pública busque o establezca que el uso para abastecimiento deje un excedente económico para subvencionar el agua agrícola, aunque la situación contraria también puede darse cuando se obliga a utilizar agua cara a los agricultores al limitar el acceso a otras fuentes.

Las alternativas de abastecimiento son diversas. El agua superficial local o importada, si está disponible, puede ser más barata que el agua subterránea en condiciones de explotación intensiva, aunque, si se consideran todos los costes y se eliminan las subvenciones directas e indirectas, es posible que la diferencia entre ambos costes se reduzca e incluso se invierta.

En situaciones de escasez de agua, las alternativas de suministro son la importación de agua desde otros lugares, la desalinización de agua del mar en áreas costeras e islas y la reutilización (regeneración) de aguas usadas, además de la puesta en uso de aguas subterráneas locales salinas o con inadecuada composición química, para abastecimiento o para riego, mediante mezcla o por tratamiento físico o fisicoquímico de desalobración. Todo esto supone un incremento del coste o precio del agua disponible en el lugar de uso, de alrededor de 0,02 a 0,06 €/m<sup>3</sup> para agua importada, que en general suele tener subvenciones explícitas o encubiertas, de 0,03 a 0,05 €/m<sup>3</sup> para agua regenerada o desalobrada y de 0,06 a 1,0 €/m<sup>3</sup> para agua de mar desalinizada, aunque no es raro que se oferten con subvención para disminuir los precios o tarifas y así tratar de incrementar su demanda. Estos incrementos de costes/precios son aceptables para el abastecimiento, aunque éste tratará de obtener agua al menor coste o precio posible, con lo que las obras e instalaciones complementarias tendrán menor utilización y por lo tanto producirán agua a un coste promedio mayor, que puede ser mucho mayor en el caso no raro de pequeñas utilidades anuales. Para incentivar la mayor utilización suelen aplicarse subvenciones.

La disposición al pago por el agua de los agricultores en el Levante español es variable. Depende del área y de las circunstancias. Puede llegar hasta 0,04 €/m<sup>3</sup> y a 0,09 €/m<sup>3</sup> puntualmente en caso de sequía para pequeños volúmenes de agua. En  Gran Canaria parece que puede llegar a superar 1,0 €/m<sup>3</sup> en veranos secos, algo menos en Tenerife. Los grandes agricultores tienen mayor disponibilidad de pago y también los que no poseen pozos para complementar dotaciones en momentos de escasez de oferta de agua. Estos valores son menores o llegan escasamente a los precios de las fuentes alternativas de agua disponibles, a menos que se apliquen subvenciones, aunque en el Norte de Gran Canaria hay oferta privada de agua de mar desalinizada a precios competitivos.

Tanto en el Levante español como en Canarias, y en especial en Tenerife, no parece que ni el precio del agua ni la oferta de agua subterránea sean una causa de pérdida de la producción agrícola, aunque a más largo plazo se puede producir una disminución de la superficie regada, como en el Medio Vinalopó.

Un aspecto importante es el de la seguridad de disponibilidad de agua, tanto para abastecimiento como para regadío. Si la seguridad no la proporciona el sistema de abastecimiento, se cubre con la posibilidad de incrementar la extracción de agua subterránea, que es un modo de seguro, en especial para la agricultura. Las reservas de agua poco o nada renovables tienen un importante valor como seguridad, diferente del de las renovables, que tienen el valor de opción de su uso en situaciones extremas como seguro en vez de un uso continuado. El valor de estabilización o de seguridad que proporciona la posibilidad

de poner a disposición recursos de agua subterránea en sequías es algo aún no bien estudiado y valorado, pero que ha sido analizado en el Campo de Cartagena. En España, como en California, el valor de estabilización de usos y rentas económicas de las reservas de agua subterránea es o puede ser equivalente al propio valor de uso {AS}.

## V.7 Agradecimientos

Han sido muy importantes las aportaciones que se derivan de los cuestionarios y resúmenes de entrevistas que se relacionan al inicio del Apartado III.7 de Referencias, así como las observaciones, correcciones y comentarios al borrador de este capítulo contribuidas in extenso por Andrés Sahuquillo, Adolfo Hoyos-Limón y Alberto del Villar, conjuntamente con Josefina Maeztu, y los numerosos comentarios de Dolores de Miguel y Alberto Garrido, así como las observaciones de Antonio Pulido-Bosch y José Miguel Andreu Rodes.

## V.8 Referencias

Los datos e informaciones que proceden de los cuestionarios del Proyecto MASE y documentación aportada, del Anejo 1, y de los resúmenes de las entrevistas, del Anejo 2, se refieren con las siglas del autor entre corchetes rectos [ ] para los primeros y entre corchetes curvos { } para los segundos, con la clave a continuación:

- ADV Alberto del Villar, Universidad de Alcalá de Henares
- [AHL] Adolfo Hoyos-Limón Gil, ex Director general de Aguas de Canarias
- AS Andrés Sahuquillo, Prof. Emérito Universidad Politécnica de Valencia
- {CIATF} Consejo Insular de Aguas de Tenerife
- {ER} Eulogio Rodríguez, Bolsa de Aguas, santa cruz de Tenerife
- {FO} Fernando Ojeda, Bonni Exportadores, + comunicaciones personales
- {FR} Felipe Roque Villareal, ELMASA
- [JA] José Albiac, Universidad de Zaragoza
- [JB] Julio Berbel, Universidad de Córdoba
- {JLG} José Luis Guerra, CIAGC
- [MS] Martín Sevilla Jiménez, Universitat d'Alacant
- {SAVASA}, Carlos Acevedo, SAVASA
- {SR} Sergio Rodríguez y Luis Olavo Puga
- {UPCT} Universidad Politécnica de Cartagena
- {VR} Vicente Richart, Villena

AEAS (2009). **Tarifas 2009: Precios de los servicios de abastecimiento y saneamiento en España**. Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento: 1-7.

Aguilera Klink, F. (1988). **El agua como recurso de propiedad común: una perspectiva económica**. Estudios Regionales, 20: 17-32.

Aguilera Klink, F. (2001). **El papel económico de las aguas subterráneas en Canarias**. En: N. Hernández y M.R. Llamas, La Economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva, Fundación Marcelino Botín/Editorial Mundi-Prensa, Madrid: 269-280.

Aguirre, M.S. (2006). **The value of water and theories of economic growth**. In: P. Rogers, M.R. Llamas and L. Martínez-Cortina, Water Crisis, Myth or Reality?. Foundation Botín. Taylor & Francis: 94-102.

AEAS (2010). **Tarifas de agua en España 2009: precios de los servicios de abastecimiento y saneamiento**. [http://www.aeas.es/documentos/tarifas\\_agua\\_2009.pdf](http://www.aeas.es/documentos/tarifas_agua_2009.pdf)

Arrojo, P. (2001). **Valoración de las aguas subterráneas en el marco económico general de la gestión de aguas en España**. En N. Hernández y M.R. Llamas, La Economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva. Fundación Marcelino Botín/Editorial Mundi-Prensa, Madrid: 3-39

Berbel, J., Gómez-Limón, J. A. (2000). **The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas**. Agricultural Water Management, 43 (2): 219-238.

Bernat, X., Gibert, O., Guiu, R., Tobella, J., Campos, C. (2010). **The economics of desalination for various uses**. In: L. Martínez-Cortina, A. Garrido and E. López-Gunn (eds.), Re-thinking Water and Food Security. CRC Press: 329-346.

Booker, J. Howitt, R., Michelsen, A., Young, R. (2012). **Economics and the modeling of water resources and policies**. Natural Resource Modeling, 25(1): 168-218.

Brozović, N., Lunding, D.L., Zilberman, D. (2010). **On the spatial nature of the groundwater pumping externality**. Resource and Energy Economics, 32: 154-164.

Cabrera, E., Pardo, M.A., Cabrera, E. Jr., Arregui, F.J. (2012). **Tap water costs and service sustainability: a close relationship**. Water Resource Management Journal: 1-15.

Calatrava, J., Martínez-Granados, D. (2012). El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura. Economía Agraria y Recursos Naturales, 12(1): 5-32.

Calatrava, J., Sayadi, S. (2005). **Economic valuation of water and willingness to pay analysis in tropical fruit production in southeastern Spain**. Spanish Journal of Agricultural Research, 3: 25-33.

CANHIDRO (1980). **Tabla input output de la economía Canaria, 1977. Proyecto de Planificación y Explotación de los Recursos de Agua de las Islas Canarias (CANHIDRO)**. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Obras Hidráulicas/EYSER: 1-101+tabla (accesible en

Canarias Digital, ULPGC).

Carles, J., García, M., Avellà, L. (2001). **Aspectos económicos y sociales de la utilización de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana.** En N. Hernández-Mora y M.R. Llamas (eds.), *La Economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva.* Fundación Marcelino Botín/Mundi-Prensa, Madrid: 153-173.

Colino Sueiras, J., Martínez Paz, J.M. (2007). **Productividad, disposición al pago y eficiencia técnica en el uso del agua: la horticultura intensiva de la región de Murcia.** *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7: 109-125.

Corominas, J. (2001). **El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía.** En N. Hernández y M.R. Llamas, *La economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva*, Fundación Marcelino Botín/Editorial Mundi-Prensa, Madrid: 111-139.

Corominas, J. (2013). **El agua para la agricultura de Almería: de la cultura de "frontera" a la cultura de innovación y la adaptación.** VI Seminario Técnico Agronómico sobre Sostenibilidad de la Agricultura Intensiva en Almería. Almería.

Corominas, J., Del Campo, A. (2000). **El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía.** Papeles de la Fundación Botín 8. <http://www.fundacionbotin.org/file/10455>

Cummings, R.G., Nercissiantz, V. (1992). **The use of water pricing as a means for enhancing water use efficiency in irrigation: Case studies in Mexico and the United States.** *Natural Resources Journal*, 32: 731-755.

DAE (2013). **Economic value of groundwater in Australia.** Deloitte Access Economics, Report for the National Centre on Groundwater Management, Melbourne, Australia:1-48.

Del Villar, A. (2014). **El coste de la desalinización en el programa A.G.U.A.** *Investigaciones Geográficas*, 61: 1-13 (en prensa)

De Stephano, L. López-Gunn, E., Martínez-Santos, P. (2014). **Intensive groundwater use in agriculture and IWRM: An impossible marriage?** In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century: Revisiting the Paradigm.* Botín Foundation-CRC Press, Chap 8: 121-143.

Dumont, A., López-Gunn, E., Llamas, M.R. (2014). **The water footprint of the Campo de Dalías acuífer (Spain): Pros and cons of intensive water use.** Observatorio del Agua de la Fundación Botín y Universidad Complutense, Madrid. Poster

ECOTEC (2014). **Water abstraction. In: Study on the Economic and Environmental Implications of the Use of Environmental Taxes and Charges in the European Union and its Member States.** ECOTEC/CESAM/CLM/University of Gothenbourg/UCD/IEEP(CR): 66-75. [http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/environmental\\_taxes.htm](http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/environmental_taxes.htm). Accessed 12-05-2014.

ETICMA (2010). **Esquema de temas importantes en materia de gestión de las aguas. Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.** Agencia Andaluza del Agua: 1-282.

ETIGC (2009). **Contribución al esquema de temas importantes de la Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria.** Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria: 1-89.

ETIS (2008). **Esquema provisional de temas importantes.** Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. Demarcación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1-188.

ETITF (2008). **Esquema de temas importantes. Anejo VIII a la Memoria de Información.** Plan Hidrológico de Tenerife, Consejo Insular de Aguas de Tenerife: 1-200.

Fernández-Zamudio, M.A., Alcón, F., De Miguel, M.D. (2012). **Effects of irrigation-water pricing on the profitability of Mediterranean noody crops.** In: M. Kumar (ed.), *Problems, perspectives and challenges in agricultural water management.* InTech: 91-112.

Finlayson, G., de Haas, D., Guendert, D. (2014). **Comparing desalination and recycling for water supply augmentation.** *Desalination and Water Reuse* (August 2014).

GAE-MMA (2007). **Análisis económico del agua en la agricultura y la ganadería.** En: *Uso del Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas.* Aula de Biodiversidad (aB), Ciclo de Debate. Sevilla. Grupo de Análisis Económico del Ministerio de Medio Ambiente.

García, F.J.C., Torrente, R.J., Herrera, J.M. (2002). **Claves para la interpretación del modelo económico almeriense basado en la agricultura de alto rendimiento.** *Mediterráneo Económico*, 2: 283-311.

García Mollá, M. (2002). **Análisis de la influencia de los costes en el consumo de agua en la agricultura valenciana. Caracterización de las entidades asociativas para riego.** Tesis Doctoral. Departamento de Economía y Ciencias Sociales. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Garrido, A., Calatrava J. (2009). **Trends in water pricing and**

- markets.** In: A. Garrido, M.R. Llamas (eds.). *Water Policy in Spain*, CRC Press–Taylor & Francis, Leiden: 131–144.
- Garrido, A., Rey, D., Calatrava, J. (2013). **Water trading in Spain.** In L. de Stephano and M.R. Llamas (eds.), *Water, Agriculture, and the Environment in Spain: Can we Square the Circle?*. Taylor & Francis: 206–216.
- Gómez–Limón, J. A., Berbel, J. (2000). **Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study.** *Agricultural Systems*, 63: 49–72.
- Hanemann, W.M. (1991). **Willingness to pay and willingness to accept: how much can they differ?** *American Economic Review*, 81(3): 635–647.
- Hanemann, W.M. (2006). **The economic conception of water.** In: P. Rogers, M.R. Llamas and L. Martínez–Cortina, *Water Crisis, Myth or Reality?*. Taylor & Francis: 61–91.
- Hernández–Mora, N., De Stefano, L. (2013). **Los mercados informales de aguas en España: una primera aproximación.** En: A. Embid Irujo (ed.), *Usos del Agua, Concesiones, Autorizaciones y Mercados del Agua*. Thomson–Reuters Cizur Menor: 375–407.
- Herrera, J.M. (2003). **El papel de la agricultura intensiva en la economía de la provincia de Almería.** *Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, 19: 13–38.
- Hoyos–Limón, A. (2000). **Los costes del agua. Obra Pública.** Madrid, 50: 76–81.
- Hoyos–Limón, A., Puga, L.O. (2007). **Los costes en alta del agua de Tenerife.** Documentos para el Plan Hidrológico de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife:1–61.
- Kahil, M.T., Dinar, A., Albiac, J. (2014). **Comparing water management policies under scarcity and droughts: Empirical evidence from the Jucar Basin, Spain.** Working Document 14-03. Unidad de Economía Agraria. CITA. Zaragoza: 1-24.
- Koundouri, P. (2004). **Current issues in the economics of groundwater resource management.** *Journal of Economic Surveys*, 18(5): 703–740.
- Lapuente, E. (2012). **Full cost in desalination. A case study of the Segura River Basin.** *Desalination*, 300: 20–45.
- López–Gunn, E., Zorrilla, P., Llamas, M.R. (2012). **Lost in translation? Water efficiency and productivity in Spain.** *Journal of Agricultural Water Management*, 108: 83–95.
- Llamas, M.R., Martínez–Santos, P. (2006). **Significance of the silent revolution of intensive groundwater use in world water policy.** In: P. Rogers, M.R. Llamas and L. Martínez–Cortina, *Water Crisis, Myth or Reality?* Taylor & Francis: 163–180.
- Llamas, M.R., Garrido, A. (2007). **Lessons from intensive groundwater use in Spain: Economic and social benefits and conflicts.** In: M. Giordano and K.G. Villhoth (eds.), *The Agricultural Groundwater Revolution, Opportunities and Threads to Development*. CABI Publ. Wallingford.
- Maluquer de Motes, J. (2013). **La inflación en España: un índice de precios al consumo, 1830–2012.** *Estudios de Historia Económica* 64, Banco de España. Madrid: 1–147
- MARM (2007). **Precios y costes de los servicios de agua en España.** Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco de Agua. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid.
- Martínez–Granados, Calatrava, J. (2011). **The role of desalination to address aquifer overdraft in SE Spain.** *Journal of Environmental Management*, 144: 247–257.
- Martínez Vicente, D., Cabezas, F., Senent Alonso, M., García Aróstegui, J.L. (2013). **El coste de las aguas subterráneas para regadío.** En: M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.), *Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas*. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 6: 133–161.
- MIMAM (2003). **Valoración del coste de uso de las aguas subterráneas en España.** Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: 1–92.
- NRC (1997). **Valuing ground water. Committee on Valuing Water, Water Science and Technology Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. National Research Council.** National Academic Press. Washington D.C.:1–189
- Ojeda Quintana, J.J. (1977). **La desamortización en Canarias (1836 y 1855).** Cuadernos Canarios de Ciencias Sociales, 3. Centro de Investigación Económica y Social, Caja Insular de Ahorros de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria: 1–430.
- Ostrom, E. (1990). **Governing the commons: The evolution of institutions for collective action.** Cambridge University Press. Cambridge, N.Y.
- Pagès i Galtès, j. (2006). **Fiscalidad de las aguas.** En: *Derecho del Medio Ambiente y Administración Local*. Fundación Democracia y Gobierno Local: 247–302. ISBN: 84–609–8956–9.
- Pérez–Abellán, M.A., Ruíz–Hernández, M.V., Molina–Martínez, J–M., De Miguel, G.M.D. (2013). **Gestión económica de tecnologías ahorradoras de agua en el Sureste español.** VII Congreso Ibérico de Agroingenieros y Ciencias Hortícolas. Madrid: 1–6.

- Pérez Urrestarazu, L., Burt, C.M. 2012. **Characterization of pumps for irrigation in Central California: Potential energy savings.** American Society of Civil Engineers, Journal of Irrigation and Drainage Engineering (IR), 138(9): 1–8.
- Pfeiffer, L., Lin, C.-Y.C. (2012). **Groundwater pumping and spatial externalities in agriculture.** Journal of Environmental Economics and Management, 64(1): 16–30.
- PHGC (1998). **Plan hidrológico de Gran Canaria. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.** Las Palmas de Gran Canaria: 1–297.
- PHJ (2014). **Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, ciclo 2009–2015, [aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación el 14 de marzo de 2014].** Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacion-hidrologica/Paginas/Proyecto-Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015.aspx>
- PHS (2013). **Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.** Memoria. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1–555.
- PHTF (2013). **Plan hidrológico de Tenerife. Memoria del documento de información.** Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife: 1–95.
- Raucher, R.S., Tchobanoglous, G. (2014). **The opportunities and economics of direct potable reuse.** Water Reuse Research. Water Reuse Foundation: 1–53.
- Rigby, D., Alcón, F., Burton, M. (2010). **Supply uncertainty and the economic value of irrigation water.** European Review of Agricultural Economics, 37(1): 97–117.
- Rico, A.M., Olcina, J. (2001). **La gestión colectiva de las aguas subterráneas en tierras alicantinas: algunos ejemplos.** En: N. Hernández-Mora y M.R. Llamas, La Economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva. Fundación Marcelino Botín. Mundi-Prensa. Madrid: 475–533.
- Rogers, P., Silva, R.D., Bhatia, R. (2002). **Water is an economic good. How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability.** Water Policy, (4): 1–17.
- Sánchez-González, A. (1989a). **Basic economic concepts applied to groundwater management.** In: E. Custodio and A. Gurguá (eds.), Groundwater Economics. Developments in Water Science 39, Elsevier: 3–22.
- Sánchez-González, A. (1989b). **Ground water externalities.** In: E. Custodio and A. Gurguá (eds.), Groundwater Economics. Developments in Water Science 39, Elsevier: 361–371.
- Sanchís-Ibor, C., García-Mollá, M., Carles Genovés, J. (2013). **Mercados informales y cesiones de aguas en la Comunidad Valenciana.** En Seminario Nacional sobre Mercados Informales de Agua, Observatorio del Agua, Fundación Botín.
- Schuerdorf, M., Weikard, H.P., Zetland, D. (2013). **The life and death of the Dutch groundwater tax.** Water Policy, 15(6): 1064–1077.
- Soto-García, M., Martínez-Alvarez, V., García-Bastida, Alcón, F., Martín-Gorriz, B. (2013a). **Effect of water scarcity and modernization on the performance of irrigation districts in south-eastern Spain.** Agricultural Water Management, 124: 11–19.
- Soto-García M., Martín-Gorriz B., García-Bastida P.A., Alcón F., Martínez-Alvarez V. (2013b). **Energy consumption for crop irrigation in a semiarid climate (south-eastern Spain).** Energy 55, 1084–1093. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.034>
- TIOCAN, 1980 **Tabla input-output y contabilidad regional de Canarias año 1980.** Gobierno de Canarias, Consejería de Economía y Comercio: 1–293 (accesible en Canarias Digital, ULPGC).
- Van Cauwenbergh, N., Pinte, D., Tilmant, A., Francés, I., Pulido-Bosch, A., Vanclooster, M. (2007). **Multi-objective, multiple participant decision support for water management in the Andarax catchment, Almería.** Environmental Geology, 54: 479–489.
- Van Rijswick, M., Edelenbos, J., Hellegers, P, Kok, M. Kuks, S. (2014). **Ten building blocks for sustainable water governance: an integrated method to assess the governance of water.** Water International. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2014.951828>
- Vives, R. (2003). **Economic and social profitability of water use for irrigation in Andalusia.** Water International, 28(3): 326–333.
- WW (2013). **Water and energy nexus: a literature review.** Water in the West–Stanford Woods Institute for the Environment. Bill Lane Center for the American West: 1–146.
- Young, R.A. (1992). **Resource regimes: Natural resources and social institutions.** University of California Press. Berkeley.
- Young, R.A. (1993). **Managing aquifer over-exploitation: economics and policies.** In: Aquifer Overexploitation. International Association of Hydrogeologists. Selected Papers 3. Heise: 199–222.
- Young, R. (2005). **Determining the economic value of water: Concepts and methods.** Washington DC: Resources for the Future. Washington DC: 1–374.

# CAPÍTULO VI

## ASPECTOS DE GESTIÓN DEL USO INTENSIVO Y MINERÍA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA

**Preámbulo:** Se aporta y analiza la información relativa a los aspectos legales e institucionales en relación con la explotación intensiva del agua subterránea y el consumo de reservas, con énfasis en los aspectos de gestión y el comercio del agua subterránea, informal o en sistemas de mercado con cierta estructura, como es el caso singular de Canarias. La posibilidad de adquisiciones de agua es un modo de seguro agrario.

### Resumen

*La explotación intensiva y extensiva subterránea es una realidad relativamente reciente, de menos de un siglo, y en muchos lugares de sólo unas pocas décadas o aún en sus inicios. Por esa razón se plantean aspectos económicos y sociales para cuyo tratamiento falta aún experiencia general, además de los ineludibles aspectos locales que hacen único cada caso.*

*La explotación del agua subterránea ha producido y produce notables beneficios a la sociedad pero pueden ir acompañados de costes sociales también importantes, como sucede en el Levante español y Canarias. En general el beneficio supera a los costes en lo que hace referencia a la explotación del agua subterránea, aunque concurren otros elementos que pueden anular el beneficio neto, pero posiblemente hubiese sucedido lo mismo en otras circunstancias al tratarse de actividades no sustentables o que necesitan una importante adaptación a entornos cambiantes.*

*La gran inercia y resiliencia de los recursos de agua subterránea proporciona normalmente tiempo suficiente para adaptaciones y fuerza de forma no traumática los cambios socioeconómicos necesarios, con la única condición de observar e interpretar la evolución en un contexto de conocimiento suficiente que permita adoptar las políticas adecuadas, tanto desde la administración como desde los usuarios. Las consecuencias negativas serán tanto menores cuanto más pronto se puedan adoptar las decisiones adecuadas, aunque cierto grado de degradación cuantitativa y cualitativa es una condición casi necesaria para que se produzca una reacción positiva.*

*A nivel general no hay casos documentados en que la explotación intensiva del agua subterránea haya conducido a situaciones catastróficas o de gran daño social. Sólo en unos pocos acuíferos pequeños se han producido situaciones muy negativas, pero han tenido o tienen un pequeño o moderado impacto en las áreas afectadas ya que las cortas distancias permiten soluciones apoyadas en un entorno algo más amplio.*

*La minería del agua subterránea es un fenómeno relativamente nuevo al que se le suele atribuir efectos socioeconómicos negativos cuando con frecuencia sólo se trata de una situación transitoria en una evolución que bien conducida permite cambios sociales importantes derivados de un uso temporal del capital natural. Es el caso del Levante español y Canarias es a plazo medio, con posible recuperación parcial a largo plazo, pero que requiere un cambio evolutivo de la actividad social.*

*En España, la coexistencia de las aguas del dominio público –todas según la orientación legal– con la mayoría de las aguas subterráneas privadas a efectos prácticos y legales, es un serio obstáculo a la administración del agua, aunque no necesariamente impediría la gestión si los inventarios de derechos –privados o por concesión– fuesen suficientemente completos y estos derechos se modulasen por acuerdo entre administradores y administrados a las circunstancias reales, incluyendo las necesidades ambientales, evaluadas según un conocimiento y observación apropiados y una política del agua aceptada socialmente.*

*La gestión de las aguas subterráneas es parte de la gestión del agua y es parte de una gestión de los recursos naturales y sociales más amplia. Sin embargo, la gestión de las aguas subterráneas tiene características propias que, si no se consideran adecuadamente, pueden llevar a ineficiencias y conflictividad, que se agudizan con actuaciones administrativas desviadas o el cortoplacismo de los usuarios y del devenir político. Por eso, el papel de la sociedad civil y de las instituciones es necesario para la visión a largo plazo, así como de una administración bien informada.*



*La existencia en el Levante español de acuíferos importantes compartidos entre dos ámbitos territoriales de la administración del agua, plantea problemas no bien resueltos en la práctica que requieren órganos propios de gestión a nivel de acuífero. La cuenca hidrográfica no siempre es el marco adecuado para la gestión eficaz de las aguas subterráneas. No es este el caso de Canarias.*

*El tratamiento de las situaciones de explotación intensiva de acuíferos, en especial los que son objeto de minería del agua, mediante la herramienta legal de la declaración de acuífero sobreexplotado, en general ha sido poco o nada eficaz con respecto a los objetivos pretendidos. En el Levante español, la realidad muestra que las actuaciones de arriba abajo no suelen conducir a resultados a menos que haya una oferta de agua pública que obligue a asociarse a los usuarios para la gestión de los recursos de aguas, como es el caso de Vinalopó-Alacantí. No se han realizado declaraciones de sobreexplotación de acuíferos en Canarias.*

*Las numerosas asociaciones de usuarios de agua existentes no tienen como función la gestión del agua sino la utilización de aguas públicas o privadas. Sin embargo, la iniciativa de abajo arriba de constituir comunidades de usuarios de aguas subterráneas (CUAS) para gestionar sus recursos se ha mostrado muy eficaz, aunque aún son pocas y con lenta difusión. No las hay en Canarias –el usuario se siente bien representado en los Consejos Insulares– ni el Levante español, salvo en el Campo de Dalías y en cierto modo en el Vinalopó, aunque en este segundo caso es para responder a un aporte de agua al área por parte de la administración.*

*La administración del agua dispone de diversas herramientas para disuadir el uso del agua subterránea y reducir la minería del agua subterránea: tasas, zonaciones, prohibiciones, subsidios, priorizaciones de uso y aportación de otros recursos de agua de su ámbito administrativo o de importación. La tasación no ha sido posible hasta ahora. El aporte de agua, si es posible y a un precio razonable, soluciona el problema del momento, en general con costes que no se cubren, pero que no conduce al necesario cambio de paradigma.*

*En el caso del Levante español y de Canarias, las actuaciones de la administración tienen un notable impacto social, socioeconómico y político, pero pueden ser perversas en el sentido de alargar un proceso ya en caducidad y que requiere un redireccionamiento. La gestión de la demanda de agua –con la implicación de los usuarios– es un camino aún poco explorado y que en general se trata de soslayar.*

*La más intensiva utilización planificada de los acuíferos en momentos de sequía –como en la cuenca del Segura– es una actuación positiva si está bien evaluada técnica y*

*administrativamente, incluso aumentando temporalmente la minería del agua subterránea. Es algo que también realizan los usuarios que disponen de captaciones de aguas subterráneas en momentos de escasez o de alto coste de otras fuentes de agua, como en el Campo de Cartagena.*

*En Gran Canaria y Tenerife, la iniciativa privada ha tenido un papel dominante y continuado en la captación de agua y en especial de agua subterránea, de forma que no se han producido situaciones importantes de escasez, pero con un notable consumo de reservas de agua subterránea. La oferta de agua pública por la administración ha permitido diversificar las fuentes pero con subsidios, lo que ha contenido los precios de mercado del agua, pero también ha desincentivado las inversiones privadas y propiciado cierta pérdida de lo que se ha venido llamado “cultura del agua”.*

## Contenido

- VI.1** Consideraciones generales
- VI.2** Implicaciones administrativas y de política del agua
  - VI.2.1** Consideraciones generales
  - VI.2.2** La Ley de aguas española y las aguas subterráneas
  - VI.2.3** La Ley de aguas en Canarias
  - VI.2.4** La planificación hidrológica en España y las aguas subterráneas
  - VI.2.5** La administración pública del agua en España
  - VI.2.6** La explotación intensiva de las aguas subterráneas en el marco legal español
- VI.3** Gestión de los recursos de aguas y de las aguas subterráneas en España
  - VI.3.1** Consideraciones generales
  - VI.3.2** Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea
  - VI.3.3** Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea en el Levante español
  - VI.3.4** Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea en Canarias
- VI.4** Instituciones y aspectos institucionales en relación con el agua subterránea
  - VI.4.1** Aspectos generales
  - VI.4.2** Instituciones de gestión colectiva y comunidades de usuarios de agua subterráneas
  - VI.4.3** Instituciones de gestión del agua subterránea en el Levante español
  - VI.4.4** Instituciones de gestión del agua subterránea en Canarias
- VI.5** Transacciones, comercio y mercados del agua subterránea en España
  - VI.5.1** Aspectos generales
  - VI.5.2** Transacciones de agua en el contexto del Levante español
  - VI.5.3** Los mercados de agua en Tenerife y Gran Canaria

**VI.6** Aspectos de gestión del agua en relación con la minería del agua subterránea

**VI.7** Agradecimientos

**VI.8** Referencias

*Nota:* el contenido de este capítulo se basa en la documentación escrita y oral a la que se ha tenido acceso, sin una búsqueda bibliográfica profunda especializada y sin realizar estudios específicos adicionales. Las evaluaciones y valoraciones han de entenderse en ese contexto y explican ciertas inconsistencias al usar fuentes diversas y de diferentes momentos. El contenido puede tener en ocasiones problemas de interpretación de las fuentes o de no especialización del que lo ha escrito, aunque el contenido trata de mostrar el mejor conocimiento actual.

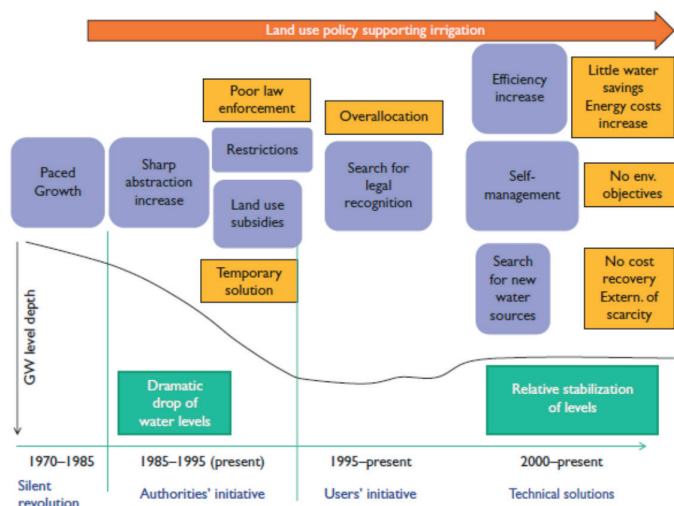
## VI.1 Aspectos generales

El uso intensivo de aguas subterráneas conlleva notables beneficios a los que las captan y posiblemente también a la sociedad del entorno o en relación, pero también se derivan importantes costes directos e indirectos asociados, como se comenta en el Capítulo VII.

En la mayor parte de países, el agua subterránea ha sido y en la práctica aún es un bien de acceso común (un bien del común o comunal), es decir disponible para todos los que tengan posibilidad de perforar para acceder a ella, aunque en muchos casos esa posibilidad está limitada por la propiedad del terreno y los permisos para acceder al mismo y utilizarlo. Esta fue la situación en España hasta que la Ley de aguas de 1985 declaró las aguas subterráneas un dominio público, según se expone en el Apartado VI.2.

El libre o casi libre acceso a las aguas subterráneas es la causa de que en numerosos casos se haya llegado a situaciones preocupantes de descenso de niveles, interferencias, consumo de reservas y afecciones ambientales, en aumento progresivo. Cabe considerar una situación como la que Hardin (1968) describió como “tragedia de los comunes”, según la cual el resultado final es el agotamiento del recurso, en cantidad o en calidad. Un primer análisis de los datos parece apuntar que esto es lo que ha sucedido con la explotación de las aguas subterráneas, pero en realidad no ha sido ni es así debido a que el coste y las externalidades negativas acaban por limitar las extracciones, selecciona los usos más provechosos y lleva a intervenciones públicas y de la sociedad y/o del conjunto de explotadores y usuarios para la conservación. Sin embargo estas acciones en general no se producen hasta que hay un grado de “deterioro” importante, lo cual es un gravoso peaje a pagar para llegar a situaciones sustentables. Las reacciones para el control y búsqueda de la sustentabilidad aparecen tanto antes cuanto más detallada, adecuada y elaborada es la información de que disponen los gestores, explotadores y usuarios del acuífero, así como los ciudadanos, directamente o a través de sus instituciones y las de la sociedad civil.

La práctica muestra que a nivel mundial no hay casos documentados de problemas muy graves en acuíferos explotados intensivamente de tamaño medio a grande, aunque los puede haber localmente en acuíferos pequeños, pero cuyos efectos se diluyen al integrarlos en un entorno mayor. Se vislumbra una evolución común de los aspectos en relación con la explotación intensiva de las aguas subterráneas en áreas áridas y semiáridas en función de las etapas del desarrollo y del progresivo menor peso de la agricultura en la economía del país a medida que aumenta la riqueza, como muestra la Figura II.2.2 del Capítulo II y se sintetiza de otra forma en la Figura VI.1.1 para el caso en que domine el uso del agua para regadío, que es lo más común.



**Figura VI.1.1.** Evolución del uso intensivo del agua subterránea en agricultura en un lugar con desarrollo tardío (según De Stephano et al., 2014).

## VI.2 Marco legal y administrativo de las aguas y las aguas subterráneas en España

### VI.2.1 Consideraciones generales

En casi todos los países ha habido costumbres y reglas escritas o tácitas para la utilización de las aguas. Estas costumbres, usos y reglas han sido objeto de mayor desarrollo y concreción en países áridos y semiáridos, tanto más cuanto más escasa sea el agua, tanto para el abastecimiento humano como para ser aplicada en usos económicos, principalmente la agricultura y ganadería y luego en actividades industriales y también en usos sociales, religiosos, decorativos y aún ambientales.

Sin embargo, estas costumbres, usos y reglas raramente hacen alusión explícita al agua subterránea, salvo indirectamente en lo referente al aprovechamiento de manantia-

les. El agua bajo el terreno se ha considerado comúnmente como perteneciente al propietario de dicho terreno, aunque también podía pasar a ser propiedad del que era autorizado a captarlas en terrenos de otros.

La dificultad para perforar pozos y galerías (minas de agua) y para la extracción hacía que el aprovechamiento de las aguas subterráneas tuviese un escaso desarrollo, aunque se habían construido notables obras comunales o por la realeza y la nobleza, tales como galerías de drenaje o pozos profundos excavados. En este contexto se encuadra el inicio de la legislación de aguas en España.

Aparte de la tradicional captación de manantiales y de la extracción mediante norias de accionamiento animal o eólico o con primitivas bombas de pistón, el cambio hacia un mayor uso de las aguas subterráneas se produjo a mediados del siglo XIX con la incorporación de las técnicas de perforación de pozos surgentes (artesianos) allí donde fue posible y en especial con la introducción de maquinaria de bombeo hacia el último tercio del siglo XIX.

Entonces esta maquinaria era muy voluminosa, compleja y costosa, accionada por vapor y sólo disponible para instalaciones singulares, de modo que la explotación de agua subterránea era aún pequeña, salvo en situaciones muy localizadas.

La real revolución llegó en el primer tercio del siglo XX con la introducción de la perforación mecánica y el desarrollo de la bomba centrífuga y en especial de la motobomba centrífuga sumergible más tarde y con el fácil acceso a la energía proporcionada por motores de combustión interna o eléctricos.

Se trata de un periodo que va desde la década de 1920 hasta las de 1950 y 1960. Esto llevó a que el agua subterránea se convirtiese en un recurso fácilmente captable, a precios aceptables y con buena calidad, mediante instalaciones muy dispersas en el territorio y asequibles a individuos y pequeños grupos, con la posibilidad de desarrollo intensivo de los acuíferos y de llegar a situaciones de minería del agua subterránea, tal como se considera en este informe.

Las implicaciones y conflictos legales y de gestión aparecieron pronto y produjeron reacciones legales y administrativas, necesarias y deseadas, pero en general tardías y frecuentemente en una situación de hechos consumados. Estos hechos son más notorios en territorios áridos y semiáridos o que sufren fuertes sequías recurrentes, como es una buena parte de la España peninsular e insular.

Esto forma parte del marco de la legislación de aguas española. Esta legislación se basa en principios fundamentales (Embid Irujo, 2009) y hace referencia a la naturaleza jurídica del agua, con a veces consideración particular de las aguas subterráneas (Huertas, 2011; García-Vizcaíno, 2011; Poveda, 2011).

## VI.2.2 La Ley de aguas española y las aguas subterráneas

Con anterioridad a 1866 había un gran número de normas para la captación y uso del agua, además de las consuetudinarias, con carácter variable de un lugar a otro y aún dentro de una misma cuenca fluvial y a veces contradictorios, según se decía ya en el Real Decreto de 27 de abril de 1859 que constituyó la Comisión redactora del anteproyecto de la Ley de 1866. No había en España una legislación específica nacional de agua que permitiese una regulación unificada y abordar proyectos de amplio ámbito territorial ante el gran crecimiento de la población. En 1866, en un marco político liberal moderado, se promulgó la primera Ley de aguas de ámbito nacional, en la que todas las aguas se declararon del dominio público. Esto fue bien aceptado para las aguas superficiales pero encontró mucha resistencia en cuanto a las aguas subterráneas, a pesar de estar muy poco desarrolladas y ser mal conocidas teórica y prácticamente, además de que su propiedad se ligaba tradicionalmente a la de la tierra.

Así, en 1879 se promulgó una nueva Ley de aguas, en un contexto político más conservador, en la que, manteniendo el dominio público para las aguas superficiales, las aguas subterráneas eran consideradas del dominio privado y propiedad del que las captase, con sólo algunas limitaciones para proteger a las aguas del dominio público. Su reglamento no se llegó a publicar, pero durante su larga vigencia se fueron acumulando numerosas disposiciones para aclarar contenidos y adaptarla a los cambios sociales, científicos y tecnológicos. Las circunstancias de la utilización de las aguas subterráneas cambiaron drásticamente desde poco después de su promulgación, de modo que a pesar de ser esta Ley una pieza legal de gran valor y coherencia en el contexto en la que se promulgó, era incapaz de abordar la problemática del desarrollo intensivo de las aguas subterráneas en numerosos lugares de España.

La Ley de aguas de 1879 tuvo múltiples intentos de reforma ya desde la década de 1920. Finalmente, en 1985 se promulgó una nueva Ley de aguas, más de un siglo después, que a grandes rasgos es la base de la actual legislación de aguas en España. En ella se declaraban todas las aguas del dominio público hidráulico, incluyendo las subterráneas, con la excepción de las termales y mineromedicinales, que continuaron en el dominio público minero, lo que luego se ha manifestado como un error en cuanto a gestión integrada de los recursos de agua. El ámbito de aplicación es todo el territorio nacional, con la excepción de Canarias, para la que se requería una legislación propia, aunque acorde con los principios generales de la Ley de aguas nacional. La Ley de aguas de 1985 (LA, 1985) se ha desarrollado en dos Reglamentos, uno del Dominio Público Hidráulico (RDPH, 1986) y otra de la Administración Pública Agua y Planificación Hidrológica (RAPAPH, 1988).

La conversión de las aguas privadas en aguas públicas era un cambio profundo que afectaba a la propiedad, de

modo que para su implantación se requería legalmente expropiar los derechos existentes, de acuerdo con la Constitución española. Como eso no era abordable económicamente, para soslayar el problema se ofrecía una opción, a resolverse en el plazo de tres años: a) inscripción del derecho en el Registro de aguas como temporalmente privado durante 50 años, tras los cuales la propiedad pasaría al dominio público, con la posibilidad de obtener la concesión administrativa de uso de agua pública y b) mantener indefinidamente la propiedad privada mediante inscripción en el Catálogo de aguas privadas. Todas las captaciones de agua subterránea posteriores a la promulgación de la Ley de aguas debían ser objeto de concesión e inscripción en el Registro como aguas públicas, con la excepción de las captaciones (pozos) de menos de 7000 m<sup>3</sup>/año construidas tras su promulgación, que sólo requerían declaración y autorización, evitando así tener que solicitar la autorización para la investigación de aguas subterráneas. Esto último ha sido usado como un subterfugio para evitar pedir concesión, bien haciendo numerosos pozos de esa categoría o pidiendo la autorización como tales y luego explotándolos a mayor caudal. El volumen anual de 7000 m<sup>3</sup>/año en una cantidad elevada en áreas semiáridas ya que con esa cantidad se riega una superficie de más de 1 ha o se abastecen 100 habitantes.

Para las captaciones que quedaban en el dominio privado, la Ley de aguas establecía que para realizar modificaciones en las características de las mismas se requería solicitar una concesión. Esta disposición ha sido interpretada de diversas maneras. Mientras en unos casos se ha tratado de aplicar estrictamente, de modo que las posibles modificaciones requerían una concesión, en otros se ha considerado que las actuaciones necesarias para mantener los caudales y la operatividad de los derechos privados asociados a las captaciones no suponían un cambio substancial de las características, incluso la sustitución de una obra inutilizada por otra equivalente en el mismo lugar. Esto último ha sido la tónica dominante en áreas de escasez de agua, como las que aquí se consideran y donde hay minería del agua subterránea y donde esta disposición tuvo un importante efecto disuasorio en cuanto a la inscripción de las captaciones. Además, las características de las captaciones son frecuentemente desconocidas o insuficientemente documentadas, con lo que la aplicación de la disposición es difícil y sujeta a litigios, como ha sido el caso cuando se ha tratado de una aplicación estricta, aparte de numerosas picarescas en la declaración de derechos.

Transcurridos los 3 años de plazo para la inscripción sólo se había solicitado la inscripción en el registro una pequeña parte de los pozos, entre el 10 y el 20% según Moreu (2002) y no muchos más lo habían solicitado en el Catálogo. Por lo tanto la mayoría de captaciones de agua subterránea carecían de inscripción, unos porque sus propietarios se sentían protegidos en sus derechos por el Código Civil a partir del Registro de la propiedad privada y el resto por haber simplemente ignorado la disposición. Las diferen-

tes prórrogas del plazo de inscripción para reconducir la situación sólo la han mejorado parcialmente la situación. Así buena parte de las aguas subterráneas extraídas en España siguen teniendo carácter privado (Fornés y de la Hera, 2007; Molinero et al., 2011) y se hace con captaciones frecuentemente no registradas.

Por lo tanto, aunque la Ley de Aguas de 1985 declara que todas las aguas subterráneas en España son de dominio público, la realidad es muy distinta ya que sólo lo son aquellas cuyo aprovechamiento fue solicitado después del 1 de enero de 1986. Los aprovechamientos de aguas subterráneas anteriores al 1 de enero de 1986 son privados, bien sean temporalmente (hasta 2036) si han aceptado la oferta de protección administrativa o bien a perpetuidad. Muchas captaciones no están inscritas (quizás hasta el 70%) y los inventarios de la Administración pública del agua son incompletos a pesar de los notables y costosos esfuerzos realizados (Fornés et al., 2005).

Además se ha seguido perforando pozos sin autorización, aunque cada vez menos. Esto es lo que se ha llamado "caos" administrativo (López-Gunn et al., 2013) de las aguas subterráneas, que comporta numerosas situaciones al margen de la ley (WWF/ADENA, 2006).

Por otro lado, la carencia de normas de construcción de pozos y otras captaciones de agua subterránea hace que muchas de ellas no cumplan las condiciones requeridas para la protección de la cantidad y calidad del agua obtenida ni del acuífero. Estas normas han sido promovidas y reclamadas por las asociaciones científicas y profesionales desde hace más de tres décadas y el propio Servicio Geológico de Obras Públicas, entonces del MOP (Ministerio de Obras Públicas), trató de colaborar traduciendo y comentando las de los Estados Unidos, pero este y otros intentos no han tenido éxito.

Casi treinta años después de la aprobación de la Ley de aguas, la situación de los aprovechamientos de aguas subterráneas es precaria ya que se desconoce el número de aprovechamientos que existen. A ello hay que añadir que en algunas áreas, sobre todo en el Sureste español, la situación podría calificarse de insumisión hidrológica ya que se continuaron perforando numerosas nuevas captaciones sin permiso ni concesión del Organismo de cuenca correspondiente, cuyos responsables eran incapaces de controlarlas adecuadamente por falta de mentalidad y/o de medios (Pérez Pérez, 2013), si bien la situación está reconduciéndose recientemente.

Esta situación se complica por la falta de claridad jurídica que caracteriza la Ley de aguas de 1985 en lo que respecta a las aguas subterráneas, lo que ha favorecido la interposición de decenas de miles de recursos administrativos contra las decisiones de los Organismos de cuenca en lo referente a los derechos de propiedad y ha producido una grave situación de incapacidad para resolverlos en un tiempo ra-

zonable. Cabe que incluso la Disposición Transitoria Segunda de la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001, la que ampara la coexistencia de los dos dominios del agua, sea anticonstitucional (Pérez Pérez, 2013). Para intentar resolver esta complicada situación, la Administración puso en marcha en 1995 el Programa ARYCA, que ha sido en la práctica un fracaso, y después el Proyecto ALBERCA, aún en curso, aunque que probablemente resulte insuficiente para resolver la situación legal de los aprovechamientos de aguas subterráneas.

La situación en Canarias es más favorable a consecuencia de su especial legislación desde tiempos anteriores, lo que ha permitido un conocimiento más detallado, como se comenta en el apartado VI.2.3.

Un gran defecto de la Ley de Aguas de 1985, que se mantiene actualmente, es la visión de arriba abajo y paternalista de la gestión del agua. En la realidad los intereses económicos y sociales tenían gran fuerza cuando se planteó la nueva Ley de aguas, mientras que la Administración estaba realmente en una posición práctica débil y sin la fuerza administrativa y moral que se atribuía a sí misma. Esto es independiente de la mejor voluntad y disposición de servicio de muchos de sus funcionarios.

Con respecto a la Ley de aguas de 1879, la Ley de aguas de 1985 ha tenido que incorporar cambios importantes (Embid Irujo, 2007) a causa de la modificación de la Administración del Estado desde la Constitución de 1978, pasándose de una autoridad territorial única a la existencia de gobiernos autonómicos con responsabilidad sobre los recursos y medio ambiente de sus respectivos territorios, incluyendo las aguas de las cuencas totalmente dentro de los mismos, de acuerdo con sus estatutos de autonomía, la mayoría aprobados entre 1979 y 1982 y sus modificaciones posteriores. La transposición de lo dispuesto en las Directivas europeas referentes al agua desde la incorporación de España a la Unión Europea en 1986 ha supuesto cambios muy importantes.

Tienen especial relevancia en lo que se refiere a este informe la Directiva de nitratos (OJEU, 1991), la Directiva Marco del Agua europea (DMA) (OJEU, 2000) y posteriormente la Directiva Derivada de las Aguas Subterráneas (OJEU, 2006). Así, se han tenido que hacer notables sucesivas modificaciones de la Ley de aguas de 1985, que se han reflejado en la Ley de 1999 y luego en el Texto Refundido de la Ley de aguas, de 2001 (TRLA, 2001), que se extienden hasta 2013, aunque subyaciendo la estructura y los principios de la Ley de aguas de 1985 (Moreu, 2002). La TRLA de 2001 y su modificación de 2003 son el texto legal en vigor actualmente.

La DMA está orientada a conseguir el buen estado del medio ambiente, pero incide directamente, sin ser su objetivo principal, en los aspectos de cantidad, calidad, gestión, planificación y gobernanza del agua y del agua subterránea, los que son objeto de este informe.

Cada vez es mayor la demanda social de una nueva Ley de aguas, redactada ex-novo, de acuerdo no sólo con las nuevas circunstancias sino teniendo en cuenta las lecciones aprendidas y los cambios de paradigma de la realidad socioeconómica española (Aldaya et al, 2012). Esta nueva Ley de aguas debería abordar de forma realista y valiente el problema de las concesiones de agua y en especial la de aguas subterráneas, a fin de evitar las actuales dificultades nacidas de una gran rigidez en la concepción de esos derechos. Eso requiere una definición de esos derechos (Molle, 2004) y considerar reglas en vez de derechos (van Steenberg y Shah, 2003), así como del modo de asignar lo que son recursos con un notable grado de incertidumbre (Gómez-Ramos y Garrido, 2004). Aunque es posible caducar derechos no utilizados, no está bien normado ni es algo que los funcionarios quieran hacer por falta de respaldo ni es políticamente favorable.

### VI.2.3 La Ley de aguas en Canarias

El estado de explotación intensiva de los acuíferos de Canarias y la alta conflictividad social generada propició que en 1924 se introdujesen excepciones a la Ley de Aguas de 1879, condicionando el libre acceso a las aguas subterráneas. Esto hace que la situación legal de las aguas en Canarias tenga características especiales, que fueron reconocidas en la Ley de aguas española de 1985, en la que se establecía que Canarias debía establecer su propia Ley de aguas, acorde con los principios generales de la Ley nacional.

La salvedad legislativa de 1924 se produjo sin gran resistencia social a causa de que el gran desarrollo de captaciones de aguas subterráneas, principalmente mediante galerías en Tenerife y con pozos con drenes horizontales en Gran Canaria, estaba creando numerosas interferencias que se traducían en una gran conflictividad social y abundantes denuncias y pleitos judiciales. La Orden de noviembre de 1924 se emitió a petición de las fuerzas vivas canarias, que, para hacerse oír, tuvieron de aprovechar una muy concreta y favorable coyuntura política [AHL]. Esta disposición especial supuso introducir limitaciones al desarrollo de lo que entonces eran aguas privadas. Se desarrolló más en 1958, momento de máxima conflictividad. En este contexto complejo y especial, Nieto (1969) distingue entre el punto o boca por donde surgen las aguas subterráneas, que considera que es un bien inmueble, y el agua alumbrada, ya individualizada, que considera como un bien mueble. Pero otros juristas que han tenido un papel relevante en la renovación de la Ley de aguas no comparten ese punto de vista (Pérez Pérez, 2013).

Siguiendo lo dispuesto en la Ley de aguas española de 1985, el Parlamento Canario aprobó en 1987 la Ley de aguas de Canarias (Ley 10/1987, de 5 de mayo, BOE de 27 de mayo), en la que no se autorizaban obras para mantener los caudales –lo que era una práctica común y necesaria– si no que se pasaba al régimen concesional. La reacción

social en contra, en especial en Tenerife, fue tan fuerte que propició un cambio de gobierno para llevar a cabo una nueva redacción. Así, se modificaron algunos artículos de la Ley para permitir las obras necesarias para mantener los caudales y sin que ello supusiese pérdida del carácter privado del agua captada, aunque bajo el control de los Consejos Insulares de Aguas. La Ley de aguas de Canarias, promulgada en 1990 (LAC, 1990), sigue en vigor, con similares cambios que los que han afectado a la Ley de aguas nacional, por las mismas circunstancias. La disposición nacional relativa a las captaciones de menos de 7000 m<sup>3</sup>/a se modifica en Canarias a 1500 m<sup>3</sup>/a.

Actualmente, se han reducido mucho los caudales en muchas captaciones o incluso parte de ellas han sido abandonadas, pero los derechos subsisten en tanto no sean caducados, circunstancia difícil administrativamente, con intentos poco o nada exitosos y que se evitan por ser políticamente poco atractivos.

La transposición de la Directiva Marco del Agua europea se ha hecho a partir de las disposiciones de la Ley de Aguas española, sin atender a las especificidades canarias. La adaptación no se ha hecho hasta finales de 2010 (Ley de 27 de diciembre de 2010), lo que probablemente ha influido en el retraso de los Planes Hidrológicos Insulares (Sánchez Jordán, 2014). Se tramitó como un Plan Sectorial. Se ha tratado de aplicar las disposiciones sobre buenas prácticas agrícolas y se han pedido excepciones por incumplimientos en el contenido en nitratos de las aguas subterráneas.

### VI.2.4 La planificación hidrológica en España y las aguas subterráneas

La Ley de aguas de 1985 ya establece la necesidad de una planificación del agua a nivel de cuenca y a nivel nacional. Se regula a través del Reglamento de Planificación Hidrológica (RAPAPH, 1988). Una primera planificación a nivel de cuencas hidrográficas se cerró a finales de la década de 1990, aunque los documentos generados en buena parte eran una relación de obras y actuaciones. Esto dio lugar al Plan Hidrológico Nacional de 2001 (PHN, 2001), luego modificado varias veces.

El actual marco normativo de la planificación hidrológica española es el Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001 (TRLA, 2001), que incorpora los requerimientos de la DMA europea y que se regula en el Reglamento de la Planificación Hidrológica de 2007 (RPH, 2007). Requisitos importantes son el establecimiento y discusión pública de los Esquemas de Temas Importantes y la constitución de un Comité de Autoridades Competentes para la coordinación administrativa, tanto del gobierno estatal como de las Autonomías. Se introduce la componente económica en el concepto de demanda y uso del agua, la definición de objetivos ambientales, los criterios para la determinación del estado de las masas de agua y los caudales ecológicos,

la consideración de los efectos del cambio climático o de los programas o planes más detallados, como los planes especiales de actuación en situación de alerta o eventual sequía o los de protección frente a inundaciones. El RPH (2007) ha sido modificado por el Real Decreto 1161/2010 para facilitar y agilizar el proceso de planificación, ante la complejidad de la articulación competencial en materia de aguas.

El primer ciclo de planificación hidrológica 2009–2015 ha concluido. En el momento de redacción de este informe, en el Levante español y Canarias se dispone de los ETI (Esquemas de Temas Importantes) y de los Planes Hidrológicos de la Demarcaciones del Júcar, Segura y Cuencas Mediterráneas, recién aprobados, con gran retraso (deberían haber estado en 2009), y el Plan Hidrológico de Tenerife, mientras que el Plan Hidrológico de Gran Canaria está en trámite. Falta aún el Plan Hidrológico Nacional resultante, que llegará agotado el periodo de vigencia de esos planes (2009-2015). Como la planificación europea continúa, ya se ha iniciado el 2º ciclo de planificación hidrológica 2015–2021, disponiéndose ya de los EPTI (Esquemas Provisionales de Temas Importantes). Los documentos de planificación para ese periodo deberán estar aprobados a nivel de Demarcación Hidrográfica y Nacional al final de 2015.

### VI.2.5 La Administración pública del agua en España

La administración pública del agua en España se organizó en la década de 1920 por cuencas hidrográficas, de forma pionera a nivel mundial, considerando a efectos prácticos sólo las aguas superficiales (Moliner et al., 2008, 2011). Cada cuenca disponía de una Confederación Hidrográfica, todas ellas dependientes de la Dirección General de Obras Hidráulicas, asignada a lo que fue Ministerio de Obras Públicas (MOP) y posteriormente Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM) o sus cambiantes designaciones hasta el actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

Tras el establecimiento del Estado de las Autonomías de 1978 se han producido cambios de designación y adscripciones de los organismos de cuenca. Para la gestión administrativa, de acuerdo con la DMA y la TRLA (2001) se han designado Demarcaciones Hidrográficas, unas coincidentes con el territorio y órganos de las Confederaciones Hidrográficas y otras nuevas. En el Levante español se han mantenido los territorios correspondientes a las Confederaciones Hidrográficas del Júcar y del Segura, que dependen de la Administración del Estado al ser intercomunitarios. El territorio de lo que fue Confederación Hidrográfica del Sur, intracomunitario, se denomina Cuencas Mediterráneas Andaluzas y corresponde a la Junta de Andalucía. En Canarias, cada una de las 7 islas mayores forma una Demarcación Hidrográfica separada que depende del respectivo Cabildo Insular; antes estaban coordinadas por una Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias, la que actualmente tiene un papel inactivo.

Para la gestión administrativa del agua continental, en cada Demarcación Hidrográfica se han definido “masas de agua” (traducción desafortunada del término anglosajón water body), unas superficiales (MASs) y otras subterráneas (MASb). Las MASb no coinciden del todo con las Unidades Hidrogeológicas ni con los acuíferos anteriormente definidos y algunas de ellas son compartidas entre dos o tres Demarcaciones. Esto tiene una especial relevancia en el Levante español, pero lógicamente no se produce en Canarias.

En Canarias, aparte de las competencias de las Delegaciones de Minas en cuanto a obras de captación y maquinaria, la administración del agua como recurso se ha hecho tradicionalmente por los Servicios Hidráulicos (SH) en las provincias de Las Palmas y de Santa Cruz de Tenerife. Este hecho ha sido posible por la alta presión por el recurso de agua que propició el establecimiento de un Régimen Especial de Aguas de Canarias, desde 1924, con una Administración Pública del Agua que ha tenido competencias para tratar de controlar las explotaciones de agua en todo el territorio.

La Comunidad Autónoma de Canarias, según su Estatuto aprobado en 1982 y las transferencias complementarias posteriores, recibió las competencias en agua en todo el territorio, con recursos propios, aunque reservándose la Administración General del Estado las inversiones en obras de interés general. En 1985 se traspasaron las funciones y servicios en materia de obras hidráulicas y se creó una Dirección General de Aguas, asumiendo principalmente responsabilidades de gestión general e inversiones. La gestión hídrica de cada isla la asumieron en 1995 los Cabildos Insulares respectivos, que la ejercen a través de los respectivos Consejos Insulares de Aguas (CIA), uno por cada una de las 7 islas, como Demarcaciones de Agua. Gran Canaria y en especial Tenerife tienen CIA dotados, con capacidad de acción, dentro de las limitaciones presupuestarias, las nocivas intromisiones políticas y un cierto creciente desinterés social. A efectos prácticos, la Dirección de Aguas del Gobierno Canario ha pasado recientemente a un segundo plano en sus funciones de coordinación y relación con la Administración del Estado.

Las Administraciones del agua en Canarias, siguiendo las directrices estatales desde 1996 y las derivadas de la transposición de la Directiva Marco del Agua europea desde el año 2000, han desarrollado en cada isla Planes hidrológicos insulares, actualizando parte de los datos necesarios pero en general aportando pocos conocimientos nuevos debido a la escasez de recursos económicos y humanos y también a cierta desidia –con la excepción de Tenerife– y al exceso de intervención política. También se trata de evitar intromisiones por parte de los grandes “aguatenientes” y propietarios. Inicialmente Canarias era una única demarcación hidrográfica administrada por la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias, pero actualmente cada isla es una Demarcación dependiente del Cabildo Insular

correspondiente, con su Consejo Insular de Agua, de modo que la Dirección General de Aguas, tras perder relevancia, ha acabado por ser poco relevante. Las islas principales tienen la posibilidad –aunque la realidad puede diferir– de tener Consejos Insulares bien dotados pero no las islas menores, que ahora carecen de suficiente apoyo técnico de la poco activa Dirección General de Aguas.

#### VI.2.6 La explotación intensiva de las aguas subterráneas en el marco legal español

La Ley de aguas de 1985 (LA, 1985) en parte estuvo influenciada por la situación de explotación intensiva y conflictiva de aguas las subterráneas en el Levante español y Canarias. En la consideración de las aguas subterráneas se dio importancia a situaciones que en la Ley se califican como de “sobreexplotación”, considerando como tal aquellas en que las extracciones se aproximan, igualan o exceden a la recarga, o en las que hay una seria degradación de la calidad como consecuencia de esas extracciones, tal como la intrusión marina en acuíferos costeros.

En una primera etapa se establece una declaración provisional de sobreexplotación, que inicia los trámites y actuaciones. Para llegar a la declaración definitiva, de acuerdo con los Reglamentos de la Ley de aguas se requiere la creación de una comunidad de usuarios de agua subterránea para la gestión y definir y establecer planes de ordenación, que pueden requerir una reducción de las extracciones (Díaz Mora, 2002; Alcaín, 2000; Pérez Pérez, 2013). El Reglamento de la Ley de aguas deja bastante libertad sobre la configuración del Plan de Ordenación del acuífero sobreexplotado, pero normalmente deberá apuntar a una ordenada reducción de todos los consumos de agua y a impedir o reducir en su caso las actividades que lleven a la contaminación de las aguas del acuífero (Moreu, 2009).

Acorde con lo dispuesto en la Ley de aguas de 1985, a partir de los inventarios oficiales disponibles (MMA-ITGE, 1997; MIMAM, 1998), en una parte de los acuíferos españoles con explotación intensiva y problemas asociados se han ido haciendo declaraciones provisionales de sobreexplotación de aguas subterráneas, aunque pocas han llegado a la declaración definitiva. Las declaraciones de sobreexplotación han sido generalmente difíciles, pocas han llegado a completarse y los resultados han sido y son poco efectivos. Estas declaraciones responden a un proceso de arriba abajo, impuesto, con lo que su aceptación por los usuarios ha sido en general poco favorable, bien sea por sospechas de un exceso de control, por desconocimiento de los posibles beneficios o por rechazo de lo que se impone sin ser diáfanos los objetivos y ante temores de cargas impositivas, además del a veces escaso entusiasmo, capacidad y convencimiento de su utilidad por parte la propia administración del agua. En los acuíferos intensamente explotados insulares, tanto de Baleares como de Canarias, no se han hecho tales declaraciones de sobreexplotación.

La declaración provisional de sobreexplotación –para su trámite posterior y aprobación en los órganos superiores y luego la declaración definitiva con un Plan de Ordenación del acuífero sobreexplotado,– suponía una fase de información pública. Esta información pública ha sido y está siendo complicada, lenta y poco eficaz, así como la constitución obligatoria de una comunidad o asociación de usuarios del acuífero, con normas de explotación, control y observación. La pertenencia a la comunidad de usuarios del acuífero sobreexplotado es legalmente obligatoria, incluso para los propietarios que no se acogieron a la posibilidad de inscribir sus derechos en el Catálogo de Aguas privadas. Otra cosa ha sido la realidad.

Después de casi tres décadas, sólo en pocos casos el proceso ha llegado a buen término. Ha sido más eficaz el proceso de involucración nacido de los usuarios de agua subterránea, que se comenta en el Apartado VI.4.2 de este Capítulo VI, de abajo a arriba, que no siempre ha sido bien visto por la administración responsable, en parte por no estar preparada para ello y en parte por temor a perder influencia y peso institucional, corporativo y personal.

Actualmente hay cierto consenso social y administrativo en que se requiere reconsiderar la herramienta legal de la declaración de sobreexplotación y diseñar otra más eficaz y viable.

En la Cuenca del Segura ya existen propuestas de declaraciones de sobreexplotación desde la década de 1980 (Albacete-Carreira y Rodríguez Estrella, 1988). Se tienen las declaraciones de sobreexplotación de aguas subterráneas de la Tabla VI.2.1 y los principales acuíferos afectados se muestran en la Figura VI.2.1.



**Tabla VI.2.1** Declaraciones de sobreexplotación de aguas subterráneas en la Cuenca del Segura (Cabezas, 2011; Senent y García-Aróstegui, 2013; Fernández Cano et al. 2013). UH = unidad hidrogeológica; MASb = masa de agua subterránea (con código inicial); DP = declaración (provisional en su mayoría); PO = plan de ordenación licitado (en mayo de 2010 aún no había ningún Plan de Ordenación disponible); PI = proceso incoado. La situación en 2014 puede haber variado.

U.H. Denominación	MASb (070.XXX). Denominación	Declaración
07.05 Jumilla–Villena (08.035)	023 Jumilla–Yecla	D 31–07–1987 PO
07.12 Sierra de Crevillente (08.052) (1)	031 Sierra de Crevillente	D 31–07–1987
07.09 Ascoy–Sopalmó	025 Ascoy–Sopalmó, mitad W	D 17–12–1986 PO
07.28 Alto Guadalentín	057 Alto Guadalentín	D 04–10–1988 PO
07.30 Bajo Guadalentín	050 Bajo Guadalentín, SW (Cresta del Gallo)	D 04–10–1988 PO
07.24 Vegas Media–Baja Segura	051 Cresta del Gallo, sector N	D 04–10–1988 PO
07.33 Águilas	061 Águilas	D 06–04–2004 PO
07.32 Mazarrón	058 Mazarrón	D 06–04–2004 PO
07.31 Campo de Cartagena	054 Sector del Triásico de Los Victorias (100) 054 Cabo Roig (145)	D 06–04–2004 PO
07.48 Terciario de Torre vieja	042 Terciario de Torre vieja	D 06–04–2004 PO
07.29 Triásico de Carrascoy	055 Acuífero de Carrascoy	D 06–04–2004 PO
07.25 Santa–Yéchar	048 Acuífero de Santa Yéchar	D 06–04–2004 PO
07.57 Aledo	049 Varios acuíferos aislados	D 06–04–2004 PO
07.11 Quibas	029 Quibas	D 06–04–2004
07.43 Sierra de Almagro	062 Acuífero de Almagro	PI 18–12–2001
07.44 Saltador	060 Cubeta detrítica del Saltador	PI 18–12–2001
07.10 Serral–Salinas	027 Serral–Salinas, sector NE	PI 23–04–2009
07.02 Sinclinal de la Higuera	002 Sinclinal de la Higuera	PI 23–04–2009
07.16 Tobarra–Tedera–Pinilla	005 Tobarra–Tedera–Pinilla	PI 23–04–2009
07.49 Conejeros–Albatana	007 alrededores de Albatana	PI 23–04–2009
07.03 Cingla	012 Cingla, mitad E	PI 23–04–2009
07.06 El Molar	021 El Molar, sector E	PI 23–04–2009

(1) Afecta a Algaiat, Cava, Rollo, Ofra, Ors, Frares y Crevillent

### MASAS DE AGUA CON PLANES DE ORDENACIÓN EN PROCESO DE ELABORACIÓN

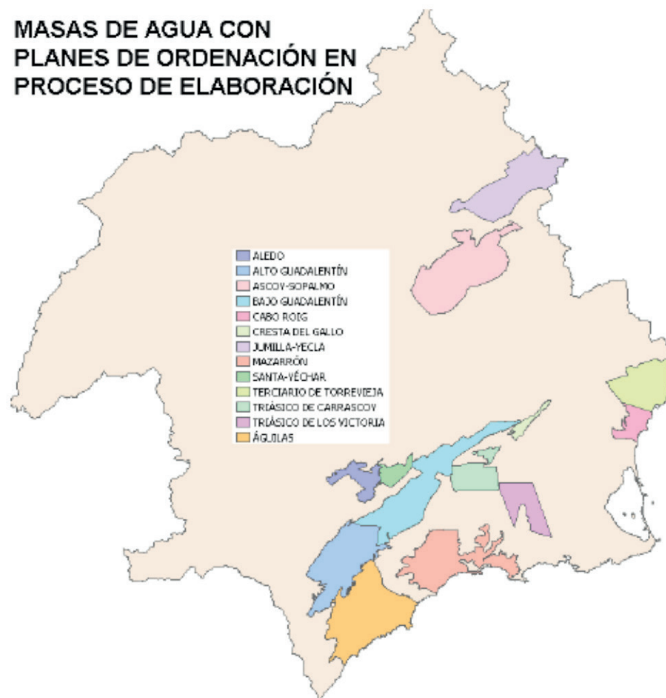


Fig. VI.2.1. Acuíferos (MASb) de la Cuenca del Segura que en 2013 tenían planes de ordenación en proceso de elaboración (Cabezas, 2011).

## VI.3 Gestión de los recursos de aguas y de las aguas subterráneas en España

### VI.3.1 Consideraciones generales

Gestionar es hacer diligencias conducentes al logro de un propósito, o sea, llevar a cabo las actuaciones necesarias para cubrir determinados objetivos generales. Esta gestión se debe realizar dentro de cauces definidos, ordenados y reglamentados, los que en su caso se derivan de una planificación. La realiza un organismo o entidad con capacidad y autoridad para hacerlo –frecuentemente público o comunitario o por encomienda del mismo–, para dar servicio a los ciudadanos. Se debe hacer con coparticipación, corresponsabilidad e involucración de los que tienen algún interés en el sujeto de esa gestión o reciben algún efecto derivado. Esto es válido para los recursos de agua y en concreto para los de agua subterránea.

La planificación consiste en crear un marco para ordenar una actividad –en este caso los recursos de agua– con una visión a medio y largo plazo, entendiendo por tales de 5 a 10 años para el medio plazo y hasta 20 a 30 años para el largo plazo. La planificación y la gestión que se deriva deben hacerse dentro de un marco normativo, que para los recursos de agua en España es la Ley de aguas española y sus Reglamentos y las Leyes subsidiarias de carácter regional que puedan existir, dentro de lo que disponen las normas supranacionales europeas a través de sus Directivas y en concreto la Directiva Marco del Agua.

Es necesario planificar los recursos de agua, con mayor o menor detalle, por las importantes implicaciones económicas y sociales que tienen en casi cualquier circunstancia y el frecuente largo tiempo para iniciar, realizar y poner en operación las obras hidráulicas o sus modificaciones y en el caso del agua subterránea su lenta a muy lenta respuesta a las acciones sobre la misma y el territorio. La planificación se realiza por organismos públicos o colectivos, pero para que esa planificación se pueda traducir en actuaciones de gestión apropiadas es necesario que participe en ella la sociedad civil en general y en particular los usuarios en sentido amplio a través de los representantes de sus instituciones.

La planificación de los recursos de agua, para que sea realista, debe basarse en un grado suficiente y adecuado de conocimiento, observación y participación y ha de tener en cuenta los cambios sociales y territoriales (cambio global) previsibles en el periodo de planificación, además de los posibles de naturaleza climática, en su caso para prepararse, adaptarse y mitigar sus efectos.

La planificación es una normativa legal, que puede variar desde una guía para las actuaciones o una normativa flexible, que es el caso de muchos países europeos, a una ley detallada y que crea derechos, que es el caso español. Esta última situación crea rigideces y litigiosidad en áreas con escasos recursos de agua, que hacen que la planificación de los recursos de agua sea difícil, controvertida y de lenta aceptación e implantación, como es la actual situación en España, y con una gestión posterior complicada y con frecuencia poco eficaz o planteando actuaciones de difícil realización.

La planificación de los recursos de agua en situación de escasez –que es un término relativo y que no significa necesariamente falta de agua para usos esenciales– requiere una visión integrada de los diferentes recursos de agua disponibles o generables –incluyendo la posibilidad de importar de otros lugares productos que hayan requerido un importante aporte de agua (agua virtual)– en el contexto de otros recursos concurrentes, como el territorio y la energía, y dentro de un marco ambiental a respetar. Esta visión integrada es un requisito generalmente admitido como esencial, aunque hay que definir el marco territorial en el que se aplica. Éste suele ser el de la cuenca hidrográfica, como se hace en España, aunque hay también un marco político nacional y regional y aún provincial y municipal. La adopción de una base territorial física natural parece que es lo más apropiado. Para las aguas subterráneas el marco del acuífero o sistema acuífero puede ser el más apropiado si afecta a más de una unidad administrativa o física, como es el caso de una cuenca hidrográfica.

Cuando el agua es escasa, como sucede en sequías, o como una situación habitual en relación con la demanda potencial –lo que se llama en ocasiones sequía estructural (Martínez –Fernández y Esteve-Salma, 2000)–, para

disuadir el uso y consumo de agua se puede recurrir a establecer sistemas de precios (Ward y Pulido-Velázquez, 2009) –con frecuencia con poca eficacia– o a imponer su racionamiento mediante determinadas reglas, las que pueden no dejar ver que en la realidad se trata de un racionamiento. Esto último es lo que los gobiernos suelen preferir. El racionamiento igualitario, o sea el que afecta a todos por igual, puede ser razonable para demandas homogéneas, pero puede fallar cuando las demandas son heterogéneas (Wan et al., 2013). Los sistemas de precios y prioridades entrañan el peligro de desviaciones políticas (Wan et al., 2013). Posiblemente la solución más apropiada sea la que se toma a nivel local o de pequeña cuenca, mientras que puede ser poco racional y difícil su aplicación en una gran cuenca heterogénea.

Los siguientes considerandos son importantes para una adecuada planificación de los recursos de agua:

- visión a medio y largo plazo, especialmente importante para las aguas subterráneas
- flexibilidad y adaptabilidad a un entorno cambiante
- actualización periódica de la planificación (por ejemplo cada 5 a 10 años), con el apoyo de suficientes estudios y observaciones y según la evolución social
- trabajo a la escala adecuada
- consideración de las incertidumbres y de cómo actuar y tomar decisiones teniéndolas en cuenta
- respeto de los aspectos socio-culturales, como las tradiciones, hábitos sociales y religiosos
- análisis de la presunción de derechos
- no trasladar costes a otros, al medio ambiente o al futuro
- consideración de todos los costes y el valor intrínseco del agua en la naturaleza
- tratar que los beneficios de la disponibilidad del agua puedan compensar las externalidades, además de hacer posible la gestión

La gestión tiene varios aspectos ya que puede hacerse en un marco sectorial o integrado, de ámbito general o local. En cualquier caso la gestión debe respetar los principios generales de igualdad, solidaridad, subsidiariedad, precaución y participación, en un contexto ético-moral.

Una buena gestión del agua requiere conocer el sistema de agua en el tiempo y en el espacio y los fundamentos de la valoración y política de gestión (van Rijswijk et al., 2014). El conocimiento hace falta para que el proceso de organización pueda lograr el nivel de servicio acordado y este proceso de organización requiere que los usuarios se involucren suficientemente, conocer como negociar los objetivos sociales, atribuir responsabilidades, autorizaciones y los medios que las soportan y regulaciones y acuerdos. La implementación del nivel de servicio acordado requiere infraestructura, implantación y modos de resolver los conflictos.

En lo que hace referencia al agua subterránea, que es parte de la gestión de los recursos de agua, es necesario en-

tender y considerar sus peculiaridades y complejidades, en cantidad, calidad y en su relación con los otros recursos de agua, en especial la lenta respuesta y la necesidad de observación y vigilancia de un amplio territorio, lo que puede ser costoso y con dificultades de acceso, además de con una frecuencia menor que para las aguas superficiales, lo que no es favorable a sistemas automatizados.

En el campo de la gestión de los recursos de agua, desde hace dos décadas el concepto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH, en inglés Integrated Water Resources Management, IWRM) se ha ido imponiendo en múltiples ambientes internacionales, nacionales y académicos. La definición de uso más frecuente es la del Global Water Partnership (GWP, 2003): la gestión integrada de los recursos de agua es un proceso que propicia el desarrollo y gestión coordinada del agua, terreno y recursos relacionados para maximizar en bienestar económico y social de forma equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Como visión institucional es un concepto abstracto que se orienta al uso responsable del agua dentro del amplio espectro de las diversas dependencias sectoriales (Martínez-Santos et al., 2014; López-Gunn et al., 2014). También cabe una visión más técnica en la que los objetos son las diferentes fuentes de agua de un determinado lugar, en general extenso, para conseguir su mejor uso técnico, económico y social mediante la integración para su gestión. Unos de los planteamientos es el de la compatibilidad y acuerdo entre los usos agrícolas y urbanos (Cubillo, 2010). A pesar de algunos casos exitosos de aplicación del GIRH, su implementación práctica es frecuentemente elusiva (Martínez-Santos et al., 2014). Puede ser debido a que su amplitud conceptual es también su debilidad.

La gestión del agua tiene costes económicos además de políticos y éstos son notables en el caso de una gestión integrada de los recursos de agua. Estos costes están justificados en casos de gran uso de agua en actividades económicamente productivas. Pero en casos más sencillos y de carácter más local puede haber soluciones más baratas, efectivas y oportunas que la integración, aunque sean menos eficaces (Giordano y Shah, 2014), incluso fuera del marco de la cuenca hidrográfica.

No es raro que la gestión y la gestión integrada sea impuesta por organismos suprarregionales, supranacionales o internacionales, a consecuencia de préstamos condicionados o a debido a presiones económicas y políticas y pueden incluir subsidios manejados a nivel nacional, de modo a satisfacer a la población.

No es este el caso del Levante español ni de Canarias, donde la productividad económica del agua es elevada y esas influencias pesan poco, pero cabe considerar que el marco más apropiado de gestión de los importantes y dominantes recursos de agua subterránea no sea la cuenca sino el acuífero o agrupación de acuíferos de tamaño suficiente.

La gestión sustentable de las aguas subterráneas debería basarse en la evidencia de que dicha gestión puede alcanzar los objetivos si se dispone del mejor conocimiento posible y presentado de modo que sea entendible por los no expertos (Guillaume, et al., 2014).

Al gobierno le corresponde preparar planes hidrológicos que tengan en cuenta el medio ambiente y la existencia de sistemas intensivamente explotados, a veces con recursos concedidos en exceso. Estos planes se deben haber consultado con todos los usuarios relevantes. Deben basarse en el mejor asesoramiento científico y socioeconómico, para producir resultados ecológicamente aceptables al tiempo que se asegura la disponibilidad del recurso a los usuarios, además de considerar si con la extracción que se planifica se alcanzarán las condiciones deseadas en el futuro. Esto es especialmente importante para las aguas subterráneas, dada la lenta respuesta a las acciones.

Para que los usuarios se involucren se requiere:

- que confíen en el modelo conceptual y de evaluación, el cual debe incluir los aspectos económicos y ambientales
- que los modelos que se presenten sean inteligibles
- un plan de gestión que más allá de los volúmenes extraíbles muestre los efectos de las reglas de extracción y que todos ganen algo con su aplicación
- mostrar que hay incertidumbres inevitables, cuáles son sus efectos y cómo se las puede tener en cuenta e incorporar y de qué modo adaptarse a las mismas

Un determinado modelo es válido en tanto en cuanto los usuarios acepten que es una buena representación de los puntos de vistas que ellos comparten y que representa bien el problema en cuestión. Esto supone tener en cuenta que los sistemas reales son complejos y el efecto de las acciones y cambios suponen modificaciones espaciales de largo alcance y que evolucionan a lo largo de un dilatado tiempo, en especial en el caso de las aguas subterráneas, y que la propia socioeconomía y forma de comportamiento cambian lentamente.

Esto debe quedar bien explícito y claro, de forma inteligible, ya que la gente, los propios gestores y no pocos expertos en otras materias, pero no en recursos de agua, ante situaciones no claras tienden a adoptar formas de pensar y juzgar excesivamente simplificadas, las que con frecuencia pueden llevar a importantes errores sistemáticos (Guillaume et al., 2014). Sin embargo, debe quedar bien sentado que ningún modelo puede garantizar que se logren los objetivos ya que existe un potencial de sorpresas no evitable (Bredehoeft, 2005).

Los modelos más adecuados son los que se refieren a contextos amplios más que a detalles específicos; pueden ser simples para mejor comprensión por los no expertos, pero no simplistas (tan simples que no representen lo que se está considerando) y deben mostrar bien los efectos de re-

troalimentación, los que pueden ser difíciles de entender a primera vista y que con frecuencia tienen un gran peso en los resultados finales. Los modelos ayudan a la búsqueda de puntos de vista compartidos. Para ello es importante diferenciar áreas de acuerdo, de conflicto y de ambigüedad, aunque entre los puntos comunes con frecuencia no aparecen a primera vista.

En estos procesos es importante hacer aflorar las externalidades negativas. El descenso de niveles del agua subterránea como consecuencia de la explotación es una notable causa de preocupación para los ambientalistas pero también para los explotadores del acuífero aguas abajo, usuarios que disponen de pozos poco penetrantes o captan manantiales o se benefician de usos recreativos. Para ellos el mercado libre del agua no es capaz de tener en cuenta estas externalidades, pero que deben ser explícitamente abordadas en la gestión (Esteban y Albiac, 2011).

### VI.3.2 Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva del agua subterránea

En acuíferos intensamente explotados, con consumo real o posible de reservas, cabe plantear dos escenarios de gestión planificada (Foster y Loucks, 2006; Jarvis, 2013):

A) Consumo continuado de reservas de agua subterránea (minería del agua subterránea), que supone:

- a.- plan de minería del agua subterránea, con consideración de lo que hay que hacer en el futuro tras el agotamiento práctico, que no tiene por qué coincidir con el físico o de calidad:
  - recurso a fuentes de agua alternativas convencionales (tomadas de un mayor territorio, trasvases) o no convencionales (desalinización, regeneración de aguas usadas)
  - en lo posible reubicar a usuarios y usos (típico de la minería convencional)
- b.- permisos con condiciones en cuanto a localización de captaciones, profundidad y extracciones (caudal y volumen total)
- c.- tasas sobre el agua de modo que lo recaudado contribuya por lo menos a pagar las estrategias posteriores, lo que conlleva guardar parte de los beneficios para correcciones y compensaciones futuras

B) Recuperación, que supone:

- a.- plan de estabilización y de posible recuperación del acuífero, estableciendo prioridades de uso y en su caso los usos que deben disminuir o ser eliminados
- b.- establecer zonas en las que graduar la intensidad de las actuaciones
- c.- clausura de parte de los pozos
- d.- permisos con condiciones en cuanto a localización de captaciones, profundidad y caudales
- e.- medidas para gestionar la demanda de agua

Cuando se llega a una situación notablemente deteriorada, para la gestión de la explotación intensiva se pueden considerar una serie de medidas, como las de la Tabla VI.3.1, cuya finalidad suele ser primariamente la de frenar los descensos y en lo posible lograr un ascenso de niveles del agua, que es lo que muestra de forma simplificada la Figura VI.3.1.

**Tabla VI.3.1** Posibles acciones de gestión local de un acuífero intensivamente explotado (modificado de Taher et al., 2012, según propuesta de aplicación al Valle de Sana'a, Yemen).

<b>Acciones de gran visibilidad</b>	<b>Vigilancia a realizar y actuaciones</b>
• Moratoria de permisos para nuevos pozos	Máquinas de perforación
• Profundización o sustitución de pozos existentes	Máquinas de perforación, áreas regadas, pozos
• Distancia mínima entre pozos	Permisos. Denuncias
• Prohibición de venta de agua sin derechos aprobados	
• Contadores en pozos domésticos	
• Prohibición de ciertos cultivos	Eliminar los usos más demandantes de agua
• Limitar la expansión de áreas regadas	Censos remotos y reconocimientos
• Reducción de pérdidas de transporte del agua	Mejorar tuberías y canales. Preferir tuberías
• Mejoras en técnicas de riego	
<b>Acciones de visibilidad moderada</b>	
• Gestión del tiempo de riego	Cuando sea necesario. No por inundación
• Limitar el consumo energético	Contadores, suministro de combustible
• No regar en exceso	Control de fugas. Eliminar vegetación no útil
• Control de la transferencia de agua entre vecinos	Tuberías y canales
• Aprobación de nuevos pozos por la comunidad	
• Licencias del gobierno para nuevos pozos	
• Limitación de la profundidad del nivel	Reconocimientos
• Mejorar la recarga con obras apropiadas	
<b>Acciones de baja visibilidad</b>	
• Instalar contadores volumétricos	

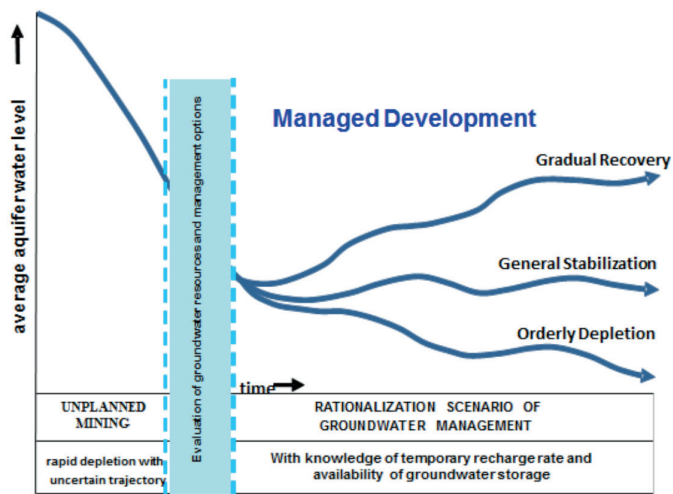


Fig. VI.3.1. Escenarios de evolución de un acuífero con minería del agua subterránea según las decisiones de gestión que se adopten (Foster y Loucks, 2006).

En los casos que se suelen calificar como de escasez de agua, la tendencia general es tratar de aportar más agua, o lo que es lo mismo, ofertar agua. En buena parte es por preferir el continuismo en las actividades, con frecuencia por presión de los usuarios de agua, social y mediática y también por conveniencia política e inercia administrativa. Esta oferta puede ser trayendo recursos de agua superficiales o subterráneos desde áreas más alejadas, reutilizando el agua usada (en general la urbana, tras su tratamiento, incluso con reducción de salinidad) o desalinizando agua marina en áreas costeras o desalobrando aguas subterráneas locales o próximas, o simplemente aceptando que continúe el uso minero del acuífero. Esto se hace a un coste creciente del agua puesta a disposición. No es raro que se subvencione la oferta de agua para mantener la actividad existente, en general el regadío, y así obtener réditos políticos.

Otra manera de abordar la situación de escasez de agua es la de reducir su uso, o sea la gestión de la demanda, lo que es más difícil y requiere instituciones y actuaciones para las que se tiene poca experiencia, son de lento establecimiento y con resultados a veces poco visibles. En general se requieren gastos, unas veces moderados y otros elevados. Tales son las actuaciones para disminuir las fugas y pérdidas y para aumentar la eficiencia del uso del agua, por ejemplo mediante técnicas modernas de riego, aunque ello suele conllevar un aumento del consumo energético y puede tener efectos contrarios, como se comenta en el Apartado VII.4 del Capítulo VII.

Mucho menos frecuentes son los planteamientos que suponen un cambio de paradigma en el uso del agua, los que generalmente van acompañados de un cambio cultural importante y un aumento de las relaciones de intercambio de productos con otras áreas.

Este cambio de paradigma es similar al que se realizó con el paso del secano al uso intensivo del agua subterránea. Estos cambios buscan efectos positivos, por lo menos a medio plazo, pero suelen conllevar efectos negativos que hay que corregir y compensar.

Para realizar un cambio de paradigma se requiere mirar al futuro y vencer inercias, más cuando el cambio supone esfuerzos adicionales, notables resistencias y algunos traumas. Sin embargo, en muchos casos es el camino a seguir a menos de incrementar y agudizar los problemas del presente.

### VI.3.3 Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva de las aguas subterráneas en el Levante español

La explotación intensiva de aguas subterráneas ha sido el motor de la economía del Levante español (Tobarra, 2001), pero según Martínez Fernández (2001) ha hecho que la economía local dependa excesivamente del regadío, además de un desviado sentimiento social de que la importancia y peso de la economía lograda es tal que merece el apoyo público en forma de subvenciones, que pagan otros. Lo mismo vale para Canarias, pero iniciado en una época más temprana. Puede ser un modelo ya agotado, de modo que parece llegado el momento de un cambio de paradigma (Villarroya et al, 2010; Molinero, 2008; López-Gunn et al., 2011).

En el Levante español, las propuestas de gestión de la explotación intensiva de los acuíferos, tal como es tradición y se reflejan en los planes hidrológicos, van en gran parte orientadas a la oferta de agua para responder a la demanda y lo que se designa como déficits de agua (diferencia entre una demanda calculada o potencial y los recursos medios de agua disponibles calculados de distintas maneras) y a atender a su posible crecimiento, aunque actualmente se acepta que no debe producirse ese aumento.

Se han realizado importantes esfuerzos para aumentar la eficiencia del riego y reducir pérdidas de agua en conducciones, distribuciones y almacenamientos, incluyendo los usos urbanos, aunque se conoce mal la real eficacia y rentabilidad de las importantes inversiones públicas que se han hecho. Prácticamente no se aborda un cambio de paradigma, aunque parte de la sociedad parece ser consciente de su necesidad.

Entre las diferentes acciones complementarias para aumentar los recursos locales en el Levante español se han apuntado varias:

- Explotación de acuíferos conectados con ríos con la intención de que luego se recarguen en época de caudales altos. Tal puede ser el caso del acuífero kárstico del Sinclinal de Calasparra respecto al río Segura.

- Construcción de presas de embalse para que el agua se infiltre. No hay claros ejemplos en el área, pero sí en áreas próximas.
- Pequeñas represas en barrancos y ramblas y derivaciones para favorecer la infiltración, y medidas periódicas de conservación y reparación. En el borde meridional de la Sierra de Gádor hay 110 diques artificiales entre cuyos objetivos está el aumento de la recarga al acuífero (Pulido-Bosch, 2001)
- Regular manantiales por bombeo de forma que mermen en época de gran demanda para luego restablecerse en épocas de escasa demanda; el agua extraída, con mayor caudal que el natural del manantial del momento, puede usarse para simular el manantial y mantener el curso fluvial aguas abajo. No hay ejemplos en el Levante español, pero es el caso de los manantiales de Deifontes, en el río Algar, Alacant (Sahuquillo et al. 2010; Armillo Alegre, 2013).
- Redistribuir extracciones para aliviar la situación de los acuíferos más intensamente explotados o con problemas de calidad.
- Buscar nuevos acuíferos con capacidad para ser sometidos a minería del agua.

Entre las acciones de gestión de la demanda cabe considerar:

- Mejorar la eficiencia de riego, en buena manera para evitar la evapotranspiración no útil, aunque manteniendo los retornos de riego inevitables para no salinizar el suelo.
- Eliminar cultivos no rentables, en especial los de alta demanda de agua. Los productos necesarios para el consumo local se pueden obtener a través de su importación de otras áreas, como agua virtual.
- Limitar el riego de jardines y áreas verdes residenciales e introducir en los mismos plantas de bajo consumo de agua, muchas de ellas típicas de la flora local.

En la Tabla VI.3.2 se indican las medidas principales consideradas en la Cuenca del Júcar.

**Tabla VI.3.2.** Medidas importantes propuestas en la Cuenca del Júcar con indicación del porcentaje de recuperación de costos (PHJ, 2014).

• Control de la contaminación puntual	70
• Mejora de la eficiencia de regadío	24
• Mejora de eficiencia de abastecimiento urbano e industrial	99
• Incremento de recursos convencionales	63
• Reutilización	60
• Desalinización	91
• Protección de aguas potables	6
• Defensa frente a inundaciones	0

Entre las acciones de gestión para controlar y reducir los efectos negativos de la explotación intensiva de las aguas subterráneas está el aporte de agua al área con problemas. Para que ese aporte sea para reducir las extracciones por sustitución de caudales de agua y no para aumentar el uso de agua se requiere vigilancia y medios físicos, administrativos y legales para corregir desvíos, además de voluntad política. El agua a aportar puede ser superficial, subterránea procedente de otros lugares o desalinizada o regenerada. Las acciones específicamente dirigidas a reducir la explotación de los acuíferos sin aportar nueva agua son menos comunes.

Una de las acciones específicas para reducir el uso del agua subterránea y tratar de recuperar o al menos no seguir con el deterioro de los acuíferos es el transvase Júcar-Vinalopó, que se comenta en el Apartado III.1 del Capítulo III. Para la gestión del agua recibida se ha constituido una Junta Central de Usuarios con sede en Villena. La calidad del agua y los costes han sido y son objeto de polémica frente a otras alternativas que se han dejado de lado por diferentes razones, más de política local que técnicas.

Los aspectos de gestión relacionados con la transferencia, comercio y mercados del agua se comentan en el Apartado VI.4. El agua de mar desalinizada para disminuir la presión sobre los acuíferos tiene un alto precio (incluso estando subvencionado) frente a los recursos de agua subterránea locales, que si bien son caros a causa de la profundidad de los niveles piezométricos, aún son más baratos, aunque en ciertos casos puede haber cuestiones de salinidad que limiten el uso o requieran mezcla con otros recursos, si los hay, o una desalobración, como sucede en el Campo de Cartagena. En Almería, el alto precio del agua desalinizada es la causa la infrautilización de la planta desalinizadora de Carboneras y a las grandes dificultades económicas de la planta privada de Rambla Morales, propiedad de un consorcio de los propios agricultores (Apartado III.1 del Capítulo III). El Consejo del Agua de la Cuenca del Segura ha decidido no apoyar la incorporación de aguas desalinizadas a las previsiones del Plan Hidrológico (Cabezas, 2011; Senent y García-Aróstegui, 2013) a causa de los elevados precios.

En varias áreas españolas con suministro de agua superficial y de manantiales, una táctica frecuente ha sido la de completar la disponibilidad de agua en momentos de escasez mediante la operación de "pozos de sequía". Se trata de pozos de la administración del agua o gestionados mediante acuerdo con particulares, para ser usados únicamente durante las sequías, permaneciendo el resto del tiempo inactivos (pero con mantenimiento), durante el que se espera que se reponga el volumen de almacenamiento de agua subterránea extraído. En el Apartado III.3.1 del Capítulo III se dan detalles de estos pozos en la Cuenca del Segura. También hay pozos de sequía en la Cuenca del Júcar. Si el planteamiento de estos pozos se hace en acuíferos en buen estado o poco deteriorados –como se plantea

en la Cuenca del Segura– se corre el peligro de incrementar los problemas ambientales y locales de abastecimiento en los periodos de uso, con lo cual parece aconsejable que estos pozos estén en acuíferos ya intensamente explotados e incluso con minería del agua subterránea, aunque ello puede agravar su situación temporalmente. Esto posiblemente iría contra las directrices derivadas de la aplicación de la DMA y necesitaría una justificación basada en el menor daño al estado de las aguas.

La adopción de medidas tiene costes y repercusiones económicas y sociales. Hay pocos estudios al respecto y el tema sólo se aborda marginalmente en la planificación hidrológica. Las herramientas modernas de gestión de agua y de acuíferos de un determinado territorio complejo requiere modelación, tanto hidrológica (Andreu et al., 1996) como socio-económica (Molina et al., 2010; 2013; Kuwayama y Brozović, 2012).

La primera depende en buena parte de datos hidrológicos e hidrogeológicos de procedencia oficial, pero para la segunda es esencial la participación de los usuarios, preferentemente organizados en asociaciones y entes de responsabilidad colectiva. La Figura VI.3.2 representa el modelo socio-económico que se ha aplicado en la Cuenca del Segura.

En el sector oriental de la Cuenca del Segura, en acuíferos próximos o compartidos con la Cuenca del Júcar, se ha realizado una modelación económica considerando diferentes escenarios, entre ellos el posible cese del exceso de extracción, no la recuperación de los acuíferos. La Tabla VI.3.3 refleja parte de los resultados.

También se ha realizado una simulación para la cuenca del Guadalentín (Martínez-Granados y Calatrava, 2014), en este caso analizando la influencia en la economía agraria y en el empleo y considerando la disponibilidad actual y futura de aguas de desalinización para eliminar el consumo de reservas (minería) del agua subterránea en la cuenca. En el análisis se consideran varios escenarios, siempre estando presente la posibilidad de acceso al agua desalinizada a una parte de la cuenca, tales como continuar como hasta ahora, limitar la explotación a sólo los recursos de agua subterránea renovable (pasar de 98 a 29 hm<sup>3</sup>/a, o sea eliminar 69 hm<sup>3</sup>/a de minería del agua subterránea) mediante prohibición de extracciones, compra de derechos de agua, imponer una tasa ambiental o subsidiando parte del agua desalinizada ofrecida en el caso de que esté disponible.

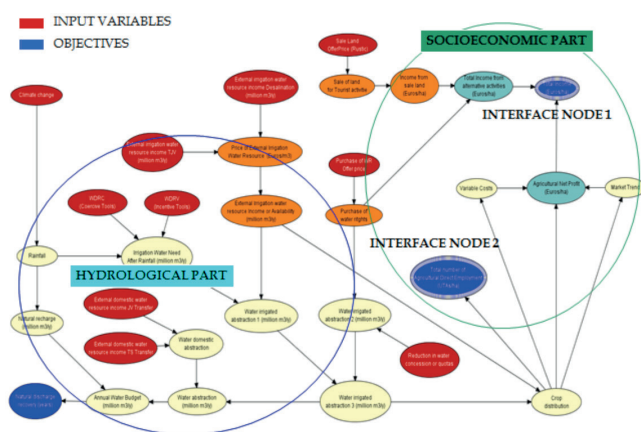
Con la actual oferta de 8 hm<sup>3</sup>/a de agua desalinizada se usa toda a su precio en todas las alternativas. Se requiere invertir 1200 M€ en adquisición y rescate de derechos de agua a un coste anual equivalente de 0,71 €/m<sup>3</sup> (muy costoso para el erario público) o bien imponer una tasa de 0,71 €/m<sup>3</sup> (inviabile políticamente). En todos los supuestos se pierde notablemente empleo y se reduce el valor de la producción agraria y también el margen neto, salvo para

la compra de derechos en que dicho margen neto aumenta al haberse adquirido los derechos menos rentables. La peor situación es la de la prohibición. Con las nuevas plantas de desalinización previstas se tiene una nueva fuente de agua, hasta 130 hm<sup>3</sup>/a, que no necesariamente se va a usar a plena capacidad por ser costosa y superar la demanda existente. Sin intervención sólo se usa un tercio de la capacidad de desalinización, mientras que en las otras alternativas se rebasa un poco la mitad de la capacidad, pero para conseguir eliminar la minería del agua se puede disminuir el coste equivalente de la compra de derechos a 0,45 €/m<sup>3</sup> y la tasa ambiental a 0,45 €/m<sup>3</sup> o bien se puede subsidiar el agua desalinizada en 0,42 €/m<sup>3</sup>, lo que es casi ofrecerla sin coste. En todos los supuestos se pierde algo de empleo y se reduce moderadamente el valor de la producción agraria, pero se mejora el margen neto, salvo para la prohibición y la tasa ambiental. La peor situación es la de la prohibición.



**Tabla VI.3.3.** Resultados de simular diferentes alternativas de gestión del agua en la Cuenca del Segura (Molina, 2009; Molina et al, 2009; 2010; 20011) para los acuíferos intensamente explotados de Ascoy–Sopalmu, Serral–Salinas, Jumilla–Villena y Cingla, considerando la situación en 2009, con una extracción de 460 hm<sup>3</sup>/a, déficit de recarga de 111 hm<sup>3</sup>/a y consumo acumulado de reservas de 12 km<sup>3</sup> desde 1965 y de 3,5 hm<sup>3</sup> desde 1985. Los costes son adicionales a los que se tenían en 2009. El transvase Júcar–Vinalopó afecta solo parcialmente a las condiciones de estos acuíferos. Equilibrio quiere decir cese de los descensos, pero no recuperación de los acuíferos.

Condiciones	Sobrecoste total M€/a	Reducción de extracciones hm <sup>3</sup> /a	Sobrecoste del agua €/m <sup>3</sup>	Se pierde:
Continuar como ahora	0	0	0	-
Reducir demanda agua	97	45	1,05	beneficios
Agua de desalinización	14	43	0,32	margen neto
Transv. Júcar–Vinalopó	1	20	0,05	margen neto
Compra de agua	16	9	2,20	beneficios
Agua externa para equilibrio en 2027	35	111	0,32	margen neto
Compra de agua para equilibrio en 2027	120	111	1,03	beneficios



**Figura VI.3.2.** Esquema para el análisis socioeconómico de alternativas de actuación en la Cuenca del Segura (Molina, 2009; Molina et al, 2010).

**VI.3.4 Consideraciones sobre la gestión de la explotación intensiva de las aguas subterráneas en Canarias**

La construcción, explotación y mantenimiento de las captaciones de agua subterránea privadas son difícilmente abordables individualmente y por eso normalmente se han formado sociedades, bajo diferentes formas y estatutos (Hernández Ramos, 1954; Navarro García, 2008), para aportar el capital necesario y luego compartir los gastos de explotación a cambio de una participación reglada en el agua obtenida. Hay participaciones en forma de acciones en la sociedad y participaciones en derechos del agua. En unos casos el resultado de esas acciones es una participación proporcional en los caudales obtenidos –caso frecuente para muchas galerías tinerfeñas–, los que se dividen tradicionalmente mediante partidores de agua en un lugar aguas abajo, donde cada copartícipe recibe el agua en su propia conducción o tubería. El agua obtenida no utilizada por el partícipe o comunero puede ser puesta a disposición de otros comuneros, o de la comunidad, o ser transferida a terceros, a cambio de una compensación económica.

Como el agua está disponible en el lugar de captación, mientras que el lugar de utilización –población, campo de regadío, molino– puede estar distante, se requiere de una red de transporte, unas veces propiedad del productor de agua, otras del consumidor, pero con frecuencia de terceros que prestan por su cuenta ese servicio de transporte de agua desde los productores a los consumidores. Es el llamado servicio de canalización, que se hace mediante pago por las mermas (del 3% al 8%, en promedio 7,8%), por arrendamiento a los participantes de la comunidad del canal, de 0,01 a 0,04 €/m<sup>3</sup>, o más raramente por derecho de pase y por pase propiamente dicho, a modo de tarifa de 0,03 a 0,04 €/m<sup>3</sup> que pagan todos (Hoyos-Limón y Puga, 2007). Existió el cobro del servicio como un porcentaje del agua transportada, pero está prohibido desde 1955 por motivos fiscales y de mayor transparencia. En la gestión juegan un papel importante los “intermediarios” (rematadores), a modo de “brokers” que conocen los distintos mecanismos y actuaciones. En la actual tesitura del mercado, los intermediarios pueden ser los que obtengan mayores beneficios del agua subterránea.

Hasta la mitad del siglo XX la producción y distribución de agua estaba casi completamente en manos de la iniciativa privada, con algunas intervenciones públicas municipales. En general los municipios eran y son compradores de agua en el mercado con el fin de complementar sus propias fuentes de agua.

Con el notable desarrollo económico a partir de mediados del siglo XX, en Gran Canaria se tuvieron algunos problemas de abastecimiento de agua a las grandes poblaciones, a los polígonos industriales, aeropuertos y puertos, a los centros turísticos y a la agricultura intensiva. Esto no sucedió o fue menos acusado en Tenerife y también en La Palma, aunque sucede Tenerife en los años recientes, más por problemas de calidad que de cantidad [AHL]. En Gran Canaria empezó a actuar la iniciativa pública estatal e insular a través de la Administración del Agua y de los Cabildos Insulares, con la construcción de algunas nuevas grandes presas de embalse, principalmente en Gran Canaria, y después la desalinización de agua del mar a partir de 1963 en Lanzarote, con un intenso desarrollo posterior en la provincia de Las Palmas y luego en Tenerife. Primero fueron plantas de destilación y ahora casi exclusivamente de ósmosis inversa.

Esto ha permitido poner a disposición de los municipios un agua cara, pero no mucho más que el agua subterránea en épocas de gran demanda. Esto ha llevado a que en los grandes municipios costeros y áreas turísticas haya disminuido mucho la dependencia de la adquisición de agua subterránea, pero no se ha abandonado y se mantiene activa si ésta está disponible con calidad adecuada y a precios razonables, por lo menos en una parte del año, y en especial como seguridad. Esto ha tenido una gran incidencia en los mercados del agua. Incluso algunas áreas costeras se abastecen a partir de aguas subterráneas salinas propias

tras su desalobración, a coste menor que la desalinización del agua marina, primero mediante plantas de electrodiálisis (ED) y más recientemente de ósmosis inversa trabajando a presiones moderadas y utilizando membranas adecuadas a cada caso, en función de los resultados buscados. También algunas explotaciones de cultivos intensivos mejoran la salinidad y composición de sus aguas subterráneas propias de esa manera.

Las situaciones de comercio del agua son muy diversas y complejas, variables de una isla a otra, con normas no siempre bien conocidas para terceros o en mercados del agua poco transparentes y sin control administrativo. En el caso de Gran Canaria y en especial en Tenerife supone una implicación importante y muy repartida de una parte amplia de la sociedad, con variantes importantes, pero en la práctica con dominio de unos pocos, a los que se les llama “aguatenientes” en el lenguaje popular. La situación ha cambiado en las últimas décadas, en especial en zonas bajas, debido a la oferta de agua pública y privada de desalinización y regenerada, lo que ha producido cambios sociales importantes y abandono de las explotaciones subterráneas poco rentables. La disminución de la captación de agua subterránea es en cierto modo favorable ya que reduce el consumo de reservas y la evolución hacia una estabilización de niveles, que aún está lejos de ser alcanzada y que en cualquier caso se conseguiría con elevados costes de explotación.

La situación más desfavorable era la de las pérdidas al mar de agua de las galerías en épocas de baja demanda, con consumo de reservas que no se habían utilizado, en especial en Tenerife. Esta situación se controló a partir de la década de 1970, en parte por disminución de las extracciones de los pozos costeros para compensar y porque el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF) estableció el Plan de Balsas, realizado a través de la empresa pública BALTEN, que recoge y almacena temporalmente en balsas los excedentes no utilizados para que puedan ser usados en épocas de alta demanda, cuando se ofrecen a un precio que es menor que el que tendría el agua en el mercado en ese momento. Esto puede suponer una reducción de los ingresos anuales para los explotadores de galerías; de ahí su oposición a dicho plan.

Más recientemente las galerías de iniciativa pública y algunas privadas tratan de reducir esas pérdidas de agua con almacenamiento en sus propias balsas y en algunos casos también mediante cierres regulables las galerías en lugares apropiados capaces de soportar altas presiones diferenciales, pero no es algo factible en general. Todo este panorama hace referencia principalmente a las áreas costeras. Las actividades económicas y agrícolas en las medianías siguen dependiendo fundamentalmente del agua subterránea, donde persiste al comercio del agua subterránea no influido. Esas áreas son de gran interés humano y de atención especial en la política del agua.

Una nueva intervención pública fue la reutilización del agua usada, que se inició a principios de la década de 1980, tímidamente y con escasa garantía de disponibilidad y calidad, para uso en agricultura, campos de golf y zonas ajardinadas, pero con algunos fracasos iniciales por salinización y alcalinización del suelo en Gran Canaria. Estos defectos se han ido superando, así como las grandes variaciones de salinidad por mal estado, pobre manejo y vertidos salinos incontrolados a las redes urbanas de saneamiento. Actualmente, parte del agua residual depurada puede ser sometida a una reducción de salinidad por ósmosis inversa o electrodiálisis antes de su reutilización. Sin embargo, el coste total es alto, en parte a causa de la necesidad de bombeo y de redes de transporte. Por eso los caudales reutilizados son aún pequeños. Su puesta a disposición ha influido moderadamente en los mercados del agua subterránea. Otra intervención administrativa importante que afecta al comercio del agua es la obtención, compra, almacenamiento y distribución del agua por entidades de titularidad pública. El agua regulada en grandes balsas se pone a la venta y se distribuye en los momentos de mayor demanda o se destina a usos con demanda más regular. En la práctica surgen problemas de salinidad y composición química cuando se incorporan aguas de baja calidad en origen, como la de galerías que producen aguas fuertemente bicarbonatadas sódicas y con un gran exceso de flúor o la procedente de pozos salinizados.

La especial historia evolutiva, aislamiento y características de los acuíferos canarios explica que en Canarias se tenga una situación de propiedad y gestión del agua diferente a la de otras áreas de España, tanto de la Península como de Baleares. La mayor parte de las aguas naturales utilizadas en Canarias son subterráneas, incluida Gran Canaria, a pesar de que allí hay un buen número de presas de embalse. La asignación de los recursos hídricos se caracteriza por la presencia hegemónica de los mercados de agua frente a otras fórmulas concurrentes.

La gestión del agua corresponde a las Consejos Insulares de Aguas, que actúan como Administración hidráulica de la respectiva isla. Dependen del respectivo Cabildo Insular, pero tienen su propia autonomía.

Los recursos de agua disponibles son mayoritariamente subterráneos y de carácter privado, bien porque se acogieron al régimen transitorio del cambio legislativo canario o porque optaron por mantener esa característica (aprovechamientos no inscritos en el Registro de Aguas públicas). Estos recursos privados se gestionan básicamente mediante fórmulas de mercado, que coexisten con el uso y consumo propio.

El titular del derecho del agua coincide con el usuario final sólo en el caso del consumo propio. Lo más común es que las aguas subterráneas captadas no sean utilizadas por el que las obtiene, sino que la mayoría de las aguas privadas van al mercado y entonces los titulares no coinciden con

los usuarios finales. Las otras aguas, como las subterráneas públicas, las de mar desalinizadas y las generadas industrialmente, requieren de una concesión administrativa privativa, salvo que vayan destinadas al servicio público.

En las últimas décadas se han otorgado pocas concesiones privativas singulares sobre recursos no aprovechados. Para ello se han desarrollado fórmulas de asignación mediante servicios públicos de abastecimiento urbano-turístico y de riego, principalmente con nuevos recursos no convencionales: agua regenerada y agua de mar desalinizada, designados como agua industrial.

Como en el resto de España, el abastecimiento del sector urbano, la población residente y los consumos asociados es competencia directa de los Ayuntamientos, en forma de servicio público, aunque su prestación pueda adoptar modalidades diversas. Como el agua propia que puedan tener los Ayuntamientos, de sus captaciones o participaciones, es en general insuficiente para el servicio que tienen que prestar, tienen que acudir al mercado del agua para cubrir la demanda que tienen que servir. Aunque para afrontar situaciones de desabastecimiento la legislación contempla como procedimiento excepcional la "requisita" de agua, no se ha aplicado en las últimas décadas por ningún Consejo Insular de Aguas.

La legislación canaria de aguas contempla que otros servicios públicos de agua que no son competencia de los municipios, como el transporte, desalinización y agua para riego, puedan ser prestados por la administración, con fórmulas rígidas de control, cuyo régimen económico-financiero está sujeto a aprobación por el respectivo Cabildo Insular. En este contexto, el Cabildo Insular de Tenerife (CITF) estableció la declaración del servicio público de riego a nivel Insular y lo presta de forma descentralizada mediante el organismo autónomo público BALTEN.

BALTEN ha incorporado a sus funciones el almacenamiento de agua en balsas, la desalobración de aguas subterráneas y la reutilización de aguas regeneradas, puede adquirir agua en el mercado, aprovechar aguas públicas de escorrentía, depositar agua de terceros en sus balsas, transportar y distribuir agua por conducciones públicas adscritas, mejorar la calidad de las aguas, prestar servicio a los regantes finales que se acojan a dicho servicio y a los Ayuntamientos para mejorar la calidad de las aguas de abastecimiento y la reutilización de las aguas urbanas residuales regeneradas para riego. Del agua que BALTEN obtiene de particulares, 1/3 se les reintegra, 1/3 puede ser adquirida a precio reducido por los que la han aportado y 1/3 se les vende a precios de mercado, aunque puede haber dificultades para mantener estos acuerdos en épocas de escasez {CIATF}.

Algo similar sucede en Gran Canaria, donde estas actuaciones las realiza el Consejo Insular de Aguas, directamente o mediante concesión administrativa temporal a

empresas.

El Plan de Balsas de Tenerife, que está en el origen de BALTEN, tiene diferentes valoraciones según los sectores de la sociedad. De hecho en 2012 estaba en crisis por causa de su gestión económica y del aumento de los costes de la energía. Parte de los gestores privados de aguas subterráneas {SR} consideran que la actuación de BALTEN ha sido entre dudosa y desestabilizadora al pasar de la idea inicial de regulación de excedentes de aguas de galería a ofertar agua en el mercado, a veces de baja calidad. Estos gestores verían bien una gestión privada de la entidad.

La construcción directa de muchas de las infraestructuras con la que se prestan estos servicios públicos, o cuanto menos su financiación, ha sido participada por la Administración del Estado y el Gobierno de Canarias, además del propio Cabildo Insular y los Ayuntamientos, en algunos casos con el apoyo de fondos estructurales de la Unión Europea (FEDER). Salvo la amortización de equipos renovables, estas inversiones no se repercuten en los costes para el usuario. Eso es legal y financieramente correcto, pero no refleja los costes reales que tendría el agua en ausencia de esas aportaciones. El coste resultante de considerar todas las amortizaciones es importante de cara al futuro, ya que esas subvenciones no se van a producir, presumiblemente.

Las ayudas públicas para agua en Canarias han sido tradicionalmente escasas debido al carácter predominantemente privado de las mismas, pero ha habido aportaciones en obras hidráulicas, principalmente embalses en Gran Canaria (en parte entregados a la administración del agua y en parte a Comunidades de Regantes o Municipios) y estaciones de depuración. Tras la Ley de aguas canaria existen líneas de ayuda, que antes no existían, a Heredades y Comunidades de Agua, no a particulares, que permiten el acceso a créditos para la mejora de canales y conducciones de agua {JLG}.

Algunos problemas emergentes de gestión del agua son la escasez de recursos económicos de carácter público, lo que ha frenado el desarrollo de los sistemas comerciales de producción industrial de agua, la desmotivación actual del sector privado para invertir en el agua y el solape y descoordinación en el ejercicio de las competencias y atribuciones de las distintas Administraciones. Esto va ligado a la progresiva desaparición de lo que se ha venido llamando "cultura del agua".

En la Tabla VI.3.2 se esquematizan las responsabilidades de los servicios de agua en Tenerife. Algo similar sucede en Gran Canaria, donde el Consejo Insular de Aguas actúa como organismo regulador de lo que contrata mediante concurso con empresas privadas, frecuentemente con un horizonte de 5 años, cuyos caudales se controlan con doble contador {CIAGC}.

**Tabla VI.3.2.** Esquema de responsabilidades de los servicios de agua en Tenerife (PHTF, 2011). CIATF = Consejo Insular de Aguas de Tenerife; DPH = dominio público hidráulico.

Servicio de Agua	Titulares o gestores del servicio	Elemento financiero
Aprovechamiento de agua subterránea (captación por galerías y pozos)	Comunidades de Aguas Comunidades de Usuarios Ayuntamientos Particulares	Cuotas comunitarias Precio (público o privado)
Aprovechamiento de aguas superficiales, con o sin almacenamiento	CIATF Comunidades de Usuarios Particulares	Canon de ocupación del DPH Canon de regulación
Transporte de agua	Comunidades de Aguas BALTEN Empresas gestoras Particulares	Precio (público o privado)
Desalobración/desalinización	CIATF (o BALTEN)  Comunidades de Usuarios Empresas gestoras Particulares	Precio (público o privado)
Distribución de agua para riego, con o sin almacenamiento	Comunidades de Regantes BALTEN Particulares	Precio (público o privado)
Abastecimiento urbano (aducción + distribución)	Ayuntamientos Empresas gestoras	Tarifa (tasa o precio público o privado)
Alcantarillado para aguas residuales urbanas	Ayuntamientos Empresas gestoras	Tasa de alcantarillado Precio (privado)
Depuración de aguas residuales	CIATF Ayuntamientos Empresas gestoras Particulares	Tasa de depuración Precio (privado)
Vertido	CIATF Ayuntamientos Empresas gestoras Particulares	Canon de vertido

Debido a la especial legislación de aguas en Canarias comentada en el Apartado VI.2.3, hay un buen registro de captaciones, como se comenta en el Capítulo IV, y buena parte de los derechos están en el Registro de Aguas Públicas.

A pesar de los esfuerzos realizados, la administración del agua canaria aún dista de conseguir valoraciones sociales altas. Así por ejemplo, algunos grandes usuarios ven a la administración del agua gran Canaria como deficiente, falta de objetivos, insegura, destecnificada, desmotivada, con excesivas presiones políticas y con permisividad en la aplicación de las normas {FR}.

Desde un punto de vista amplio, la forma de explotación del agua subterránea en Canarias, en especial en Gran Canaria y Tenerife, ha sido y es una gran aventura que ha permitido el gran desarrollo de los últimos 50 años y un gran logro técnico en el que la existencia de mercados de agua ha jugado un papel importante, aunque se les pueda calificar de "grises" y con tendencia al oligopolio. La principal consecuencia negativa ha sido un continuado consumo de reservas de agua subterránea de lenta renovación, por lo menos de decenas de años, aun cuando las extracciones totales son menores que la recarga por la lluvia. Hay descensos del nivel freático de hasta 300 m en algunos lugares, muchos nacientes se han secado, en ciertas áreas costeras hay una notable intrusión marina y la progresiva mayor penetración de pozos y galerías ha llevado a captar aguas profundas cada vez de peor calidad. Las interferencias han hecho que unos carguen con lo que han hecho otros y su codicia.

Existe un estado final estacionario, aún lejano, pero comporta remodelar toda la infraestructura hidráulica, con enormes inversiones, grandes costes energéticos y económicos de extracción y posibles pérdidas de calidad del agua, además de afecciones medioambientales. Este estado estacionario puede suponer condiciones que hagan imposible continuar con las captaciones actuales. Se trata de una explotación no sustentable, que ya se está manifestando claramente.

Su resolución comporta una reducción de extracciones, con planes generales bien diseñados hidrogeológicamente y socialmente aceptables y aceptados. Con acciones drásticas es posible que en algunas décadas, en ciertas zonas, se pueda producir una recuperación razonable y cierta restauración hasta situaciones próximas a la natural. Eso permitiría un mejor y más económico servicio a las áreas de medianías y una mejora social y ambiental, con tal que las actividades en esas medianías sean las adecuadas. Sin embargo, la explotación mediante galerías no permite más que una recuperación parcial, como se comenta en el Capítulo IV. En cualquier caso, falta un análisis económico y social.

## VI.4 Instituciones y aspectos institucionales en relación con el agua subterránea

### VI.4.1. Aspectos generales

Las instituciones son sistemas de carácter social y cooperativo (Hogson, 2002) para ordenar y regular el comportamiento de un grupo de individuos, tanto pequeño como grande, e incluso el conjunto de la sociedad. Las instituciones trascienden las voluntades individuales ya que en ellas se impone un propósito considerado como un bien social para ese grupo. El funcionamiento de las instituciones varía ampliamente, aunque en general se basa en reglas o normas. Esas normas son ya en sí instituciones. Hay instituciones jurídicas, políticas, económicas y científicas, sin agotar las posibles clasificaciones. La institución es principalmente un mecanismo y por lo tanto no tiene que ser un ente físico, aunque se plasme luego en forma de escritos, leyes y normas escritas. Con frecuencia se identifica institución con un grupo social u organización, incluso con un lugar físico, pero la institución es en realidad el sistema o mecanismo que permite su actuación para cumplir determinados objetivos. Las instituciones son importantes para la gestión pública y sus implicaciones económicas (Bromley, 2001).

La gestión y la planificación de los recursos de agua requiere instituciones públicas y colectivas y la cooperación de instituciones privadas y de la sociedad civil. Para la gestión de acuíferos intensamente explotados hace falta una institución que tenga la responsabilidad, autoridad y medios para llevarla a cabo, dentro de la legislación existente y acorde con la idiosincrasia y costumbres del lugar. Pueden variar desde instituciones totalmente gubernamentales hasta las dominadas por los usuarios o personas con fines concretos, bajo determinadas reglas y en general con sometimiento a un órgano público regulador.

El conjunto institucional incluye:

- política del agua consistente con los objetivos
- legislación específica y general que permita integrar los aspectos sectoriales dentro de las visiones generales
- planes de gestión estratégicos
- medios para que actúe la administración del agua, tanto a nivel gubernamental como descentralizado, aplicando el principio de subsidiariedad
- capacidad de coordinación de las administraciones sectoriales
- participación y corresponsabilidad de los usuarios
- información pública y por parte de los usuarios del acuífero, que sea adecuada, suficiente y transparente
- suficiente y adecuado nivel de vigilancia, observación y control

La gestión efectiva de los recursos de agua requiere generalmente una única administración del agua para el acuífero en cuestión y para el territorio en el que se ha de generar o del que han de venir las soluciones futuras. Eso lleva a instituciones nacionales y en ciertos casos a renunciadas de competencias o soberanía en beneficio de instituciones suprarregionales o supranacionales. La administración del agua no necesariamente ha de tener rango ministerial, ni suele ser así en función del peso económico y social del agua en el conjunto del país, pero ha de tener capacidad y autonomía suficientes para cumplir sus finalidades.

La administración del agua es sectorial y por lo tanto en sus acciones puede y suele interferir con las competencias de otras administraciones, por ejemplo del territorio, de la energía y de la agricultura y alimentación, pero también laborales y económicas, además de las notables implicaciones políticas por el gran número de personas afectadas. Por esta razón hace falta disponer de una institución superior que coordine efectiva y eficazmente y con una capacidad de decisión final, en cierto modo piramidal.

El papel de las actuaciones de gestión de los recursos de agua que pueden realizar las instituciones públicas en acuíferos intensamente explotados ha sido analizado en diversas ocasiones, en especial en relación con el llamado efecto Gisser-Sánchez (Gisser y Sánchez, 1980), según el cual, en circunstancias de explotación intensiva ("sobrexplotación") de un recurso ilimitado, se llega al mismo resultado económico final tanto con instrumentos institucionales de control como sin ellos. Esto reduce la importancia de las instituciones, las que serían innecesarias, salvo para tratar de reconducir las etapas intermedias con el menor estrés y daño posible.

Esto coincide con los análisis de Sraffa (1926) y Hotelling (1929) para recursos mineros agotables, con el resultado de que la explotación de esas reservas es el mismo en el caso de una gestión privada en competencia y en pos del máximo beneficio privado, que en el de una pública que busque su óptimo aprovechamiento desde el punto de vista social. Pero este resultado depende de las hipótesis, premisas y estructura del correspondiente modelo analítico, que es muy elemental.

Lo mismo sucede con el efecto Gisser-Sánchez, que tiene deficiencias en cuanto a las condiciones en que se plantea el problema, ya que en realidad hay limitaciones físicas, las que ya habían sido apuntadas por el propio Hotelling (1929). Al considerar las limitaciones, aun en supuestos simples, cierto grado de control institucional supone una significativa mejora económica. Esto es lo que resulta en general (Koundouri, 2004) y en particular en las condiciones de explotación intensiva de los acuíferos de La Mancha (Esteban y Albiac, 2011; 2012).

#### VI.4.2 Instituciones de gestión colectiva y comunidades de usuarios de aguas subterráneas

El agua subterránea puede ser considerada un ejemplo clásico de un recurso del común (comunal). Su gestión colectiva es la forma más básica de gestión descentralizada, con posibilidad de cogestión, control y vigilancia entre los usuarios y la Administración pública. Actualmente, las modernas herramientas de observación remota facilitan y extienden las posibilidades de observación, vigilancia y control. La gestión colectiva de las aguas subterráneas pocas veces nace espontáneamente, incluso cuando se aprecia que de ella se deriva un beneficio, sin un marco legal adecuado, otros intereses económicos en juego, una complicidad de la administración pública y se ha alcanzado un cierto grado de deterioro que afecta a muchos de los usuarios y que ellos reconocen.

La gestión del agua, y en especial la del agua subterránea, por su dispersión y gran número de explotadores, difícilmente se puede hacer sólo de arriba abajo, con normas dimanadas desde los altos estamentos y que obligan a los de menor rango y a los usuarios, sino que se requiere también acción de abajo a arriba, desde los usuarios, tanto en sentido estricto como en sentido amplio, y sus posibles instituciones, con cooperación, implicación, corresponsabilidad y vinculación. Las características y ventajas de estas instituciones fueron ya analizadas por Olson (1965). En el caso de aguas subterráneas, su promoción requiere actuaciones especialmente diseñadas (van Steenberg, 2006; Rica et al., 2012) ya que no existe generalmente el incentivo o la fuerza que da la existencia de una costosa infraestructura a compartir. La posibilidad de acción colectiva es en parte una de las razones que hace que la tragedia de los comunes (Hardin, 1968) no sea una realidad (McKean, 2000; Schlager y López-Gunn, 2006), aunque en el Levante español se tienen circunstancias en que inicialmente parece que se está en esa situación (Sevilla et al, 2010).

La existencia de comunidades de usuarios como instituciones para la gestión del uso del agua, bajo distintas denominaciones, es algo que tiene tradición secular en países áridos y semiáridos, en especial en relación con el regadío. Este hecho guarda relación con la complejidad, elevado coste y especial tecnología de las obras de captación y transporte que requieren las aguas superficiales y de la necesidad de obtener recursos económicos para su mantenimiento. Así, no es posible abordarlas más que desde estamentos públicos o grandes empresas o por unión de esfuerzos de los que van a ser sus usuarios. En el caso de obras de promoción pública, la administración hidráulica ha podido forzar la formación de tales comunidades para el uso del agua como receptoras colectivas de la concesión o autorización. En España son algo común para las aguas superficiales, pero no en el caso de obras menores de promoción privada, como con frecuencia sucede con las aguas subterráneas.

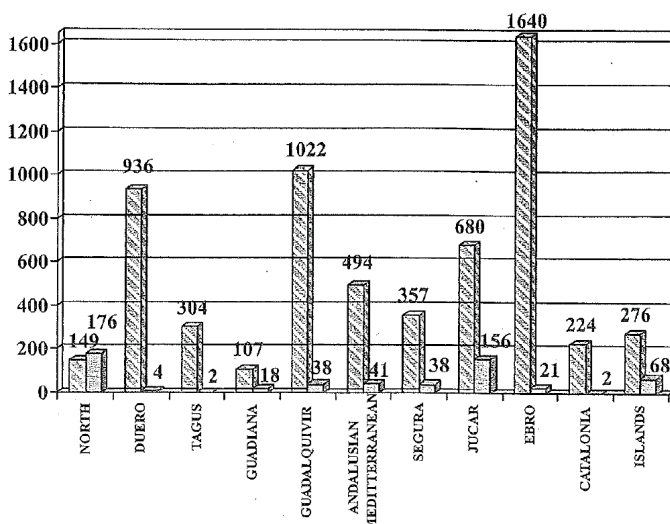
Las comunidades de usuarios, en las diversas designaciones al uso, suponen acuerdos entre las instituciones de gobierno y los usuarios, que no siempre son sencillas y a veces están plagadas de dificultades (López-Gunn y Martínez-Cortina, 2006). Además suponen unos costes a los usuarios (García et al., 2004), que si bien son las que se debieran tener para la recuperación de costes sociales, en general son mal aceptadas o rechazadas, en especial por los usuarios agrícolas, en los que muchas veces ha ido arraigando una cultura de subvención para cualquier actuación.

En España hay una larga tradición de gestión colectiva y asociacionismo-cooperativismo en el ámbito agrícola-ganadero, en especial como comunidades de regantes (Thuy et al., 2014; MOPTMA, 1994).

En la Figura VI.4.1 se muestra el número de asociaciones en relación con el agua en las cuencas hidrográficas españolas; en ella se constata fácilmente que las que hacen referencia a aguas superficiales son mucho más numerosas que las de aguas subterráneas y que aquellas son normalmente de carácter público o en relación con obras importantes. Una característica común a todas estas comunidades o asociaciones, en la mayoría de los casos comunidades de regantes, es la gestión de su propia concesión, obra o autorización en lo que respecta al uso del agua y al pago de los gravámenes, pero no en cuanto a la conservación, buen uso y gestión del recurso de agua, sea este un río o acuífero. La Tabla VI.4.1 presenta esas asociaciones según su tipología, teniendo en cuenta los diferentes aspectos.

**Tabla VI.4.1.** Tipología de comunidades de regantes, basada en la Ley de Aguas de 1985 [adaptado de Varela-Ortega y Hernández-Mora, 2009]. En todos los casos se ha tenido que producir una adecuación a la Ley de aguas (LA) de 1985.

Tipo de comunidad	Características
Anterior a LA 1866 Posterior a LA 1866	Según su tradición histórica y reglas del Código Civil Adecuadas a obligaciones de la LA 1985
Voluntaria Obligatoria	Iniciativa de los propios usuarios Impuesta por la Autoridad del agua según dispone la LA
Numerosos miembros Pocos miembros (<70)	Estatus aprobados por la Autoridad del agua Acuerdos sencillos, aprobados por la Autoridad del agua
Asociaciones ordinarias Asociaciones generales Sindicatos centrales	Regantes individuales Asociaciones que toman agua de una misma obra pública o río Asociaciones ordinarias o generales que usan el agua de un mismo río pero con diferentes tomas
Agua superficial Agua subterránea Mixtas	Con agua pública superficial Con agua subterránea privada o pública Que usan conjuntamente agua superficial y subterránea
De titularidad pública De titularidad privada	Asociaciones ordinarias con estatus legal administrativo Grupos de regantes sin estatus legal administrativo, a modo de propiedades del común o sociedades privadas



**Fig. VI.4.1.** Número de asociaciones de usuarios de aguas en España por cuencas hidrográficas (Varela-Ortega y Hernández-Mora, 2009). La primera columna hace referencia a las aguas superficiales y la segunda a las aguas subterráneas.

Las comunidades de usuarios y organizaciones colectivas son en general deseables y necesarias para una correcta gestión del agua en condiciones de escasez (Olson, 1965), pero pueden encontrar dificultades para evolucionar hacia formas eficientes (Calatrava y Garrido, 2006) a causa de su historia, tradición y restricciones heredadas, tanto físicas, como administrativas.



Algunos principios de diseño institucional para que los recursos del común (common pool resources) perduren son (Ostrom, 1990):

- 1.- Definir claramente los individuos o parcelas de terreno con derechos para extraer recursos y los límites del propio recurso del común.
- 2.- Establecer reglas que restrinjan el momento, lugar, técnica y/o cantidad del recurso que se puede apropiar en relación con las condiciones locales y los requisitos de empleo, materiales y/o dinero.
- 3.- Que la mayoría de los individuos afectados por las reglas de operación puedan participar en las modificaciones de esas reglas.
- 4.- Disponer de vigilantes que auditen activamente el recurso del común y el comportamiento adecuado o que sean los que explotan el bien a cargo de los propietarios.
- 5.- Asegurar que los explotadores que violen las reglas operacionales reciban sanciones graduadas a la importancia y contexto de la infracción, por parte de los otros explotadores, por agentes que responden ante los explotadores o por ambos.
- 6.- Conseguir que los explotadores y sus agentes tengan rápido acceso a formas baratas de resolución de los conflictos entre los explotadores o entre ellos y los agentes.
- 7.- Tener reglas para asegurar que los derechos de los explotadores para diseñar sus propias instituciones no sean conculcados desde fuera por las autoridades del gobierno.
- 8.- Tener normas para que las actividades de apropiación, provisión, vigilancia, cumplimiento, resolución de conflictos y gobernanza se organicen a varios niveles y en órganos internos.

Estos principios generales influyen en la operatividad y persistencia de las instituciones, las que deben ser diseñadas para encajar en cada caso particular. La exclusión es una condición necesaria pero no suficiente para asegurar que las reglas sean respetadas a largo plazo (Ostrom, 1990).

La gestión de los acuíferos como un bien común de los diferentes tipos de usuarios, diferente de la de las obras realizadas, tiene una experiencia limitada a nivel mundial. Hay algunos ejemplos en México, España e India, además de los de California y otros lugares de Estados Unidos en sus condiciones peculiares (Foster y Loucks, 2006; Custodio, 2010). Las acciones de promoción de comunidades de usuarios de aguas subterráneas han sido analizadas en diversas ocasiones (van Steenberg, 2006).

Las posibles acciones y pasos de promoción de comunidades de usuarios de aguas subterráneas para un caso extremo de explotación intensiva con importante consumo de reservas, modificadas y resumidas de lo diseñado por Taher et al. (2012) para Sana'a (Yemen), son:

- Reuniones preliminares para las que los usuarios discutan conjuntamente problemas de agua locales y

los esfuerzos realizados y en las que se presentan ejemplos de lo que se ha hecho y logrado en otros lugares.

- Aportar mapas simplificados y temáticos (topografía, fotos aéreas, de sensores remotos) en los que se identifiquen los recursos agua y su problemática.
- Visitas en que los usuarios observen las fuentes de agua y sus usos, para discutir después los problemas y sus condiciones reales.
- Revisión de los valores importantes que ayuden a identificar las prioridades y los principios que guían la búsqueda de soluciones en el contexto social, legal y administrativo del lugar.
- Mostrar los posibles resultados futuros que resultarían de una mejor gestión compartida, en escenarios verosímiles, en comparación con lo que sucedería de no actuar.
- Que los usuarios propongan medidas y acciones para abordar problemas locales y prioridades y que analicen sus resultados y consecuencias.
- Llegar a acuerdos para llevar a cabo los primeros pasos que puede dar la comunidad, quién lo hace y cuándo.
- Nueva reunión para analizar el progreso realizado, discutir problemas, soluciones y nuevos pasos.
- Reuniones periódicas de seguimiento sobre lo hecho, trabajo a realizar para resolver los problemas que puedan haber aparecido y para decidir nuevas acciones.

En España se ha avanzado en la formación de comunidades de usuarios de aguas subterráneas con visión y objetivo el recurso (Hernández-Mora, 2002; Hernández-Mora y Llamas, 2001; López-Gunn y Martínez-Cortina, 2006; Custodio, 2010), que son diferentes en objetivos y contenido a las sociedades civiles de regantes, en las que el objeto es el riego y no el recurso de agua subterránea y el acuífero.

La primera comunidad de usuarios de aguas subterráneas (CUAS) nació en el Baix Llobregat (Valle Bajo y Delta), Barcelona, en 1975, cuando todavía las aguas subterráneas eran del dominio privado según la Ley de aguas de 1879 (Codina-Roig, 2003). En ella dominan las empresas de abastecimiento de agua y las industrias. No es el caso más común en España, en que los usos agrícolas de riego son los dominantes.

Cuando domina el uso de riego, en general con numerosos pequeños explotadores de aguas subterráneas, es mucho más difícil llegar a acomodar los intereses privados sobre un bien a unas normas, en general restrictivas, aunque haya beneficios mutuos que se derivan de la conservación y mejor uso de un bien común, que en este caso es el acuífero. La gestión colectiva conlleva gastos que son mal aceptados por comunidades agrícolas, las que en general están acostumbradas a continuas subvenciones y ayudas externas y que carecen de suficiente visión de futuro y de conocimiento del acuífero como una unidad. Sin embargo, en los casos en que el riego es sólo con agua subterránea, la "cultura de la subvención" en lo que respecta al agua no suele existir.

Las experiencias previas y la gran explotación intensiva en el Levante español y en otros lugares (Delta del Llobregat, Camp de Tarragona, Plana de Castelló) propiciaron que se introdujese la figura de las CUAS en la Ley de Aguas de 1879, tomando como modelo organizativo el de las comunidades de regantes (Pérez-Pérez, 1988).

Según la Ley de Aguas, la creación de estas comunidades era obligatoria para aquellos acuíferos que se declarasen sobreexplotados, en los términos que define la Ley de aguas de 1985 (LA, 1985), como se comenta en el Apartado VI.2.6 de este Capítulo VI.

La creación de CUAS de arriba abajo ha sido poco efectiva, mientras que la veintena que hoy existen y están operativas en España han nacido desde los propios usuarios, para abordar situaciones concretas, diferentes en cada

caso, unas veces con el apoyo de la administración del agua y otras con ciertos celos y cortapisas por parte de la misma. Para las masas de agua subterránea se habla de CUMAS (comunidad de usuarios la masa de agua subterránea), que responde a una visión administrativa y de conveniencia desde la Demarcación Hidrográfica, pero que pierde la actuación de conjunto que requiere la gestión de un acuífero o sistema acuífero, la que se desvirtúa en gran manera en el caso de acuíferos compartidos.

La tipología de las asociaciones y comunidades que tienen como sujeto a las aguas subterráneas es diversa, según muestra la Tabla VI.4.2.

**Tabla VI.4.2.** Tipologías de comunidades de agua subterránea en España (modificado de López-Gunn, 2009). Sólo se mencionan comunidades tipo, como muestra de las existentes.

Orden	Tipo de derecho	Ejemplo de designación
Terciario	Público Privado	Junta Central de Usuarios del Acuífero del Poniente Almeriense Asociación Catalana de Comunidades de Aguas Subterráneas
Secundario	Público Privado Privado	Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó Agrupación Provincial de Pozos de Riego de Castellón Asociación de Pozos de Riego de la Comunidad Valenciana
Primario	Público Privado	Comunidad de Usuarios del Acuífero del Campo de Montiel Asociación de Usuarios de Aguas Subterráneas de Castilla-La Mancha

### VI.4.3. Instituciones de gestión del agua subterránea en el Levante español

En el Levante español hay una buena tradición de gestión colectiva de las aguas (Rico y Olcina, 2001; Carles et al., 2001). La existencia de sociedades de explotación de las aguas subterráneas es centenaria, como la del Canal de la Huerta de Alicante (SCHA, 2007) y las obras con aporte comunitario en forma de acciones para el desarrollo y operación de la Galería de los Suizos, en el acuífero de Crevillent, en el municipio de Albaterra, y las obras que la precedieron. La Comunidad de Propietarios de Agua de Aspe, a modo de sociedad mercantil, con miembros que no eran agricultores, se creó para especular en momentos de sequía [MS]. En 1957 se constituyó el Grupo Sindical de Colonización de Aspe, que reunía a 443 propietarios [MS]. Grupos similares han existido en Villena, Novelda, Sax, La Romana y Monóvar, unas como comunidades de aguas, otras como cooperativas de riegos y otras como grupos sindicales de colonización a modo de sociedades anónimas.

Sin embargo, en el ámbito de la gestión de las aguas subterráneas, no de una obra de captación y transporte, el grado de desarrollo institucional es mucho más incipiente,

aunque no ausente, a pesar de la intensiva explotación y en especial en cuanto a las ventajas que puede reportar. Sólo existen las CUAS del Vinalopó y la del Poniente Almeriense, ambas de iniciativa y estatus público, sin que existan de iniciativa privada, aunque se ha planteado su posible creación en el Campo de Níjar (Almería). En buena parte es a causa de la escasa conciencia de bien común a proteger y de que se tiene la esperanza encubierta de que la Administración del agua acabará por acudir a resolver los problemas actuales dados los problemas sociales que se originan.

La Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó agrupa a la mayoría de extractores de agua subterránea del área y regula el destino del agua extraída según pesos: 1,00 para riego en el propio Alto Vinalopó, 1,46 para el riego que se realiza en el Medio Vinalopó y 2,97 para agua destinada a abastecimiento [MS].

Esta buena capacidad asociativa está afectada por las tensiones entre el Alto Vinalopó (excedentario en agua) y el

Medio Vinalopó (que requiere adquirir agua) y sufre de un exceso de politización, que es fuente de desconfianza entre los usuarios [EEJ]. La transferencia de agua del Alto al Medio Vinalopó supone ventas y compras de agua entre particulares, en general entre sus organizaciones, pero no considera compensaciones económicas territoriales [EEJ]. Sería posible considerar la cesión de derechos y el contrato de cesión.

En el Alto Guadalentín se tienen cuatro grandes Comunidades de Regantes: Lorca (Sindicato de Aguas de Lorca, que usa aguas de los embalses de Valdeinfierno y Puentes), Águilas, Alto Guadalentín y Pulpi, que engloban a todos los respectivos usuarios (Tobarra, 1995), donde existe compra y venta de agua.

Estas instituciones están actualmente muy profesionalizadas y tienen un papel de importancia creciente. Sin embargo requieren mayor sensibilización ambiental [EEJ].

#### VI.4.4. Instituciones de gestión del agua subterránea en Canarias

Tras los repartos de aguas después de la incorporación de las islas Canarias a la Corona de Castilla, como realengos o como regalías a los nobles, personalidades y órdenes religiosas, para la explotación de las aguas concedidas, en general de manantiales, se formaron Heredades de aguas, que inicialmente reunían a los herederos de los derechos otorgados y más tarde también a los que habían adquirido derechos por transmisión. Esta figura jurídica, similar a una asociación para la explotación de un recurso de agua, ha tenido especial desarrollo en Gran Canaria debido a la importancia de los manantiales (nacientes) existentes. Anteceden a las Comunidades de Agua, principalmente creadas para el desarrollo de aguas captadas del acuífero mediante pozos y galerías, aunque las Heredades también acabaron por dotarse de captaciones para mantener los caudales de sus herederos cuando estos mermaron a consecuencia de las extracciones de terceros.

Las Heredades de Agua son entidades sin ánimo de lucro y por lo tanto no pueden tener beneficios. Las cargas establecidas (dividendo pasivo) sobre el agua que se provee a sus miembros (accionistas) son para cubrir el coste de personal de gestión y operación, energía, mantenimiento, obras y otros gastos estatutariamente regulados y aprobados por su Junta. Se gobiernan por la Junta General de hacendados mediante voto por mayoría de los presentes con derecho a votar por tener derechos reconocidos ante notario. Cada heredad tiene sus propios estatutos (Navarro García, 2008). El caso de la Heredad de Arucas y Firgas, una de las más significativas de Gran Canaria, se expone en el Anejo II {Mino}. Inicialmente eran aguas de nacientes (manantiales) y luego aguas de presas para la retención de escorrentía y regular caudales, con gastos moderados, y después con un importante y creciente sumando de energía para la extracción mediante pozos. La construcción de pozos se evitó al prin-

cipio, pero el agotamiento progresivo y rápido de los caudales de los nacientes a causa de la importante construcción y explotación de pozos por particulares obligó a construirlos y operarlos para mantener caudales disponibles, además de adquisiciones ocasionales de agua en el mercado. La superficie cultivada a la que se destina mayoritariamente el agua, principalmente de plataneras, ha disminuido así como la demanda de agua de las Heredades al existir ahora una oferta de agua marina desalinizada de promoción pública.

En tiempos pasados, las Heredades tuvieron una situación económica muy saneada, lo que les permitió abordar notables obras de canalización y almacenamiento de agua y tener algunas de ellas un notable peso social. Hoy esta situación ha decaído notablemente y de hecho atrae mucho menos a la sociedad. El heredero que no tiene terrenos puede vender el agua a terceras personas, directamente o a través de administradores de aguas, que son empresas para especular con esas aguas. Aunque esto va en contra de los beneficios del resto de herederos que tienen terrenos y no tienen agua suficiente para regar, la Heredad no puede intervenir a no ser que se constituya como Comunidad de Regantes, con lo que cambia su naturaleza. La gran mayoría de Heredades de Gran Canaria han optado por esta transformación.

Las Comunidades de Agua son muy numerosas, aunque hay agrupaciones importantes que reúnen a muchos productores de aguas para acciones comunes y evitar pleitos por interferencias mediante acuerdos previos. Tal sucede en Tenerife en relación con la pérdida de producción de las galerías más altas al profundizar las galerías a baja cota. La Comunidad de Agua Unión Norte es una de las más importantes de Tenerife, que sirve al área norte y al área urbana de La Laguna-Santa Cruz de Tenerife. Otra agrupación importante es la Comunidad de Regantes del Norte, en Gáldar, Gran Canaria, que ha recibido notables subvenciones {JLG}. Las Comunidades de Aguas son similares a sociedades mercantiles, pero su objetivo es conseguir agua y no el de repartir dividendos; no intervienen en el comercio del agua. La Comunidad es propietaria de la infraestructura pero no del agua, que es de los partícipes.

Tanto las Heredades de Agua como Las Comunidades de Aguas están exentas del pago del impuesto de sociedades según la Ley de diciembre de 1956 y sólo pagan parte del impuesto de actividades económicas (Hoyos-Limón y Puga, 2007).

Los intermediarios de agua forman otra de las instituciones clave, las que permiten que el agua producida se ponga a disposición de los que la requieren. En general los partícipes en las obras de captación entregan su agua a pequeños intermediarios (rematadores) y éstos a grandes intermediarios y estos a los usuarios. Los grandes intermediarios no llegan a 20 en Tenerife y no suelen ser propietarios de canales o conducciones principales (maestros), aunque pueden poseer redes locales (Hoyos-Limón, 2004).

Se han estudiado en detalle tres de las grandes Comunidades de Agua tinerfeñas (Hoyos-Limón, 2004) que suponen más del 10% del agua insular: una urbana y agrícola (2548 partícipes, con 27.559 participaciones de 403 m<sup>3</sup>/año), otra agrícola (373 partícipes, con 3420 participaciones de 3592 m<sup>3</sup>/año) y una tercera de comunidad de inversores (1145 partícipes, con 7283 participaciones de 320 m<sup>3</sup>/año). El análisis muestra que existe una gran diferencia entre los titulares del agua y los que la aprovechan, que los municipios no suelen ser grandes propietarios de agua y que los grandes intermediarios no son propietarios ni son usuarios de agua o lo son en pequeña proporción de modo que adquieren agua a muchos propietarios y la ceden a muchos usuarios. Actualmente, las sociedades mercantiles y municipios van ganando protagonismo en la obtención de agua potable para abastecimiento. De la utilización del agua en Tenerife a que hace referencia Hoyos-Limón (2004), el 86,1% es de titularidad privada (6798 L/s de agua subterránea y desalinizada) y el resto de titularidad pública demanial (487 L/s de agua desalinizada y regenerada) y de titularidad patrimonial (249 L/s de agua subterránea de ayuntamientos por autorización de obras en suelos municipales y montes propios).

En Canarias no hay asociaciones de usuarios de agua subterránea propiamente dichas. Los intentos para constituir las no han progresado, en parte porque las Heredades y Comunidades de Agua y los grandes explotadores se sienten suficientemente representados en el respectivo Consejo Insular de Aguas. En Gran Canaria y Tenerife existen relaciones entre los principales consumidores y explotadores para defender, tratar y mejorar asuntos que les conciernen, pero no son instituciones constituidas y sus actuaciones trascienden poco, lo mismo que el funcionamiento de los mercados del agua.

Los explotadores y usuarios de agua subterránea, los grandes directamente y los otros a través de representantes, tienen un peso notable en los Consejos Insulares de Aguas, pero domina una minoría que acuerda con la Administración del agua las actuaciones, de modo que con frecuencia se requiere la intervención de estamentos superiores para hacer modificaciones de fondo.

En Tenerife, para la regularización de las galerías y pozos de acuerdo con la Ley de aguas canaria de 1990, con el apoyo del CIATF se creó la Cámara de Aguas, a la que pertenecen buena parte de los que explotan agua subterránea, aunque otros muchos han estado en contra de su actuación. El objetivo fue el de enmarcar la conversión de derechos existentes con anterioridad a la Ley de aguas a concesiones. En la actualidad, a pesar de recibir una cuota de sus asociados por captación, tiene poca actividad {SR}, aunque hay grupos que ven interesante que se potencie {DDF} y de hecho ya hay una reactivación para la toma de posturas respecto al Plan Hidrológico. La llamada Bolsa de Aguas, en Tenerife, no es un organismo de transacciones de agua sino una empresa creada en 1928 para

suministrar material y dispositivos para la perforación, principalmente de galerías {ER}.

En Gran Canaria existe la Asociación de Empresarios de Actividades Hidráulicas, que reúne a productores, pero la distribución del agua se hace por grupos especializados para abaratar el coste {FR}.

## VI.5 Transacciones, comercio y mercados de agua subterránea en España

### VI.5.1. Aspectos generales

Comúnmente el agua se considera un bien social necesario e insustituible para la vida y el bienestar humanos y para el medio ambiente (Rogers et al, 2002), como un bien público no comerciable, como lo es también el aire. Estas sencillas afirmaciones, aunque conceptualmente ciertas, no expresan otros aspectos esenciales, como que el agua es un bien escaso en muchos lugares y que su puesta a disposición, uso, cuidado y evacuación –devolución– al medio ambiente en condiciones adecuadas requiere esfuerzos e instalaciones y por tanto tiene un coste asociado que debe ser pagado de alguna manera. De ahí que el agua tenga un valor económico, reconocido en la Declaración de Dublín sobre el agua (ICWE, 1992), sujeto a las leyes de la economía, aunque con limitaciones y condicionantes. Los sentimientos, apreciaciones personales, política, costumbres, apetencias, deseo de servicio, búsqueda de un lucro razonable y justo, y una posible larga serie de considerandos, hace que los planteamientos de gestión pública o privada, de comercio o no, de libre acceso o restringido, de precios reales o socialmente asumibles, etc., no tengan ni un enfoque único ni se basen en principios de aceptación general. En su apreciación y toma de postura subyace una fuerte carga política, además de cultural y religiosa, con un importante trasfondo ético y moral y con planteamientos que en ocasiones carecen de racionalidad o pueden ser doctrinarios.

Así, el comercio del agua, con el establecimiento de alguna forma de transacción mediante pago o de mercado, es algo que tiende a ser rechazado pues se considera que un bien común de carácter vital no debiera ser utilizado para lograr beneficios privados, a los que se les califica fácilmente e infundadamente de inapropiados. Se requiere superar la noción de que no es lícito ni ético obtener beneficio privado de un bien público aduciendo que es a costa de la privación o dificultad de acceso al agua de terceros, cuando lo que en realidad se busca con el beneficio es eficiencia en el uso mediante mecanismos de incentivación y servicio correcto, además de una retribución razonable al esfuerzo privado que se haya aplicado. Sin embargo, para que esto sea real hace falta un órgano regulador.

Las externalidades asociadas a la captación y uso del agua y su efecto sobre los servicios ecológicos tienen una

notable componente económica, unas veces valorable y otras no (intangibles), que no se puede obviar. Su no consideración lleva a costos que pagan otros, ahora o más tarde y puede suponer pérdidas importantes del patrimonio natural (WWF, 2003). La toma en consideración de las externalidades puede ser una forma de conservación del medio ambiente (WWF, 2005). La consideración de las externalidades negativas es singularmente importante para las aguas subterráneas dado que son invisibles, más difíciles de medir que las superficiales y con cambios muy lentos y diferidos.

Se puede considerar que en una sociedad planificada desde los gobiernos, los objetivos de uso racional y eficaz del agua, que no degrade su calidad y que considere el coste económico y social de interferencias (externalidades) actuales y en el futuro, son teóricamente alcanzables. Sin embargo la práctica muestra generalmente lo contrario. Las causas se pueden buscar en la falta de información suficiente, en el desconocimiento en detalle de las situaciones locales, en la falta de medios de implementación estricta de lo planificado, en que no se considera la condición humana en cuanto al respeto a las normas y a cómo se entiende el ejercicio de la libertad personal y en la búsqueda de fines diferentes al del mejor servicio.

El comercio del agua, en especial del agua subterránea, es algo conocido desde antiguo en países áridos y semiáridos, con muy distintos matices. En general hace referencia a contratos y acuerdos bilaterales o entre pocos, sin o con pocas opciones de oferta y demanda, sin las condiciones de lo que en economía se considera mercado libre, como se comenta más adelante.

Según Huffman (2004), no hay instituciones de la sociedad entre las hasta ahora concebidas que proporcionen mayor eficacia en la asignación y mayor beneficio neto social de un recurso escaso que un mercado que funcione correctamente a través de la oferta y la demanda.

Pero se requiere un buen funcionamiento del mercado, según establece la teoría económica, lo que puede no suceder, y que raramente sucede en el caso de los recursos de agua debido a sus especiales características de oferta limitada, pocos compradores, dificultades de transporte del agua objeto de la transacción desde el lugar de disponibilidad al de uso e instalaciones y redes de distribución de un solo propietario o de pocos. Por eso se trata de mercados imperfectos –a veces casi monopolios– con inconvenientes y deficiencias que requieren corrección. Una excepción dentro de sus imperfecciones, es la situación en Gran Canaria y Tenerife, y en parte en La Palma, que se comenta en el Apartado VI.5.3. Los mercados del agua, dentro de sus limitaciones, son un notable instrumento de gestión (Easter et al., 1998; 1999), y pueden ser una evolución deseable en diversos lugares, como el Levante español (López y Melgarejo, 2007).

Para el buen funcionamiento de los mercados de recursos de agua es necesario (Adler, 2008; Dinar et al., 1997): a) definir los derechos de agua, b) crear marcos legales e institucionales para el comercio, c) realizar inversiones infraestructurales para hacer posible el transporte del agua, d) definir y reconocer los aspectos de seguridad jurídica y administrativa y de transferencia de los derechos de recursos de agua, e) eliminar los subsidios de los gobiernos al uso y distribución del agua, f) ir a precios de mercado para el agua, y g) identificar y reducir las barreras legales y administrativas a las transferencias de agua, incluyendo las que afectan a más de una unidad administrativa.

Un importante aspecto a considerar es que los mercados de agua o sus aproximaciones no tienen en cuenta muchas de las externalidades negativas, en especial las que hacen referencia al medio ambiente y servicios de la naturaleza. Por eso, para corregir estos aspectos se requiere una especial regulación y medios eficaces para corregir los desvíos, con independencia de las presiones de los usuarios, gubernamentales y políticas. Así se requiere elementos reguladores eficaces, capaces y que no puedan ser secuestrados por los propios actores del mercado, principalmente los oligopolios, además de no quedar invalidados por excesiva interferencia política. Estos elementos reguladores varían mucho según la escala, legislación, condiciones e idiosincrasia social. Para el agua como recurso, los elementos reguladores están aún poco desarrollados y experimentados. Su implementación efectiva se desarrolla conjuntamente con la posibilidad y ejercicio del comercio y mercados del agua, en un continuado proceso de prueba y error dentro de un marco legislativo y administrativo ágil, con participación ciudadana, información al día y suficiente y en el que no haya excesiva influencia de ideologías políticas.

En comparación con las decisiones centralizadas, los mercados se benefician de a) información local y dispersa sobre demandas y recursos de agua disponibles, b) incorporación de apreciaciones subjetivas, c) poder redirigir el riesgo de incertidumbre y d) sensibilidad a señales en relación con el precio del agua que se deriven de cambios en las circunstancias o en el conocimiento.

Para una aproximación a lo que se podría considerar como incipientes mercados (quizás comercio regulado) de agua se requiere que los derechos de agua, en su caso concesiones de agua, sean flexibles (Embid Irujo, 2007). En el mundo agrario esto conlleva que se desligue el derecho al agua de la propiedad del terreno, que se evite que a consecuencia del comercio se incremente la demanda y uso de agua y la especulación (por ejemplo fijando precios máximos en los contratos, en el caso de mercados limitados) y que los acuerdos se pueden cerrar con rapidez. El comercio del agua puede ser un modo eficaz para paliar los efectos de sequía y también para evitar tener que hacer nuevas obras infraestructurales. Las transacciones de agua pueden encontrar dificultades administrativas en relación con

definiciones imprecisas e inadecuadas de los derechos de agua, por las externalidades asociadas no consideradas (temporales, espaciales, en la calidad del agua) y por la reluctancia al intercambio de derechos (Garrido et al., 2007a).

La experiencia documentada del comercio del agua y de los mercados de agua es limitada. Existe sólo en unos pocos países y está en evolución. Buena parte de la experiencia se deriva de actuaciones en California, Arizona, Texas, Kansas, Australia, Canadá y Chile (Björnlund, 2006; Björnlund y McKey, 2002; Björnlund et al., 2014; Giannoccaro et al., 2013; Nicol y Klein, 2006; NWC, 2001; Qureshi et al., 2009; Wheeler et al., 2010; Donoso, 2014). A esta experiencia se suma la que se empieza a generar en la España peninsular (Garrido et al., 2006a), en cada caso dentro de los condicionantes legales, administrativos y sociales de cada lugar. El caso especial de Canarias se trata separadamente en el Apartado VI.5.3. No hay otros ejemplos claros en Europa, pero se están considerando posibles mercados del agua (Zetland, 2011), concretamente en el Reino Unido y Bélgica (Garrido et al., 2013) y en Italia (Pujol et al., 2006a). La mayor parte de la experiencia se refiere a aguas superficiales y a grandes manantiales, ya que se trata de obras importantes que afectan a colectivos grandes organizados y que dependen de administraciones públicas, más raramente a grupos privados, los que en general disponen de recursos humanos y económicos para la gestión y control de las transacciones.

La dispersión local de la explotación de las aguas subterráneas mediante numerosas captaciones y el frecuente carácter privado a efectos prácticos de las explotaciones favorece intercambios, ventas y cesiones de aguas entre vecinos, muchas veces de forma informal o en pseudo-mercados, con frecuencia poco transparentes (Hernández-Mora y De Stephano, 2013). De esa forma, ese comercio o "mercadeo" no reúne las condiciones mínimas de un mercado libre en cuanto a la eficacia en la asignación de recursos, pero ha jugado y juega un papel importante en la disponibilidad local de agua. La situación especial de Canarias se expone en el Apartado VI.5.3.

El posible comercio del agua ha sido objeto de numerosos trabajos de análisis económico mediante modelos económicos que analizan diferentes escenarios y sus consecuencias (Arriaza et al., 2002; Martínez Martínez y Gómez-Limón, 2004; Martínez Martínez y Goetz, 2007). En general, la posibilidad de alguna forma de compra-venta del agua mejora la situación de riesgo de pérdida de la producción agraria de regadío y también el riesgo económico de los posibles vendedores (Pujol et al., 2006a; 2006b). Calatrava y Garrido (2005b), Garrido (2007) y Calatrava y Gómez-Ramos (2009), al analizar el papel de los mercados ante un suministro incierto de agua agrícola, concluyen que es conveniente que los posibles intercambios de agua se hagan en mercados intermediados por la Autoridad del agua para conseguir que la atribución y uso del agua sea

más eficiente que lo que se conseguiría con mercados des-centralizados. Estos últimos, en forma de posibilidades de intercambio directo, sólo parecen aceptables cuando el suministro de agua es relativamente cierto. La experiencia en Chile muestra un impacto regresivo del mercado de agua sobre los pequeños productores, con deterioro de la equidad de la distribución del agua entre ricos y pobres (Donoso et al., 2014), pero Hadjigeorgalis (2008) dice que la situación en Chile es equitativa en cuanto a precios. Actualmente se está en un proceso de intento de corrección en una nueva Ley de aguas en discusión. Parece que en Australia el mercado de agua es beneficioso para los pequeños agricultores.

El agua sometida a comercio tiene costes (Cruse et al., 2002) y por lo tanto un precio que depende de los costes en origen, incluyendo el tratamiento corrector de la calidad que haga falta, y del transporte hasta los lugares de entrega, además de los beneficios razonables. Los costes de transporte pueden ser significativos por la amortización, mantenimiento y gestión de las conducciones e instalaciones (Garrido et al., 2007a) y por la energía consumida para mover el agua. Además existen costes de transacción. En momentos de sequía los precios pueden aumentar si se requieren mayores elevaciones (por ejemplo por niveles más profundos del agua subterránea), además de que hay que repercutir los costes fijos en una menor cantidad de agua disponible.

Una forma de mercado del agua es la de los "bancos de agua", creados por un organismo público con capacidad para ello (Maliva, 2014). Se trata de acuerdos o convenios realizados previamente y que sólo se activan cuando la disponibilidad de agua se hace incierta. La creación de bancos de agua es una fórmula especialmente favorecida en diversas áreas de los Estados Unidos, como en Kansas (Sophocleous, 2012).

Una interesante variante de los mercados del agua son las subastas de agua (Zetland, 2013; Zetland y Weikard, 2013), hasta ahora poco practicadas. Parece un medio eficaz pero requiere un contexto legal y administrativo apropiado. Hasta ahora no se han llevado a cabo en España.

En cualquier caso, la posibilidad de acceso a la adquisición de agua es un modo de seguro agrario (Calatrava y Garrido, 2005a).

### VI.5.2. Transacciones de aguas en el contexto del Levante español

Según se ha expuesto, aunque las aguas subterráneas de España sean un recurso de agua del dominio público, el 80% de las mismas siguen siendo privadas a efectos prácticos y por lo tanto susceptibles de arriendo, subasta o compra. Esto explica que haya habido y haya un comercio del agua subterránea privada, informal y a pequeña escala (Hernández-Mora y De Stephano, 2013; De Stefano et al., 2014). Algunas actuaciones son ya casi centenarias en el Levante español, como las de la construcción de la Galería de los Suizos en el acuífero de Crevillent y obras que la precedieron, para las que se habían emitido acciones que se pagaban con la venta del agua obtenida. Pero en ningún caso se ha llegado al desarrollo de Canarias que se expone en el Apartado VI.5.3.

Hasta la modificación de la Ley de aguas de 1999 no era posible el comercio del agua pública en España, si bien se permitían intercambios voluntarios de derechos de agua, aunque sometido a prioridades decrecientes según fuesen para abastecimiento doméstico, medio ambiente, agricultura, hidroelectricidad o industria. La modificación de la Ley de aguas de 1999 admite dos formas de mercado, reproducidas en Texto Refundido de la Ley de aguas de 2001 (Embido Irujo, 2007; Garrido et al., 2013): 1) cesión voluntaria de derechos durante un cierto número de años, 2) operaciones en banco de aguas, a modo de centros de intercambio de agua, mediante la búsqueda de volúmenes cedidos por vendedores voluntarios con destino a usos de restauración ambiental o a otros usuarios. El banco de agua puede adquirir excepcionalmente derechos de agua permanentes y operar en situaciones excepcionales de sequía o de sobreexplotación.

El Real Decreto Ley 15/2005, de 16 de diciembre (RDL, 2005), regula las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua. Estas transacciones van ligadas a la oferta pública de adquisición de derechos (OPAD) y los contratos de cesión de derechos. Aunque se han hecho en general en momentos de sequía, la tendencia es a que sean más frecuentes. Algunos de los aspectos negativos asociados son la falta de evaluación de los impactos ambientales y a terceros y que no se considera el pago por el uso de las infraestructuras de almacenamiento y transporte.

Diversas barreras dificultan el desarrollo de los mercados del agua en España: a) legales, como las asociadas a la definición de los derechos de agua, que excluye la posibilidad de comercio y las situaciones de monopolio y que establece que el agua ha de ir destinada a otros usuarios de igual o menor preferencia según la legislación, que se requiere una ley especial para que el agua pase de una Demarcación Hidrográfica a otra y que se puede requerir que se fijen precios máximos para limitar la especulación, b) institucionales que demandan usos dentro de la propia Demarcación Hidrográfica y con tendencia a transferir

dentro del propio sector de actividad y c) ambientales que requieren mantener las normas administrativas de calidad de los cursos de agua y canales de agua y compensaciones por daños posibles al volumen o caudal que quede en el lugar cedente. Las regulaciones del transvase de agua entre cuencas establecen que no se pueda transvasar la totalidad de una concesión sino sólo la parte que se hubiera consumido de haberse utilizado en el lugar de origen, que en agricultura de regadío supone retener un caudal equivalente a los retornos de riego que se hubiesen producido en las condiciones de uso locales.

Estas transacciones no se han llevado a la práctica en España hasta la sequía de 2005–2009 para transferir agua a la Cuenca del Segura y a Almería (Cuenca del Almanzora) desde el Sur de la Meseta y Alto Guadalquivir (Garrido et al., 2013). En el ámbito agrícola de regadío, el agua sometida a comercio suele ser una pequeña fracción del agua usada cuando los agricultores son propietarios o concesionarios de recursos de agua. La fracción es mayor en épocas de sequía, si hay oferta. Sin embargo, los agricultores sin derechos de agua y la industria y abastecimientos municipales y turísticos pueden adquirir agua en mercado, a veces como simples acuerdos de cesión.

La experiencia en las transferencias de agua del Alto Guadalquivir a la Cuenca del Almanzora, en Almería (Giannoccaro et al., 2013), muestra que: a) se vende agua sólo si los derechos de agua siguen ligados a la tierra, b) los gestores están más dispuestos a vender agua que los agricultores y c) los vendedores se comportan de forma distinta según que sean o no titulares de derechos, de la forma de acceso a esos derechos y de los aspectos legales y administrativos. Los condicionantes culturales de tradición y psicológicos suelen ser un freno a la disposición a transferir agua. Los agricultores son más propensos a mercados con comercio de atribuciones y menos a transferir derechos. También frena el que haya terceros que se opongan y las restricciones en cuanto a los posibles compradores, además de una tendencia cultural a que en caso de necesidad de agua, en vez de comprarla sea la Administración la que solucione el problema ofertando agua a precios asequibles y en general subvencionados.

La experiencia muestra que los que ya han participado en intercambios son los más propensos a volver a hacerlo (Giannoccaro et al., 2013). Mientras los que tienen derechos no desean ceder permanentemente sus derechos, los que no tienen ven con buenos ojos la transferencia permanente de derechos de agua. La falta de información confiable por parte de la Administración e instituciones públicas, la entrada de nuevos usuarios y la falta de conexión a un sistema de transporte y distribución del agua son posibles obstáculos a las transferencias de agua.

### VI.5.3.- Los mercados de agua en Tenerife y Gran Canaria

Los mercados de agua tienen un desarrollo especial y específico en Gran Canaria y Tenerife (Aguilera Klink, 2002), con peculiaridades propias en cada una de las islas. Eso es debido a que las inversiones, la gestión y la explotación de los recursos surgieron y fueron impulsadas casi exclusivamente por entidades privadas, interesadas en incrementar los volúmenes disponibles de agua. Estas empresas adquirieron mayoritariamente la fórmula de entidades asociativas peculiares: Comunidades de Agua.

En este régimen, las aguas captadas y los derechos de las mismas no están asociados a la tierra, sino que el agua de cada Comunidad de Aguas es propiedad de cada participante en proporción al número de participaciones que posee, pudiendo cada uno decidir individualmente el destino que quiere darle a la cuota de caudal o del volumen que le corresponde. Así, cada partícipe puede ser usuario o consumidor de su propia agua u ofrecerla a otros en venta o intercambio (permuta).

La fórmula inicial de autoconsumo agrario o industrial ha dado paso al mercado del agua casi generalizado, con la compraventa a los gestores a través de intermediarios.

Este es el origen de un comercio que se puede considerar como un mercado del agua al existir una oferta, una demanda y un modo de negociar (Guerra, 1999; Aguarta et al., 1997; Nuez y Carnero, 2003; Sánchez Padrón y Aguilera Klink, 2000; Fernández Bethencourt, 2001; Custodio, 2011), con numerosos actores. Hay mercados de propiedad y derechos de agua, que pueden ser a modo de participaciones, títulos y acciones en las diferentes captaciones y mercados del agua propiamente dicha en los que se aplica un precio al agua que se transfiere. Actualmente ambos mercados son virtuales, aunque hubo un lugar físico en que se realizaban parte de las transacciones de participaciones, títulos y acciones: la Plaza Weyler de Santa Cruz de Tenerife, hoy casi inactivo. Además hay pequeñas transacciones locales para agua para las personas que recientemente han vuelto a ejercer una pequeña actividad agrícola. En Gran Canaria subsisten los centros de transacciones de Gáldar, San Mateo y Vecindario, aunque son predominantemente virtuales {JLG}.

Los mercados del agua en Canarias son una singularidad mundial de gran interés que han jugado y juegan un notable papel en la sociedad y han consagrado la denominación de "aguateniente" e "intermediario" del agua como vocablos de uso común.

La gran fragmentación existente de la oferta de agua hace posible una aceptable aproximación a un real mercado del agua (Hoyos-Limón, 2004). Sobre estos mercados se ha extendido una aureola –en parte mítica y romántica– de que son algo de excelencia que ha permitido el acople económico y socialmente eficaz entre un recurso de agua

escaso (en buena parte de consumo de reservas de agua subterránea) procedente de un gran número de ofertantes independientes y una demanda de un gran número de compradores también independientes, con un amplio conjunto de redes de transporte también independientes. Aunque esos mercados se alejen de lo que en economía se considera un mercado de libre oferta y compra (Sánchez Padrón y Aguilera Klink, 2000), no por ello dejan de ser interesantes. Aunque existe una amplia base social, unos 30.000 tenedores en Tenerife, se trata principalmente de personas de edad avanzada que cuentan con los ingresos que se derivan como un complemento a su pensión de jubilación; en la realidad la mayoría de derechos o acciones están concentrados en unas pocas personas o colectivos, que son los que deciden, suelen ponerse de acuerdo y fijan los precios (Puga et al., 1987), lo que limita la libertad de la oferta. Por otro lado, la compra de agua está dominada por unos pocos grandes municipios y grupos de agricultores –actualmente también áreas turísticas e industriales– que son los que pactan los precios del agua, con poca influencia de los pequeños compradores.

También la distribución está en unas pocas manos, a veces en sólo una, de modo que no hay competencia ni en el servicio ni en el precio. A esto se suma que no se suele garantizar la calidad del agua al comprador. El agua puede ser de buena calidad en origen y no siempre lo es el agua entregada debido a que durante el transporte se va mezclando con sucesivas adiciones, sin capacidad de actuación de los compradores menores, además de que las mermas en el transporte suelen ser a cargo del comprador, sin que éste pueda comprobarla ni conocer a qué son debidas. Así, el mercado del agua puede ser más o menos eficaz para los grandes productores y compradores, pero puede distar de serlo para los pequeños. No hay claras reglas de regulación por una autoridad superior, ya que se trata de algo poco transparente, complejo, socialmente delicado y políticamente explosivo. La tendencia al oligopolio es negativa para el buen funcionamiento del mercado del agua {TRAGUA}.

En Tenerife, los Ayuntamientos son en mayor o menor medida titulares de una proporción de las aguas captadas en las galerías que están y discurren subterráneamente por su municipio, que deriva de los antiguos derechos del subsuelo. Con esas aguas atienden al abasto de su población, pero por lo general resultan insuficientes, por lo que deben adquirir el agua adicional que necesitan. La búsqueda de la mayor eficiencia de este sistema llevó a que se desarrollaran adquisiciones de agua, que han adoptado tipologías diversas:

- agua por contrato (arriendo) anual
- agua ocasional o de temporada
- agua de las participaciones ("acciones") en que se dividen las Comunidades de Agua.



El valor de la acción de agua depende del caudal al que da o daría derecho y a las expectativas de éxito de la obra que se va a hacer.

En el caso de Tenerife, la forma de mercado actualmente más perfeccionada es la de contrato (arriendo) anual negociado. De una parte, los titulares (“aguatenientes”) –muy atomizados y territorialmente dispersos, como lo está la propiedad del agua– que no necesitan toda el agua de que disponen, la ofrecen en venta; de otra, los usuarios potenciales –también dispersos y diversos (regantes o gestores urbanos)– demandan el agua que desean usar.

Un complemento necesario de estos mercados es el sistema de transporte de las aguas desde las zonas productoras hasta las consumidoras. Por ello, al tiempo que se desarrollaban los mercados se construyeron también los canales (originalmente abiertos; luego cubiertos o en tubería) para conducir las aguas desde unas zonas a otras, en su mayoría privadas y de las Comunidades de Agua.

La formación de los precios tiene en cuenta la interacción entre oferta y demanda, margen de los intermediarios y coste del transporte, básicamente en términos de “cantidad” de agua. Sólo recientemente la “calidad” del agua está siendo repercutida en los precios, aunque las mezclas de aguas de diferentes procedencias en las propias conducciones generales terminan desvirtuando el valor de la calidad del agua en origen.

La conexión entre la oferta y la demanda se realiza por agentes comercializadores (“intermediarios”) que compran, venden o permutan las aguas de unos para otros. La figura de los intermediarios ha ido derivando últimamente a su desglose especializado en compradores y vendedores; asimismo, por motivos fiscales se ha impuesto que las operaciones comerciales adopten la forma de compraventa, por lo que los intermediarios son temporalmente “propietarios” de las aguas que comercializan.

Aunque los mercados de agua en Canarias no son claramente de libre competencia, la realidad es que han venido funcionando durante décadas sin incidentes y se han mostrado flexibles y adaptables. La oferta está más dividida que la demanda, pero por ahora no hay síntomas claros de dominio del mercado (Hoyos-Limón y Puga, 2007). Los precios reflejan los costes privados de obtención y aprovechamiento del agua pero no los sociales y ambientales, para lo que se requiere una intervención pública, que en principio parece difícil.

Los mercados del agua canarios han sufrido recientemente impactos importantes a causa de la incorporación de agua desalinizada y regenerada de oferta pública, a precios similares y a veces menores que los del agua subterránea, lo que ha permitido que los precios de compra del agua se estabilicen. La oferta pública de agua ha tenido gran influencia en el comercio del agua ya que muchos compra-

dores prefieren su mayor garantía de caudal medio, calidad y ausencia de mermas, aún a pesar de que en ciertas épocas el precio pueda ser mayor que el del agua disponible en el mercado privado.

Sin embargo, pueden surgir problemas debidos a la calidad o en momentos de sequía en los que el sistema público puede carecer del volumen de agua suficiente. El agua regenerada resulta cara por el tratamiento y transporte, de modo que en muchos lugares donde está disponible el precio del agua local es claramente menor que el coste de poner a disposición allí ese agua regenerada. Eso también descarta al agua desalinizada en esas áreas, aunque la posibilidad de que pueda llegar favorece que no haya tendencias alcistas de los precios.

El agua de mar desalinizada y la mayor parte de la regenerada están disponibles en la costa y no resulta rentable elevarlas por encima de 300 a 500 m. Se utilizan cantidades pequeñas de agua regenerada en medianías de Gran Canaria a partir de las depuradoras de las aguas residuales de las poblaciones allí existentes, que tienen buena calidad química aunque con menos confiabilidad y con infraestructuras sólo realizadas en parte, pero que no hay que elevar.

La intervención pública ha ido configurando en Tenerife y Gran Canaria un notable cambio en la economía del agua y en sus actores, aunque los mercados tradicionales subsisten, en especial en áreas de medianías y en determinadas áreas costeras.

La evolución hacia una mayor intervención pública es contraria a la de otros sectores de la actividad económica, como la energía y el transporte. Las inversiones públicas en el sector del agua suponen una disminución de la inversión privada y además se detraen de otras inversiones destinadas a la población {TRAGUA} y con una visión sectorial que puede conllevar vicios e ineficiencias.

El volumen de inversión realizado en agua no ha sido cuantificado, es difícil de substituir y está actualmente afectado por corporaciones financieras, incluso multinacionales, aunque cabe resaltar que la banca no ha intervenido ni se ha visto atraída por el sector del agua {CIATF}. El sector agrícola no ha estado condicionado por el agua sino más bien por la tierra, pero está en retroceso y esto puede llevar a fallos en la disponibilidad de agua.

## VI.6 Aspectos de gestión del agua en relación con la minería del agua subterránea

Los aspectos clave de gestión en relación con la minería del agua en el Levante español y Canarias son los que hacen referencia a la obtención del mayor beneficio social de un recurso finito y que ese beneficio social se traslade a las generaciones futuras, lo que se considera en el Capítulo VII. No obstante, es difícil que los órganos gestores y las instituciones recojan adecuada y efectivamente las actuaciones necesarias y que los instrumentos legales se adecuen e interpreten de forma apropiada antes de que los daños asociados a la minería del agua hayan avanzado y afecten notoriamente a la sociedad. Eso supone que antes de que se actúe de forma eficaz se va a tener un agua cara por su alto coste de extracción, que la posible explotación de algunos acuíferos o parte de otros esté comprometida y que en ciertos casos se llegue a un deterioro notable de la calidad del agua. La reacción se produce tanto antes cuanto mejor informada esté la sociedad, lo que requiere que se disponga de una buena y suficiente red de observación. Estas redes de observación se han de diseñar con visión a largo plazo y son relativamente costosas, además de que la información obtenida ha de ser elaborada, puesta a disposición y difundida. Por eso suelen estar disponibles sólo de forma tardía. Así, las primeras etapas de la explotación intensiva y de la minería del agua subterránea suelen resultar poco conocidas y para tratar de reconstruirlas hay que recurrir a datos substitutivos y arriesgadas simulaciones. Este es el marco en el que hay que evaluar la minería del agua y tomar las decisiones de gestión, que con frecuencia se hace en un marco no sólo incierto sino con normativas y modelos conceptuales que pueden ser desviados y ello ante la oposición de buena parte de los ciudadanos.

Las evaluaciones socio-económicas juegan un gran papel en la gestión del agua. Se deben considerar, además de los costes y beneficios directos a los usuarios, las externalidades y una ponderación de los componentes intangibles. La explotación intensiva y minería de las aguas subterráneas no es una tragedia de los comunes sino que es controlable socialmente, pero tras un cierto deterioro, como se ha comentado anteriormente, y no ha de verse en el contexto restringido de los acuíferos locales sino del conjunto de los recursos de agua, además del contexto energético, territorial y humano. El agua puede ser social y económicamente importante al inicio del desarrollo de un área, pero en momentos avanzados, cuando el beneficio de la minería se ha traducido en progreso humano, el agua pasa a un segundo plano y ya no es un componente dominante, aunque puede seguir teniendo peso en la rentabilidad neta específica y social. Eso quiere decir que con el progreso de la minería del agua subterránea se llega a un momento en que se requiere un cambio de paradigma en la actividad, que puede ser difícil y traumático durante un tiempo, como lo fueron el pasado otros cambios. Cuanto más definida esté

la voluntad compartida de cambio y más pronto se empiece, más fácil y menos traumática será la adaptación.

En el Levante español aún hay margen para continuar con la minería del agua subterránea en un contexto general, a precios crecientes, pero competitivos con las otras fuentes de agua puestas a disposición en el lugar de utilización, aunque cabe esperar una evolución que derive los usos interiores a los costeros y los usos agrícolas hacia los urbanos y turísticos. Esto frenaría el consumo de reservas, pero sin anularlas, salvo donde la recarga sea significativa, pero mantendría el importante papel de seguridad de disponibilidad de agua que proporciona el uso de los acuíferos.

En Gran Canaria y Tenerife se pueden hacer similares consideraciones, pero el hecho insular no hace posible la importación de agua, salvo en situaciones extremas. La singularidad de la existencia de mercados de agua, en los que actualmente compiten aguas de propiedad privada con aguas de generación pública, con dominio del agua subterránea, introduce una singularidad que hasta el momento ha funcionado adecuadamente y sin grandes problemas. Sin embargo, la continuación de la minería del agua subterránea en Canarias depende en buena manera de que se mantenga la inversión privada, la que ha ido mermando y desincentivándose, no solo por la reducción de reservas, sino por la oferta de agua de generación pública que en parte está subvencionada. Esto tiene su parte positiva de reducción del consumo de reservas y mayores garantías – no siempre– pero requiere un esfuerzo de financiación pública adicional que parece difícil y que su falta o insuficiencia puede aumentar el riesgo de fallos en el sistema antes de que se produzca el deseable cambio de paradigma. La necesidad de cambio de paradigma ya fue esbozado en la década de 1985 como resultado de Proyecto MAC 21.

Cabe aquí considerar que el marco de gestión clásico en España, el de la cuenca hidrográfica, ha dado excelentes resultados, pero puede que no sea el más adecuado para afrontar los resultados de la minería del agua subterránea, sino el propio acuífero o sistema acuífero, en especial en el Levante español. En cualquier caso se requiere una renovación legal que enmarque de forma adecuada y realista los problemas de la explotación intensiva y la minería del agua subterránea. En este aspecto, la legislación de agua canaria, aun siendo imperfecta y a veces obsoleta, puede ser un interesante referente. Además, el principio de subsidiariedad debe ser aplicarlo con decisión y aportando medios, tanto de arriba abajo como de abajo arriba, dejando de lado proteccionismos y paternalismos, los que no sólo son inadecuados actualmente sino contraproducentes. Las comunidades de aguas subterráneas orientadas al agua como recurso, en vez de a las infraestructuras y al uso, parecen ser una buena herramienta para la gestión de la minería del agua subterránea si existe un órgano regulador independiente y con autoridad reconocida, libre de las perturbaciones y desvíos que produce la intervención política debido a su cortoplacismo y a veces oportu-

nismo, cuando no con desconocimiento de la realidad de los problemas. En su lugar, la sociedad civil, debidamente potenciada y organizada, tiene mejor visión a medio y largo plazo, a condición de estar bien informada, sin sesgos, a partir de sus propios elementos de conocimiento.

## VI.7 Agradecimientos

Han sido muy importantes las aportaciones que se derivan de los cuestionarios y resúmenes de entrevistas que se relacionan al inicio del Apartado 6.8 de Referencias, así como las observaciones, correcciones y comentarios al borrador de este capítulo contribuidas in extenso por Adolfo Hoyos-Limón, los numerosos comentarios de María Dolores de Miguel y José Miguel Andreu Rodes, así como las observaciones de Antonio Pulido-Bosch.

## VI.8 Referencias

Los datos e informaciones que proceden de los cuestionarios del Proyecto MASE y documentación aportada, del Anejo 1, y de los resúmenes de las entrevistas, del Anejo 2, se refieren con las siglas del autor entre corchetes rectos [ ] para los primeros y entre corchetes curvos { } para los segundos, con la clave a continuación:

{CIATF} Consejo Insular de Aguas de Tenerife, José Fernández Bethencourt  
 {DDF} Daniel Diez Frontón, AQUALIA  
 {ER} Eulogio Rodríguez, Bolsa de aguas, Santa Cruz de Tenerife  
 {EEJ}, Equipo de Expertos del Júcar  
 {FR} Felipe Roque, ELMASA  
 {JLG} José Luis Guerra, Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria  
 {Mino} Heredad de Aguas de Arucas y Firgas  
 {MS} Martín Sevilla Jiménez, Universitat d'Alacant  
 {SR} Sergio Rodríguez y Luis Olavo Puga  
 {TRAGUA} Carlos Acevedo, TRAGUA

Adler, J.H. (2008). *Water marketing as an adaptive response to the threat of climate change*. Case Western Reserve University, School of Law. Hamline Law Review, 31(3): 730-754.

Aguarta, M., Mesa, J., Rodríguez Brito, W. (1997). *Economía y mercado de aguas subterráneas en Canarias. Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidrológica en las Islas Canarias*. AIH-GE. Las Palmas de Gran Canaria: 113-117.

Aguilera Klink, F. (2002). *Los mercados de agua en Tenerife. Colección Nueva Cultura del Agua*. Bakeaz. Bilbao: 1-142

Albacete Carreira, M., Rodríguez Estrella, T. (1988). *Plan de ordenación y comunidades de usuarios del sistema acuífero sobreexplotado del Valle de Guadalentín (Murcia)*. Jornada sobre la Aplicación de la Nueva Ley de Aguas en la Gestión de las Aguas Subterráneas. Zaragoza. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español: 251-268.

Alcaín E (2000). *La prevención y la gestión de los acuíferos sobreexplotados tras la reforma de la Ley de Aguas*. En: A. Embid (ed.), La Reforma de la Ley de Aguas. Civitas: 291-328.

Aldaya, M.M., Cabrera, E., Custodio, E., De Stefano, L., Garrido, A., López-Gunn, E., Llamas, M.R., Villarroja, F. Willaarts, B.A. (2012). El Agua en España: Bases para un Pacto de Futuro. En: M.M. Aldaya y M.R. Llamas (eds.). Fundación Botín. Madrid: 1-89.

Amillo Alegre, F. (2013). *Los acuíferos de la Marina Baja: el agua subterránea, un recurso clave para el abastecimiento de agua potable y de riego en los municipios de la comarca*. [histobenidorm.blog.com.es/2013/11/los-acuiferos-una-de-las-claves-del.html](http://histobenidorm.blog.com.es/2013/11/los-acuiferos-una-de-las-claves-del.html) consultado el 20-10-2014

Andreu, J., Capilla, J., Sanchís, E. (1996). *AQUATOOL: A generalized decision support system for water-resources planning and operational management*. Journal of Hydrology. 177: 269-291.

Arriaza, M., Gómez-Limón, J. A., Upton, M. (2002). *Local water markets for irrigation in southern Spain: a multi-criteria approach*. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 46: 21-43.

Björnlund, H. (2006). *Increased participation in Australian water markets*. In G. Lorenzini and C.A. Brebbia (eds). Sustainable Irrigation Management, Technologies and Policies. WTI Press. Southampton, UK: 289-302.

Björnlund, H., McKay, J. (2002). *Aspects of water markets for developing countries, experiences from Australia, Chile and the U.S.*, J. Environmental Development Economics, 7: 769-795.

Björnlund, H., Zuo, A., Wheeler, S., Xu, W. (2014). *Exploring the reluctance to embrace water markets in Alberta, Canada*. In K.W. Easter and Q. Huang (eds.), Water Markets for the 21st Century: What We Have Learned, Westview Press.

Bredehoeft, I.D. (2005). *The conceptualization model: surprise*. Hydrogeology Journal, 13(1): 37-46.

Bromley, D.W. (1989). *Economy, interests and institutions: The conceptual foundations of public policy*. Blackwell, Oxford:

- Cabezas, F. (2011). *Explotación de las aguas subterráneas en la cuenca del Segura*. En: Villarroya, F., De Stefano, L. & Martínez-Santos, P. (coords.). *El Papel de las Aguas Subterráneas en la Política del Agua en España*. SHAN Series 3. Fundación Botín: 1:103 [http://www.fundacionbotin.org/monografias\\_observatorio-delagua\\_publicaciones.htm](http://www.fundacionbotin.org/monografias_observatorio-delagua_publicaciones.htm).
- Calatrava, J., Garrido, A. (2005a). *Spot water markets and risk in water supply*. *Agricultural Economics*, 33: 131–143
- Calatrava, J., Garrido, A. (2005b). *Modelling water markets under uncertain water supply*. *European Review of Agricultural Economics*, 32: 119–142.
- Calatrava, J., Garrido, A. (2006). *Difficulties in adopting formal water trading rules within user's associations*. *Journal of Economic Issues*, XL(1): 27–44.
- Calatrava, J., Gómez-Ramos, A. (2009). *El papel de los mercados de agua como instrumentos de asignación de recursos hídricos en el regadío español*. En: Gómez-Limón, J.A.; Calatrava, J.; Garrido, A.; Sáez, F.J. & Xabadía, A. (eds.), *La Economía del Agua de Riego en España*. Fundación Cajamar, Almería, Spain: 295–319.
- Carles, J., García, M., Vega, V. (2001). *La gestión colectiva de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*. En N. Hernández-Mora y M.R. Llamas (eds.), *La Economía de las Aguas Subterráneas y su Gestión Colectiva*. Fundación Marcelino Botín. Mundi-Prensa, Madrid: 291–323.
- Codina-Roig, J. (2003). *Las comunidades de usuarios de aguas y el marco normativo actual. Jornadas sobre las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas en el Marco Normativo Actual*. Prat de Llobregat. Asociación Española de Comunidades de Aguas Subterráneas.
- Cruse, L., Dollery, B., Lockwood, M. (2002). *Transaction costs emanating from policy flexibility in water markets*. In: Brennan, D. (ed.), *Water Policy Reform: Lessons from Asia and Australia*. ACIAR Proceedings 106. Canberra: 31–47.
- Cubillo, F. (2010). *Looking for efficiency through integrated water management between agriculture and urban uses* (Review). *Water Science and Technology: Water Supply*, 10(4): 584–590.
- Custodio, E. (2010). *Intensive groundwater development: A water cycle transformation, a social revolution, a management challenge*. In: L. Martínez-Cortina, A. Garrido, E. López-Gunn (eds.) *Rethinking Water and Food Security*. Botín Foundation/CRC Press: 259–298. <http://www.rac.es/ficheros/doc/00734.pdf>.
- Custodio, E. (2011). *Comentarios sobre el comercio y mercados del agua subterránea en Canarias*. En: M.C. Cabrera, J. Jiménez y E. Custodio (eds.), *El Conocimiento de los Recursos Hídricos en Canarias Cuatro Décadas Después del Proyecto SPA-15*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Custodio, E. (2013). *Evolución de la hidrogeología en España: una perspectiva histórica*. En: J.A. López-Geta y J.M. Fornés Azcoiti (eds.). *100 Años de Hidrogeología en España, 1900–2000*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. Cap. I.2: 63–85.
- De Stephano, L. López-Gunn, E., Martínez-Santos, P. (2014). *Intensive groundwater use in agriculture and IWRM: An impossible marriage?* In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century: Revisiting the Paradigm*. Botín Foundation-CRC Press, Chap 8: 121–143.
- Díaz Mora, J. (2002). *La clarificación jurídica de los acuíferos sobreexplotados: el caso de La Mancha*. En: S. Del Saz, J.M. Fornés, M.R. Llamas (eds.). *Régimen Jurídico de las Aguas Subterráneas*. Fundación Marcelino Botín-Mundi Prensa. Madrid
- Dinar, A., Rosegrant, M. Meinzen-Dick, R. (1997). *Water allocation mechanisms: principles and examples*. Policy Research Working Paper WPS 1779. The World Bank. Washington DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/1977/06/694756/water-allocation-mechanisms-principles-examples>
- Donoso, G. (2014). *Integrated water management in Chile*. In: p. Martínez-Santos, M.M. Aldaya y M.R. Llamas, *Integrated Water Resources Management in the 21st Century, Revisiting the Paradigm*. Botín Foundation and CRC Press: 217–233.
- Donoso, G., Melo, O., Jordán, C. (2014). *Estimating water rights demand and supply: Are non-market factors important?* *Water Resources Management*. 28(12): 4201–4218.
- Easter, W.K., Rosegrant, M.W., Dinar, A. (eds.). (1998). *Markets for water: potential and performance*. Kluwer Academic Publisher: 1–313.
- Easter, W.K., Rosegrant, M.W., Dinar, A. (1999). *Formal and informal markets for water: institutions, performance, and constraints*. *World Bank, Research Observer*, 14(1): 99–118.
- Embid Irujo, A. (2007). *Adapting Spanish water law and institutions to meet the water challenges of the 21st century*. Seminario La gestión del Agua: Tecnología, Economía y Medio Ambiente, Fundación Ramón Areces, Madrid.

- Embid Irujo, A. (2009). *The foundations and principles of modern water law*. In: A. Garrido and M.R. Llamas, Water Policy in Spain. Botín Foundation. CRC Press: 109–116.
- Esteban, E., Albiac, J. (2011). *Groundwater and ecosystems damages: questioning the Gisser-Sánchez effect*. Ecological Economics, 70(1): 2062–2069.
- Esteban, E., Albiac, J. (2012). *The problem of sustainable groundwater management: the case of La Mancha aquifers, Spain*. Hydrogeology Journal 20(5): 851–863.
- Fernández Bethencourt, J. (2001). *El papel económico de las aguas subterráneas en Canarias. La Economía de las Aguas Subterráneas en España*. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Fundación Marcelino Botín/Editorial Mundi-Prensa, Madrid: 251–267.
- Fernández Cano, M.A. (2013). *Situación administrativa de los acuíferos sobreexplotados en la cuenca del Segura*. En: M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.), Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 7: 163–178.
- Fornés J.M., de la Hera, A., Llamas, M.R. (2005). *La propiedad de las aguas subterráneas en España: la situación del registro y del catálogo*. Ingeniería del Agua, 12(2): 125–136.
- Fornés J.M., de la Hera, A., (2007). *Legal aspects of groundwater ownership in Spain*. Water International, 32(4): 676–684.
- Foster, S., Loucks, D.P. (eds.) (2011). *Non-renewable groundwater resources: a guide book on socially-sustainable management for water-policy makers*. IHP-VI Series in Groundwater 10, UNESCO/IAH/GW-State Word Bank: 1–103.
- García, M., Carles, J., Sanchis, C. (2004). *Características institucionales y territoriales y su influencia en el costo del agua como input en la agricultura*. VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.
- García-Vizcaíno, M.J. (2011). *Régimen jurídico de utilización de las masas de agua subterránea: problemática y propuestas de modificación*. Jornada Jurídica de Aguas Subterráneas. AEUAS–Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Madrid.
- Garrido, A., Rey, D., Calatrava, J. (2013). *Water trading in Spain*. In L. de Stephano and M.R. Llamas (eds.), Water, Agriculture, and the Environment in Spain: Can we Square the Circle?. Taylor & Francis: 206–216.
- Gionnoccaro, G., Pedraza, V., Berbel, J. (2013). *Analysis of stakeholders' attitude towards water markets in southern Spain*. Water, 5: 1517–1532.
- Giordano, M., Shah, T. (2014). *Non-integrated water resources management*. In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), Integrated Water Resources Management in the 21th Century: Revisiting the Paradigm. Botín Foundation-CRC Press, Chap 3: 37–43.
- Gisser, M., Sánchez, D.A. (1980). *Competition versus optimal control in groundwater pumping*. Water Resources Research, 16: 638–642.
- Gómez-Ramos, A., Garrido, A. (2004). *Formal risk-transfer mechanisms for allocating uncertain water resources: the case of option contracts*. Water Resources Research, 40: W12302.
- Guerra, J.L. (1999). *El mercado del agua en Canarias. Aguas Subterráneas y Abastecimiento Urbano*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid: 317–323.
- Guillaume, J.H.A.; El Sawah, S. (2014). *Fostering assumption-based stress-test thinking in managing groundwater systems: learning to avoid failures due to basic dynamics*. Hydrogeology Journal, 22: 1507–1523.
- GWP (2003). *Integrated water resources management toolbox, Version 2*. Global Water Partnership Secretariat. Stockholm.
- Hadjigeorgalis, E. (2008). *Distributional impacts of water markets on small farmers: Is there a safety net?* Water Resources Research, 44(10). DOI: 10.1029/2007WR006527
- Hardin, G. (1968). *The tragedy of the commons*. Science, 162: 1243–1248.
- Hernández-Mora, N. (2002). *Groundwater management in Spain. Local institutions for collective management of common pool resources: An analysis of three cases from La Mancha*. Master Thesis, Gaylord Nelson Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin-Madison.
- Hernández-Mora, N., Llamas, M.R. (eds.) (2001). *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Fundación Marcelino Botín/Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 1–549.
- Hernández Ramos, J. (1954). *Las heredades de agua en Gran Canaria*. Imprenta Sáez, Buen Suceso, Madrid: 1–106.
- Hernández-Mora, N., De Stefano, L. (2013). *Los mercados informales de aguas en España: una primera aproximación*. En: A. Embid Irujo (ed.), Usos del Agua, Concesiones, Autorizaciones y Mercados del Agua. Thomson-Reuters Cizur Menor: 375–407.
- Hogson, G. (2006). *What are institutions?* Journal of Economic Issues, 40(1): 1–25.

- Hotelling, H. (1929). **Stability in competition**. Economic Journal, 39(153): 41-57
- Hoyos-Limón, A. (2004). **Tres comunidades de agua de Tenerife**. Plan Hidrológico de Tenerife. Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife: 1-29 (interno).
- Hoyos-Limón, A., y Puga, L.O. (2007). **Los costes en alta del agua de Tenerife**. Documentos para el Plan Hidrológico de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife: 1-61.
- Huertas, R. (2011). **La naturaleza jurídica de las aguas subterráneas con la Directiva Marco del Agua: tendencia hacia la demanialización**. Jornada Jurídica de Aguas Subterráneas. AEUAS-Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Madrid.
- Huffman, J.L. (2004). **Water marketing in western prior appropriation states: A model for the East**. Georgia State University Law Review, 21: 424-431.
- ICWE (1992). **The Dublin statement and report of the conference. International Conference on Water and the Environment**. World Meteorological Organization. Geneva.
- Jarvis, W.T. (2013). **Water scarcity: moving beyond indexes to innovative solutions**. Ground Water, 51(5): 663-669.
- Koundouri, P. (2004). **Potential for groundwater management: Gisser-Sánchez effect reconsidered**. Water Resources Research, 40(6), DOI 1010291.2003WR002164.
- Kuwayama, Y. and N. Brozović (2012), **"Analytical hydrologic models and the design of policy instruments for groundwater-quality management"**, Hydrogeology Journal, 20(5), 957-972.
- LA (1985). **Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas**. Boletín Oficial del Estado BOE 189 8/8/1985-16661. [http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1985-16661](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1985-16661).
- LAC (1990). **Ley de Aguas de Canarias, Ley 12/1990**, de 26 de Julio. BOE.
- López, M.I., Melgarejo, J. (2007). **El fin del regadío tradicional y la creación de sociedades mercantiles para la venta del agua**. Riegos de Levante Margen Derecha del Segura. Boletín de la A.C.E., 4(3): 307-334.
- López-Gunn, E. (2009). **Making groundwater institutionally visible**. In: A. Garrido and M.R. Llamas, Water Policy in Spain. Botín Foundation. CRC Press: 165-174.
- Lopez-Gunn, E. Martinez Cortina L. (2006). **Is self-regulation a myth? Case study on Spanish groundwater user associations and the role of higher-level authorities**. Hydrogeology Journal, 14(3): 361-379.
- López-Gunn, E., Llamas, M.R., Garrido, A., Sanz, D. (2011). **Groundwater management**. In: P. Wildever (ed.). Treatise on Water Science, Oxford Academic Press-Elsevier, 1: 97-127.
- López-Gunn, E., Rica, M., van Cauwenbergh, N. (2013). **Taming the groundwater chaos**. In: L. de Stephano and M.R. Llamas, Water, Agriculture and the Environment in Spain, Can we Square the Circle?. Botín Foundation. CRC Press: 227-241.
- López-Gunn, E., Huelva, G., De Stephan, L., Villarroya, F. (2014). In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), **Integrated Water Resources Management in the 21th Century: Revisiting the Paradigm**. Botín Foundation-CRC Press, Chap 9: 145-167.
- Maliva, R.G. (2014). **Groundwater banking: opportunities and management challenges**. Water Policy: 16(1): 144-166.
- McKean, M.A. (2000). **Common property: What it is, what is good, and what makes it work**. In: C.C. Gibson, M.A. McKean, Ostrom. E. (eds.), People and Forests: Communities, Institutions and Governance. MIT Press, Cambridge, Massachusetts: 27-55.
- Martínez Fernández, J. (2001). **El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia**. Comentario. En: N. Hernández Mora y M.R. Llamas, La Economía del Agua subterránea y su Gestión Colectiva. Fundación Marcelino Botín. Mundi-Prensa, Madrid: 239-249.
- Martínez-Fernández, J., Esteve-Salma, M.A. (2000). **Sequía estructural y algunas externalidades ambientales en los regadíos de la Cuenca del Segura**. Ingeniería del Agua, 7(2): 165-172
- Martínez Martínez, Y., Gómez-Limón, J.A. (2004). **Simulación multicriterio de mercados de agua de regadío: El caso de la cuenca del Duero**. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, 202: 101-134
- Martínez Martínez, Y., Goetz, R.U. (2007). **Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua**. Revista de Economía Aplicada, 43: 49-70
- Martínez-Granados, D., Calatrava, J. (2011). **The role of desalination to adress aquifer overdraft in SE Spain**. Journal of Environmental Management, 144: 247-257.
- Martínez-Santos, P., Aldaya, M.M., Llamas, M.R. (2014). **Integrated water resources management: State of the art and the way forward**. In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), Integrated Water Resources Management in the 21th Century: Revisiting the Paradigm. Botín Foundation-CRC Press, Chap 2: 17-36.

- MIMAM (1998). **Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados**. Serie Monografías, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: 1-66.
- MMA-ITGE (1997). **Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización**. Ministerio de Medio Ambiente / Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid: 1-43 + Apéndice.
- Molina, J-L. (2009). **Integrated aquifers management in semiarid regions**. Altiplano water system case case study. Doctoral Thesis.
- Molina, J-L., García-Aróstegui, J.L., Benavente, J., Varela, C., de la Hera, A., López-Geta, J.A. (2009). **Aquifers overexploitation in SE Spain: a proposal for the integrated analysis of water management**. *Water Resources Management*, 23: 2737-2760.
- Molina, J-L., Bromley, J., García-Aróstegui, J.L., Sullivan, C., Benavente, J. (2010). **Integrated water resources management of overexploited hydrogeological systems using Object-Oriented Bayesian Networks**. *Environmental Modelling & Software*, 25: 383-397.
- Molina, J-L., García-Aróstegui, J.L., Bromley, J., Benavente, J. (2011). **Integrated assessment of the European WFD implementation in extremely overexploited aquifers through participatory modelling**. *Water Resources Management*, 25: 3343-3370.
- Molina, J-L., Pulido-Velázquez, D., García-Aróstegui, J.L., Pulido-Velázquez, M. (2013). **Dynamic Bayesian Networks as a Decision Support tool for assessing climate change impacts on highly stressed groundwater systems**. *Journal of Hydrology*, 479: 113-129.
- Molinero, J. Custodio, E., Sahuquillo, A., Llamas, M.R. (2008). **DMA y la gestión del agua subterránea en España. 6º Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Vitoria-Gasteiz: Los Nuevos Planes de Gestión de Cuencas, Una Oportunidad Para la Recuperación de los Ciclos del Agua**. F. Nueva Cultura del Agua: Sesiones Paralelas V: 1-9.
- Molinero, J., Custodio, E., Sahuquillo, A., Llamas, M.R. (2011). **Groundwater in Spain: Legal framework and management issues**. In: Findikakis & Sato (eds.) *Groundwater Management Practices*. CRC Press/Balkema: 123-137.
- Molle, E. (2004). **Defining water rights: By prescription or negotiation?** *Water Policy*, 6: 207-227.
- MOPTMA (1994). **Catálogo General de la Comunidades de Regantes**. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Secretaria General Técnica. Madrid
- Moreu, J.L., (2002). **Los problemas de la legislación sobre aguas subterráneas en España: posibles soluciones**. En: S. Del Saz, S., J.M. Fornés, M.R. Llamas (eds.), *Régimen Jurídico de las Agua Subterráneas*. Fundación Marcelino Botín-Mundi Prensa. Madrid.
- Moreu, J.L. (2009). **Evolución histórica y normativa estatal actual sobre aguas subterráneas**. *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario*, 714: 1769-1897.
- Navarro García, E. (ed). (2008). **Heredamientos de aguas de Canarias**. Exmo. Ayto. de Arucas-Gobierno de Canarias: 1-174.
- Nicol, L.A., Klein, K.K. (2006). **Water market characteristics: Results from a survey of southern Alberta irrigations**. *Canadian Water Resources Journal*, 31: 91-104.
- Nieto, A. (1969). **Hacia una teoría consorcial de las Comunidades de Aguas Canarias**. *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario, III*, Cabildo Insular de Tenerife, Aula de Cultura, Santa Cruz de Tenerife: 211-243.
- Nuez, J.S., Carnero, F. (2003). **El mercado del agua en Canarias, una perspectiva histórica**. *Revista de Historia Económica*, 21(2): 373-398.
- NWC (2001). **Water markets in Australia: a short history**. Background Brief. National Water Commission. Canberra: 1-139.
- OJEU 1991. **Directive 91/676/EEC of the Council of the European Communities of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources**. *Official Journal of the European Union*.
- OJEU 2000. **Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy**. *Official Journal of the European Union*.
- OJEU 2006. **Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration**. *Official Journal of the European Union*.
- Olson, M. (1965). **The logic of collective action: public goods and the theory of groups**. Harvard University Press.
- Ostrom, E. (1990). **Governing the commons: The evolution of institutions for collective action**. Cambridge University Press, N.Y.: 1-298.

- Pérez Pérez, F.J. (1988). *La constitución de comunidades de usuarios de aguas subterráneas. Jornadas sobre la Aplicación de la Nueva Ley de Aguas en la Aplicación de las Aguas Subterráneas*. Congreso sobre la Implementación de la Nueva Ley de Aguas. Zaragoza.
- Pérez Pérez, E. (2013). *Régimen Jurídico de la sobreexplotación de acuíferos*. En, M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.), *Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas*. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 8: 179-210.
- PHN (2001). *Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional*.
- PHTF (2010). *Plan hidrológico de Tenerife. Memoria. Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife*.
- Poveda, J.A. (2011). *La naturaleza jurídica de las aguas subterráneas con la Directiva Marco de Aguas: tendencia hacia la demanialización*. Jornada Jurídica de Aguas Subterráneas.. AEUAS–Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Madrid.
- Puga, M, Puga, E., Puga L. (1987). *Distribución de la propiedad de las "acciones" de agua en Comunidades de Agua de la Isla de Tenerife: presentación de datos*. Las Aguas Subterráneas en La Planificación Hidrológica en las Islas Canarias. AIH-GE. Las Palmas de Gran Canaria: 219-224.
- Pujol, J., Berbel, J., Ramirez–de–Cartagena, F., Viaggi, D., Raggi, M. (2006a). *Evaluation of markets for irrigation water in the internal river basins of Catalonia, Spain*. Spanish Journal of Agricultural Research, 4: 3–16.
- Pujol, J., Raggi, M., Viaggi, D. (2006b). *The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: A comparison of two study areas*. Australian Journal of Agricultural Resources Economics, 50: 361–380.
- Pulido–Bosch, A. (2001). *Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sostenible. Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas*. Instituto de Estudios Almerienses de la Diputación de Almería, Almería: 115–132.
- RAPAPH (1988). *Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y Planificación Hidrológica*.
- RDL (2005). *Real Decreto–Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua BOE–A–2005–20785*.  
<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-20785>.
- RDPH (1986). *Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico*.
- RPH (2007). *Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica*.
- Qureshi, M.E., Shi, T., Qureshi, S.E., Proctor, W. (2009). *Removing barriers to facilitate efficient water markets in the Murray–Darling Basin of Australia*. Agricultural Water Management, 96: 1641–1651.
- Rica, M., López–Gunn, E., Llamas, M.R. (2012). *An analytical framework on the emergence and evolution of collective action: an empirical case of Spanish groundwater user collective associations*. Irrigation and Drainage Journal, 61: 115–125.
- Rico, A.M., Olcina, J. (2001). *La gestión colectiva de las aguas subterráneas en tierras alicantinas: algunos ejemplos*. En N. Hernández y M. R. Llamas (eds.), *La Economía del Agua Subterránea y su Gestión Colectiva*. Fundación Marcelino Botín. Mundi–Prensa. Madrid: 475–533.
- Rogers, P., Silva, R.D., Bhatia, R. (2002). *Water is an economic good. How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability*. Water Policy, (4): 1–17.
- Sahuquillo, a., Cassariaga, E., Solera, a., Murillo, J.M. (2010). *Modelos de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid: 1–398.
- Sánchez Jordán, E. (2014). *Evaluación del primer ciclo de planificación: Demarcación Hidrográfica de Canarias*. Observatorio de las Políticas de Agua (OPPA), Fundación Nueva Cultura del Agua. Zaragoza: 1–9.
- Sánchez Padrón, M., Aguilera Klink, F. (2002). *Los mercados de agua en Tenerife*. Bakeaz, Centro de Documentación y Estudios para la Paz. Colección Nueva Cultura del Agua, 9: 1–144.
- Schlager, E., López–Gunn, E. (2006). *Collecting systems for water management: is the Tragedy of the Commons a myth?* In: P. Rogers, M.R. Llamas and L. Martínez–Cortina, *Water Crisis, Myth or Reality?* Marcelino Botín Water Forum 2004. Taylor & Francis: 43–58.
- SCHA. (2007). *Centenario de la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante*, <http://vinalopodigital.net/vinalopo/modules/news/article.php?storyid=550>
- Senent, M. y García–Aróstegui, J.L. (coords.). (2013). *Sobreexplotación de acuíferos en la Cuenca del Segura: evaluación y perspectivas*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua. Murcia: 1–234.



- Sevilla, M., Torregrosa, T., Moreno, L. (2010). *Las aguas subterráneas y la "tragedia de los comunes en el Vinapal" (Alicante, España)*. Estudios de Economía Aplicada, 28(2): 305–332.
- Sophocleous, M. (2012). *The evolution of groundwater management practices in Kansas and possible new steps towards water sustainability*. Journal of Hydrology, 414–415: 550–559.
- Sraffa, P. (1926). *The laws of returns under competitive conditions*. The Economic, 36(134):550–559. [www.jstor.org/stable/2959866](http://www.jstor.org/stable/2959866).
- Taher, T., Bruns, B., Bamaga, O., Al-Weshali, A., van Steenberg, F. (2012). *Local groundwater governance in Yemen: building on traditions and problems communities to craft new rules*. Hydrogeology Journal, 20: 1177–1188.
- Thuy, L.A.D.R., Valero de Palma, J., López-Gunn, E. (2014). *The institutional organization of irrigation in Spain and other Mediterranean Countries*. In: P. Martínez-Santos, M.M. Aldaya and M.R. Llamas (eds.), Integrated Water Resources Management in the 21st Century: Revisiting the Paradigm. Botín Foundation–CRC Press, Chap 16: 277–301.
- Tobarra, P. (2001). *El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia*. En: N. Hernández Mora y M.R. Llamas (eds.), La Economía del agua Subterránea y su Gestión Colectiva. Fundación Marcelino Botín Mundi. Prensa. Madrid: 211–238.
- TRLA. (2001). *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*. BOE-A-2001-14276. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-14276>.
- van Steenberg, F. (2006). *Promoting local management in groundwater*. Hydrogeology Journal, 14: 380–391.
- van Steenberg, F., Shah, T. (2003). *Rules rather than rights: self-regulation in intensively used groundwater systems*. In M.R. Llamas and E. Custodio (eds.), Intensive Use of Groundwater: Challenges and Opportunities. Balkema, Lisse, The Netherlands: 241–256.
- van Rijswijk, M., Edelenbos, J., Hellegers, P, Kok, M. Kuks, S. (2014). *Ten building blocks for sustainable water governance: an integrated method to assess the governance of water*. Water International. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2014.951828>
- Varela-Ortega, C., Hernández-Mora, N. (2009). *Institutions and institutional reform in the Spanish water sector: A historical perspective*. In: A. Garrido and M.R. Llamas, Water Policy in Spain. Botín Foundation. CRC Press: 117–130.
- Villarroya, F., López-Gunn, E., De Stefano, L. (2010). *Los paradigmas de la gestión del agua en España: de la misión hidráulica regeneracionista a la Nueva Cultura del Agua*. In L. Alcalá y L. Mampel (eds), XVI Simposio Enseñanza de la Geología, 20 años de AEPECT. Fundamental, 16: 291–296.
- Wan, J., Yang, Y-Ch.E., Lin, X.F.F. (2013). *The effect of groundwater allocation on economic welfare loss*. Ground Water, 51(4): 603–612.
- Ward, F.A., Pulido-Velazquez, M. (2009). *Incentive pricing and cost recovery at the basin scale*. J. of Environmental Management, 90 (1): 293–313.
- Wheeler, S., Björnlund, H., Zuo, A., Shanahana, M. (2010). *The changing profile of water traders in the Goulburn-Murray Irrigation District, Australia*, Agricultural Water Management, 97: 1333–1343.
- WWF (2003). *Water transfers are increasing the water crisis*. World Wide Fund for Nature. <http://www.eeb.org/activities/water/Water-Summary-EEB-WWF-Tajo-Segura-6-5-03.pdf>. Accessed 2 June 2009.
- WWF (2005). *Los mercados de aguas y la conservación del medio ambiente: Oportunidades y retos para su implantación en España*. [http://assetts.wwfspania.panda.org/downloads/posicion\\_wwf\\_sobre\\_mercados\\_de\\_aguas.pdf](http://assetts.wwfspania.panda.org/downloads/posicion_wwf_sobre_mercados_de_aguas.pdf)
- WWF/ADENA (2006). *Uso ilegal del agua en España: causas, efectos and principales soluciones*. Madrid. [www.wwf.es/descarga/descarga\\_genesis/usoilegal\\_agua.pdf](http://www.wwf.es/descarga/descarga_genesis/usoilegal_agua.pdf)
- Zetland, D. (2011). *Water markets in Europe*. Water Resources IMPACT, 13: 15–18.
- Zetland, D. (2013). *All-in-auctions for water*. Journal of Environmental Management, 115: 78–86.
- Zetland, D., Weikard, H-P. (2013). *The institutional potential for water markets in the Tajo and Segura basins*. <https://www.google.es/#q=Zetland+Weikard+The+institutional+potential+for+water+markets+in+the+Tajo+and+Segura+basin>

# CAPÍTULO VII

## ASPECTOS SOCIALES DEL USO INTENSIVO Y DE LA MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ESPAÑA

**Preámbulo:** Se consideran los aspectos sociales, de política y de gestión en relación con el aprovechamiento de los recursos de agua, con especial consideración de los asociados al uso intensivo y la minería del agua subterránea. Se comenta la disponibilidad de agua en situaciones de escasez y el ahorro, así como los efectos ambientales de la explotación intensiva y minera del agua subterránea. Se aportan consideraciones sobre el papel de la sociedad civil y las instituciones y su papel en la gobernanza del agua en situaciones de explotación intensiva y consumo de reservas, así como los aspectos éticos y morales que se derivan. Se comenta el papel de las reservas de agua subterránea para atenuar los efectos de las fluctuaciones climáticas y el cambio climático y global. Se expone la aplicación al Levante español y a Canarias.

### Resumen

*La captación de las aguas subterráneas, cuando es intensiva afecta al funcionamiento de los acuíferos y a las interrelaciones dentro del ciclo hidrológico, lo que puede conllevar impactos importantes sobre el medio ambiente y sus servicios, en general como externalidades negativas. Esto es especialmente notorio en el Levante español y Canarias, en especial en Gran Canaria y Tenerife.*

*La explotación intensiva y minería del agua subterránea practicada en el Levante español y Canarias ha permitido un tipo de sociedad más estable y conducir su evolución, pero con un coste creciente y daños ambientales no valorados, pero que en buena parte ya no están en la mente de los actuales ciudadanos.*

*La utilización del agua subterránea y de sus reservas aumenta la garantía de disponibilidad, lo que se puede valorar como un seguro. Así lo entienden muchos usuarios del Levante español y Canarias. Para que la garantía sea efectiva se requiere disponer de reservas para sequías. Buena parte de los acuíferos explotados intensivamente, incluso los sometidos a minería del agua subterránea, pueden aportar esa reserva.*

*En el Levante español ya existen pozos de sequía, aunque su experiencia de uso es por ahora pequeña. No existen en Canarias, donde el peso dominante de las aguas subterráneas en la disponibilidad de agua hace que las sequías sean poco sentidas salvo por el aumento de la demanda de agua de las áreas que en condiciones normales aprovechan el agua de lluvia.*

*El uso del agua en situaciones de escasez se vincula a su uso eficiente y ahorro, aunque no se trata de cuestiones simples por sus múltiples derivaciones y posibles efectos perversos. Hay repercusiones en los recursos del propio acuífero y en los situados aguas abajo y en la calidad del agua, con un posible importante impacto en la salinidad.*

*Para abordar la diversa problemática de la explotación intensiva y minería del agua subterránea y establecer una perspectiva temporal a medio y largo plazo, que el normal devenir político no tiene, la sociedad civil tiene un papel relevante, pero su acción eficaz requiere instituciones, información y sobre todo transparencia. En el Levante español y Canarias el desarrollo de esas instituciones de la sociedad civil es aún escaso y el papel de la Universidad es moderado y en disminución por falta de recursos y de tiempo. No hay planes específicos para involucrar a esa sociedad civil en la gobernanza, principalmente en lo que respecta a cómo afrontar las consecuencias y evolución de la explotación intensiva y minera de los acuíferos.*

*No hay experiencia en cuanto a cómo integrar la minería del agua subterránea en la gobernanza del agua, tanto con visión local como general. Se trata de un complejo conjunto de seguridad del usuario, costes, autosuficiencia e interconectividad. Se suma el devenir de los mercados de los productos producidos con el agua, sean estos la producción agrícola y pecuaria o los servicios de abastecimiento urbano o turístico. Además, la conservación del medio ambiente y de los servicios ecológicos que proporciona tiene un peso social cada vez mayor. Es algo que no se aborda en detalle en los planes hidrológicos del Levante español y de Gran Canaria y Tenerife y que se trata de compensar con oferta pública de agua subsidiada.*

*El conjunto de la acción y responsabilidad pública y de la participación social activa son la base de la gobernanza que, en el caso de la explotación intensiva de las aguas subterráneas y más aún cuando hay minería de reservas, requiere una acción decidida, con reglas claras y acepta-*

*das y una visión intergeneracional. Sin embargo, las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas con interés específico en el recurso y en el acuífero son escasas en el Levante español e inexistentes en Canarias.*

*La existencia de subvenciones al agua, explícitas o encubiertas, puede tener un gran peso en la gobernanza ya que su mantenimiento durante un largo tiempo no solo puede tener efectos perversos (contrarios a lo deseado) sino que acaba creando el sentimiento de un "derecho" a la subvención. En el Levante español y Canarias el peso de las subvenciones directas es pequeño en cuanto a las aguas subterráneas, mientras es más significado para otros recursos de agua, lo que produce distorsiones, a pesar de las cuales las aguas subterráneas siguen siendo utilizadas intensamente y minando reservas y presumiblemente lo continuarán siendo a menos que haya una oferta de agua de otro origen notablemente subvencionada. No hay datos que permitan valorar las subvenciones indirectas, las cuales pueden ser importantes y acortar o distanciar los valores relativos de los distintos recursos de agua y por lo tanto la gestión que se derive de su consideración integrada.*

*La actual planificación hidrológica menciona y evalúa la minería del agua subterránea en el Levante español y en Gran Canaria y Tenerife y propone modos de reducción, pero no se aborda en detalle y se carece de una evaluación de su papel real y de las consecuencias positivas o negativas de las actuaciones previstas.*

*Las fluctuaciones climáticas y el cambio climático y global afectan a la sociedad, en especial en situaciones de sequía, que es cuando se resalta el papel de las aguas subterráneas. Sin embargo no hay aún un planes definidos para mitigar los posibles efectos futuros, principalmente la mayor variabilidad, en los que los usuarios y la sociedad en general hayan participado activamente.*

*El carácter del agua como bien común esencial a la existencia y bienestar humano y su papel fundamental en la ecología, además del carácter económico, introduce aspectos éticos y morales en su captación, uso, conservación de la cantidad y la calidad y consideración de las externalidades y la compensación de los efectos negativos. Los aspectos éticos y morales de la minería del agua subterránea no han sido abordados en detalle en cuanto a sus componentes ambientales, sociales y culturales.*

*Es una manifestación de que el hombre es un gigante en tecnología pero un enano en ética, con un predominio del cortoplacismo sobre la visión a largo plazo. Es algo que no se ha abordado abiertamente en el Levante español y Canarias, ni tampoco en lo que respecta a la propuesta de soluciones alternativas a la explotación intensiva y minería del agua subterránea.*

*En el Levante español hay ya ejemplos de transacciones de agua –aún poco evaluadas en sus aspectos sociales y éticos– además de un poco conocido comercio de agua que continúa en el dominio privado. En Gran Canaria y Tenerife este comercio es generalizado, en situaciones que se aproximan a las de mercados libres, cuya valoración social y ética está por realizar. Actualmente sufren y pueden sufrir cambios importantes por la oferta pública de agua, lo que tiene sus aspectos positivos y negativos, pero no adecuadamente evaluados, además de retraer las inversiones privadas en un momento en que las inversiones públicas están en un momento bajo. No obstante, es manifiesto en el Levante español y Canarias que el comercio del agua no protege al medio ambiente y sus servicios a menos de una intervención pública con el apoyo de la sociedad civil.*

## Contenido

- VII.1** Consideraciones generales
- VII.2** Implicaciones administrativas y de política del agua
- VII.3** Aspectos sociales
- VII.4** Eficiencia en el uso y ahorro de agua subterránea
- VII.5** Implicaciones ambientales
- VII.6** Sociedad civil y transparencia
- VII.7** Gobernanza
- VII.8** Variabilidad climática, sequías y cambio climático y global
- VII.9** Consideraciones éticas y morales
- VII.10** Aspectos sociales del agua en relación con la minería del agua subterránea en el Levante español y en Canarias
- VII.11** Agradecimientos
- VII.12** Referencias

**Nota:** el contenido de este capítulo se basa en la documentación escrita y oral a la que se ha tenido acceso, sin una búsqueda bibliográfica profunda especializada y sin realizar estudios específicos adicionales. Las evaluaciones y valoraciones han de entenderse en ese contexto y explican ciertas inconsistencias al usar fuentes diversas y de diferentes momentos. Las actualizaciones sólo se han hecho cuando se ha dispuesto de datos suficientes y confiables. El contenido puede tener en ocasiones problemas de interpretación de las fuentes o de no especialización y conocimiento específico del que lo ha escrito, aunque el contenido trata de mostrar el mejor conocimiento actual.

### VII.1 Consideraciones generales

Los aspectos sociales de la gobernanza, que incluyen los de la gobernanza de agua y en particular del agua subterránea como una parte de los recursos de agua, se enmarcan en la actual dificultad para hacer previsiones debido a la aceleración del tiempo histórico, lo que obliga a tratar de gestionar el cambio y modificar su sentido de avance en función de las señales que se recogen, en vez de tratar de detenerlo (Montes, 2014, com. personal).

La escasez física de agua no es un concepto absoluto, sino relativo a la demanda real o potencial de agua de un lugar. En general hace referencia a la cantidad de agua y al momento en que se necesita, pero los aspectos de cantidad son también importantes y lo serán cada vez más en cuanto al abastecimiento, tanto por cuestiones de salinidad y composición iónica como por la presencia de componentes nocivos o inconvenientes (exceso de flúor, arsénico y contaminantes diversos, incluidos los emergentes) o en cuanto al regadío (salinidad, exceso de sodio, en algunos casos exceso de boro). Según Jarvis (2013), además de escasez física de agua, existe escasez económica, política e institucional. La escasez es algo local, no regional, y con frecuen-

cia no permanente, aún considerando la parte asociada al clima. En general, los principales inductores de problemas de agua que se asocian con la escasez son:

- falta de esfuerzos para tratar de solucionar la pobreza
- inversiones limitadas en el sector del agua
- inadecuada gobernanza
- poca capacidad institucional

No hay guerras del agua en sentido militar, pero sí que puede haber serios conflictos entre áreas vecinas y trans-regionales y transfronterizas, en especial las dos primeras (Burke y Moench, 2000), a los que se les puede dar poca atención al tener poca repercusión gubernamental y mediática de gran alcance, pero que pueden afectar seriamente a la gobernanza del agua, en particular en cuanto a explotación intensiva y minera de las aguas subterráneas. Esto puede llevar a batallas judiciales en torno a conceptos que no suelen estar definidos o que lo están pobremente, tales como derechos históricos y adquiridos, uso razonable y equitativo, excepciones y buen uso, además de empecinamientos en no pocas ocasiones. Estos conflictos suelen ser largos, de difícil solución y fuentes de malestar que los medios de comunicación y los políticos oportunistas explotan frecuentemente con otros objetivos. Estos conflictos puede estar a veces fomentados por grupos políticos para favorecer su acción (Zetland, 2014), lo que rara vez guarda relación directa con el agua y aún menos con el agua subterránea. Sin embargo, la experiencia muestra que el agua puede y suele ser un incentivo para la cohesión (Llamas, 1999).

Los conflictos sociales entre vecinos, entre municipios y entre comarcas son frecuentes en el Levante español y en Canarias. En el Levante español se extienden más allá de las cuencas naturales debido a la compartición de acuíferos o la existencia o posibilidad de transporte de agua (transvase) a través de límites naturales, administrativos o políticos. Pero también favorecen acciones conjuntas que de otro modo no se abordarían. En Canarias los conflictos son entre áreas diversas de cada isla, en general entre los que tienen recursos de agua y pequeño uso de los mismos y las de gran demanda y más ricas.

La explotación intensiva de agua subterránea tiene efectos económicos con repercusiones en la política del agua, los que se han venido planteando desde hace varias décadas en los territorios semiáridos norteamericanos (Young, 1993), de donde parten mucha de las experiencias y enseñanzas de las que se dispone. En estos casos y en muchos otros en diversos países, la existencia de minería del agua subterránea suele ir ligada a la escasez de recursos de agua, aunque no necesariamente. No es raro un uso oportunista y especulativo del agua, buscando las mayores ganancias privadas en cierto momento y coyuntura, con frecuencia en detrimento del interés común y del medio ambiente.

En situaciones de escasez de agua es frecuente la búsqueda de ahorros en el uso del agua, en especial si hay adecuada información ciudadana además de incentivos públicos para hacerlo y además se aprecian beneficios privados. Las mayores posibilidades de ahorro de cantidad total de agua corresponden a la agricultura de regadío, a nivel estatal, regional y local. Sin embargo, la realidad del ahorro es un concepto complejo económica y socialmente y que puede producir efectos contrarios a los buscados, como se comenta en el Apartado VII.4.

## VII.2 Implicaciones administrativas y de política del agua

En áreas áridas y semiáridas es frecuente tratar de controlar la escasez de agua otorgando derechos de agua por las instituciones que lo pueden hacer según la legislación, pero puede llevar a notables conflictos judiciales, en especial cuando hay derechos adquiridos e históricos –reales o asumidos– y las concesiones no se han ajustado a un buen conocimiento de los recursos de agua –del acuífero en el caso de las aguas subterráneas– sino a criterios de otra índole, si es que los ha habido, como ha sucedido y sucede con cierta frecuencia en España. La concesión es una de las formas de acceso a la utilización reglada de un bien público o comunal. Desde un punto de vista práctico, si bien la concesión puede ser un modo administrativamente deseable de adquirir derechos, en la realidad es un instrumento rígido y poco adecuado a una realidad cambiante, salvo condicionantes que es difícil que sean claros y no den origen a litigios. Por otro lado, en muchas ocasiones se tiende a asignar en exceso y es una actuación proteccionista, además de no tener fácil coexistencia con la propiedad privada [EEJ]. Por otro lado, en la adquisición de derechos de agua, que normalmente hacen referencia a la cantidad de agua, no se suele considerar pagar por la posibilidad de captación y por la extracción de un recurso natural que conlleva externalidades negativas, como las alteraciones hidráulicas e hidromorfológicas y el deterioro del medio ambiente (FNCA, 2014) que se derivan de la explotación de los acuíferos. Tampoco se tiene en cuenta la aplicación del principio de quien contamina paga, considerando no sólo la contaminación directa producida sino también la contaminación difusa, que es importante en la agricultura. Estos aspectos no se suelen tener en cuenta en las concesiones y son importantes para la gestión de las aguas subterráneas, así como las consideraciones referentes a la calidad del agua subterránea, que cada vez tienen más peso en la gobernanza del agua [Custodio, 2013].

El sistema concesional de derechos de agua común en España es excesivamente rígido y en general no permite resolver de forma eficaz y efectiva la escasez de agua. En general dominan las decisiones de arriba abajo, además de que no se respeta adecuadamente el principio de subsidiaridad y posiblemente tampoco otros de los principios

de buena gestión que se comentan en el Apartado VI.3.2 del Capítulo VI. Por esa razón, el sistema concesional es objeto de profundas discusiones. Según Arrojo (2013), el sistema concesional es una privatización efectiva del valor añadido del uso del agua. Sin embargo, no hay una clara alternativa que evite los defectos del sistema concesional sin agravar otros.

La flexibilidad en la actuación institucional de los entes que gestionan el agua, dentro de unos límites reglados, ayuda a reducir la escasez de agua. A ello ayuda mucho la integración de los acuíferos en los sistemas de recursos de agua, así como la gestión colectiva en el caso de uso intensivo de acuíferos, en especial cuando hay consumo continuado de reservas, como se comenta en el Apartado VI.4.2 del Capítulo VI.

El concepto de interés general, ampliamente aplicado en España para realizar obras e inversiones públicas, en el caso del agua suele encubrir muchas veces subvenciones a fondo perdido que pueden llevar a incrementar la oferta de agua y la problemática que se deriva y con ello las expectativas de lograr nuevas subvenciones. La sustitución del clásico análisis coste–beneficio por el de coste–eficacia (Arrojo, 2013) se apunta como un camino de revisión, de modo que el énfasis pase de la rentabilidad económica a la sustentabilidad bajo una óptica ambiental. El análisis coste-eficacia en una variante del análisis coste-beneficio cuando se carece de precios para valorar el conjunto de objetivos pero se tienen precios para evaluar el coste que comporta realizar esos objetivos; el mejor programa es aquel que permite alcanzar el objetivo con menor coste y, a igualdad de coste, el que permite maximizar el objetivo. La definición de sustentabilidad (sostenibilidad) es difícil y admite interpretaciones controvertidas (Llamas et al. 2007), además de ser difícilmente expresable en términos económicos.

La buena gestión y la política general del agua tiende a reducir y en lo posible a eliminar los riesgos de su escasez o falta, en cantidad y en calidad, aunque la calidad no siempre ha sido prioritaria en el pasado, pero lo será en el futuro. Sin embargo, la eliminación de todos los riesgos de falta de agua conllevaría unas necesidades de inversión desproporcionadas, lo que hace que esta meta sea técnica y económicamente inviable y sea necesario admitir un cierto riesgo de fallo, modulado por las pérdidas humanas, económicas y sociales asociadas y dentro de la capacidad tecnológica y económica de la sociedad a la que afectaría. Con el adecuado manejo de los acuíferos, dentro de una gestión integrada, es posible incrementar grandemente la seguridad de disponibilidad de agua en cantidad y calidad, con costes económicos, sociales y ambientales aceptables.

En muchas ocasiones, la gestión pública del agua conlleva subvenciones explícitas y encubiertas. Sucede habitualmente cuando se trata de agua para ser usada en la agricultura. Sin embargo, la explotación del agua por los

particulares –es el caso más frecuente para las aguas subterráneas– no suele recibir subvenciones o estas están incluidas en un contexto más amplio, como la subvención a la energía que existe en Canarias, que se paga por todos los españoles. Las subvenciones son socialmente buenas cuando se dirigen a promover acciones convenientes o a paliar situaciones difíciles, a condición de que sean claras, bien especificadas y sobre todo por un tiempo limitado no prorrogable y con un estricto control de la buena y eficaz aplicación de acuerdo con objetivos bien especificados. De otro modo aparecen y se consolidan efectos perversos (Myers y Kart, 1998).

### VII.3 Aspectos sociales

Como se expone en el Apartado V.1.2 del Capítulo V, el agua puede ser considerada de varias maneras (Booker et al., 2012; Kahil et al., 2014); a) como un bien privado, con exclusión y rivalidad en el consumo, b) como un bien comunal, sin exclusión pero con rivalidad en el consumo y c) como un bien público, sin exclusión ni rivalidad en el consumo. La búsqueda del bienestar social incluye aspectos económicos (privados) y ambientales (sociales). Hay que valorar los dos. La asignación del agua entre el regadío y medio ambiente es institucional y requiere cooperación. En las soluciones de mercado se ignoran las externalidades, lo que menoscaba los valores sociales.

El comercio del agua puede introducir cambios sociales importantes. Según Rigby et al. (2010), la práctica del comercio del agua lleva a que se realicen transferencias de agua y de la producción asociada, desde los productores menores a los medios y grandes y de los cultivos herbáceos (hortícolas) a la ganadería y fruticultura, como sucede en el Campo de Cartagena y en Granada. Desde una perspectiva más amplia, el comercio nacional e internacional de alimentos y productos entraña una transferencia de agua virtual (la que se ha necesitado para la producción del bien allí donde se ha producido) que puede ser una importante forma de ahorro de agua en el lugar de destino o en el que se realizan transformaciones (Chapagain et al. 2006), que es significativa cuando el agua es escasa.

El agua subterránea no sólo se usa para producir bienes físicos que tienen un valor económico, sino que es una fuente de empleo, que es importante en economías basadas en buena parte en la agricultura, tanto más cuanto menor es el nivel de desarrollo social, pero que también lo es en economías avanzadas ya que, además del empleo en la producción primaria, se debe considerar el notable empleo asociado a la manipulación, distribución, transporte, industrialización, comercialización y posible exportación.

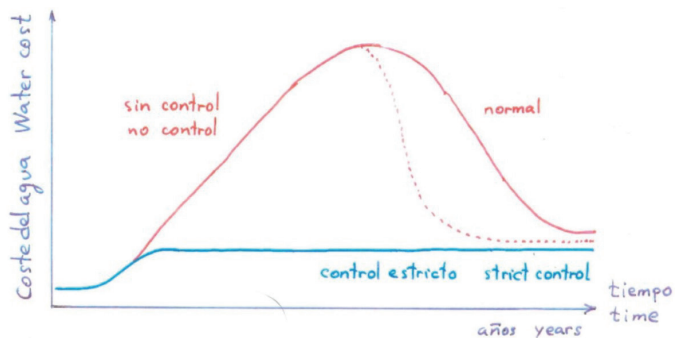
El desarrollo del agua subterránea implica la utilización de una fracción del almacenamiento, aun cuando la extracción sea menor que la recarga, como se expone en el Apartado II.2 del Capítulo II. Además, la recarga puede incrementarse con la explotación, debido a la modifi-

cación de las relaciones con otros cuerpos de agua y de las condiciones de evapotranspiración, aunque eso puede comportar externalidades negativas. Pero también puede ser razonable una explotación en que las extracciones superen a la recarga, con consumo continuado de reservas de agua subterránea, o sea minería del agua subterránea, si hay beneficios sociales netos a largo plazo, incluyendo las externalidades.

En la Figura VII.2.1 se muestra la evolución idealizada a lo largo del tiempo del caudal de extracción de un acuífero grande y de los costes asociados a la profundización de niveles del agua subterránea sin un control estricto de la explotación que limite la extracción a parte de la recarga (Custodio 1989; 2012). Con el control estricto se consigue mantener descensos pequeños con costes del agua subterránea extraída poco incrementados, pero la extracción la hacen los primeros en acceder al recurso o los que han recibido esos derechos de algún modo y en cantidad limitada, sin incentivo para un uso socialmente eficiente; se requieren reglas y actuaciones de control costosas y que deben ser eficaces. Sin control, el caudal de extracción crece continuamente si la demanda de agua también lo hace, con aumento progresivo de la profundidad del nivel del agua subterránea y por lo tanto de su coste de extracción, de modo que esto obliga a que se aplique en usos cada vez más eficientes y que puedan pagar mayores costes; de ese modo los usos marginales van desapareciendo (Harou y Lund, 2008) y al fin se llega a un valor similar al del control estricto, pero tardíamente y en general con agua más cara, pero con escaso gasto administrativo y de control. En el entorno del máximo de extracción se puede haber originado una crisis de agua, con eliminación de los más débiles económicamente y posiblemente con daños sociales importantes, la quiebra de actividades cuyas inversiones pueden no haberse amortizado y el inicio de un desempleo progresivo. Sin embargo, la realidad muestra que la evolución real de los acuíferos, en especial los de tamaño medio a grande, es lo suficientemente lenta como para que los reajustes sociales se puedan hacer sin grandes traumas –aunque no sin ciertos daños y tensiones–, a pesar de los temores populares, apoyados en los frecuentes augurios negativos y los malos presagios mediáticos que suelen coexistir.

La estricta observación de la evolución apoyaría el principio de Gisser–Sánchez que se comenta en el Apartado VI.4.1 del Capítulo VI, pero como también se comenta en el mismo, en las condiciones más realistas de acuíferos limitados, un determinado grado de control de la explotación lleva a mayores beneficios sociales que las dos situaciones extremas al aminorar los costes o de un estricto control o de parte de los daños de la readaptación y aún más si las aguas subterráneas forman parte de un sistema integrado de recursos de agua bien diseñado y operado. Sin embargo, esa situación intermedia no es fácil de diseñar, regular y controlar, y tiene un coste no despreciable que debe o debería ser financiado por los propios usuarios, pero con una administración separada, independiente y medios coercitivos y para reconducir

situaciones desviadas, abusivas o clandestinas, que sean adecuados y suficientes. La intervención política, frecuente y buscada, suele ser negativa y desestabilizadora, incluso creadora de conflictos para buscar réditos políticos a menos que haya un pacto político que hasta ahora se ha visto elusivo. Es entonces cuando la sociedad civil y las instituciones de justicia deben jugar su importante papel.



**Figura VII.3.1.** Evolución idealizada a lo largo del tiempo del caudal de extracción de un acuífero grande y de los costes asociados a la profundización de niveles del agua subterránea sin control de la explotación y con un control estricto que limite la extracción a parte de la recarga.

Los aspectos antes comentados van ligados al uso sustentable (sostenible) del agua como recurso (Llamas, 2003; 2006; Llamas et al., 2009), si bien esta designación contiene imprecisiones en su definición, como todo vocablo cuyo uso se generaliza y acaba aplicándose a múltiples cosas –acaba siendo multidimensional– (Llamas et al., 2007).

En la Figura VII.3.1 del Capítulo VI se muestra la evolución idealizada a lo largo del tiempo de la profundidad del nivel del agua subterránea de un acuífero grande sometido a consumo minero de sus reservas en función de las acciones de gestión que conllevan cambios de tipo social. En general, tras un periodo de inicio y establecimiento de la explotación, ante la percepción de efectos negativos, en general de carácter social, se realizan estudios para caracterizarla, que llevan a un plan de gestión que será tanto mejor cuanto más acertados y suficientes sean los estudios realizados.

Del plan de gestión se deduce una estrategia a seguir según los objetivos sociales que se adopten en el marco de la legislación, líneas políticas y presión pública y de los usuarios. En la realidad las decisiones pueden y suelen ser poco informadas, cortoplacistas y políticamente oportunistas, con lo que los resultados son inciertos y requieren correcciones en función de las observaciones. Estas observaciones son necesarias y han de tener el apoyo de la sociedad a través de sus representantes. Las correcciones deben implementarse paulatinamente para no originar daños por aplicaciones apresuradas.

En cualquier caso debe haber un control suficiente y eficaz, para lo que se requiere el apoyo, cooperación y corresponsabilidad de los usuarios y de la sociedad en general a través de sus instituciones.

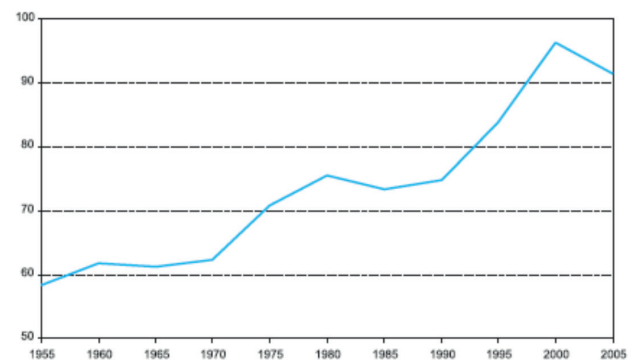
El uso minero del agua subterránea ha sido planeado en Arabia Saudí como una etapa de transformación de la población nómada en otra asentada y basada en la agricultura (Abderrahman, 2003), en un camino hacia una sociedad más tecnificada y generadora de mayor valor añadido. Esto es lo que en buena medida ha sucedido desde hace ya décadas en el Levante español (Capítulo III) y en Canarias (Capítulo IV), gracias al uso intensivo de las aguas subterráneas como motor del desarrollo en determinadas áreas, en parte por promoción oficial y en parte por la iniciativa privada, bien sea por impulso propio o inducido a través de proyectos oficiales demostrativos.

Sin embargo, socialmente ya se está o se debería estar en la etapa de evolución hacia una nueva fase de la evolución que supone un cambio de paradigma, en especial en la agricultura ya que es el mayor usuario de agua.

La agricultura española supone actualmente una pequeña parte del producto económico bruto nacional y en su lugar se ha desarrollado el sector de servicios, menos consumidor de agua, pero que debe ser capaz de absorber el empleo que la agricultura deja vacante por tecnificación, mecanización y orientación a cultivos intensivos en vez de extensivos, además de la reducción de la superficie cultivada.

El agua tiene una notable importancia económica en el Levante español (Martínez Fernández, 2001), pero la actual explotación intensiva de los acuíferos también supone problemas económicos notables (Aragón, 2005) que en general no se tienen en cuenta. El desarrollo económico conseguido es muy notable, como muestra la figura VII.3.3, correspondiente a Almería.

**Evolución del PIB per cápita de Almería sobre el de España entre 1955 y 2005 (en porcentaje)**



**Figura VII.3.3.** Evolución del porcentaje del producto interior bruto (PIB) por habitante relativo al de España en Almería entre 1955 y 2005, según [Berbel].

El Sindicato Central de Regantes del Transvase Tajo-Se-gura (SCRATS), que existe desde 1978 y maneja principal-mente agua superficial, indica que su actividad provee más 100.000 empleos agrícolas (114.000 según el PHS, 2013) y 320.000 empleos turísticos (PWC, 2013). La variación rela-tiva de la producción agrícola debida a la variación relativa del caudal abastecido se estima en  $-0,43$ .

En un estudio realizado en la cuenca del río Andarax, en Almería (Van Cauwenbergh et al. 2007) se deduce que entre las alternativas para tratar de solucionar la escasez de recursos de agua, las que se consideran mejores por la po-blación mayoritariamente agrícola son la mejora del riego, el ahorro de agua doméstica y la perforación de más pozos y las peores el aumento del precio del agua, la importa-ción de agua y la limitación de las construcciones urbanas (era el final de la época de la fiebre de la construcción) y los criterios más importantes para decidir eran que no se pudiesen cubrir las demandas domésticas y la calidad del agua y los menos importantes el precio del agua, el impacto ambiental, la eficiencia de riego y los aspectos so-cioeconómicos.

Algo similar a lo expuesto anteriormente para el Levante español ha sucedido en Canarias y concretamente en Gran Canaria y Tenerife. Los cambios son debidos a la variación de la producción y costes del agua de galerías y pozos y a la incorporación desde hace algunas décadas de la desali-nización de agua del mar y más recientemente de la desa-labración y regeneración de aguas usadas.

Esto está produciendo cambios sociales, a los que se suma la actual crisis económica. Algunas consecuencias que afectan a la demanda de agua y sus implicaciones socia-les se exponen a continuación, en parte siguiendo el PHTF (2013):

- La creciente demanda de agua y reducción de la con-tribución de las aguas subterráneas requiere incorpo-rar nuevos recursos procedentes de aguas regeneradas, desalinización de agua de mar y desalabración de aguas subterráneas salinas, con un incremento importante del consumo de energía, que implica un aumento del consumo de combustibles fósiles y mayores emisiones de  $\text{CO}_2$ . Como consecuencia, la dependencia energética del riego se ha incrementado en un 12% y se ha multiplicado por 3,3 en 15 años para el abastecimiento.
- El máximo de extracciones de agua subterránea se pro-dujo entre 1965 y 1975, coincidiendo con los mayores va-lores de retorno económico de los riegos. Desde entonces ha habido una disminución paulatina de las extracciones. En Tenerife es debido en parte a la dificultad para prolongar las galerías y al agotamiento de las posibilidades de captación de aguas subterráneas en algunas zonas, cuya disminución no se ha podido compensar con la explota-ción de pozos costeros. En Gran Canaria es debido en buena manera al coste creciente del bombeo en los pozos y también a la disponibilidad creciente de recursos de agua

alternativos, en parte subvencionados. No se ha producido ninguna declaración de sobreexplotación por parte de la Administración.

- Tendencia al empeoramiento de la calidad media de los recursos de agua subterránea disponibles, debido a proce-sos naturales y también antrópicos. Incluye el alto conte-nido salino natural de las aguas subterráneas de algunas áreas por causas climáticas, por efecto marino actual o remanente y por actividad volcánica reciente o remanen-te –aguas fuertemente bicarbonatadas sódicas en ciertas áreas de Tenerife pero también de Gran Canaria–, por ex-ceso de flúor de origen natural –muy acusado en ciertas áreas de Tenerife–, por intrusión marina en algunas áreas costeras con extracciones intensivas, por contaminación debida a la actividad agropecuaria, urbana e industrial, por infiltración de aguas de suministro de mala calidad en determinadas áreas y por aguas salinas y salmueras de desalabración.
- Reutilización dificultada por una elevada carga contami-nante y por alta salinidad permanente u ocasional del agua residual, por mala calidad original y por vaciado de pisci-nas de agua salada y aguas de drenajes costeros a la red de alcantarillado.
- Transformación de zonas de secano en áreas de cultivo intensivo, lo que genera una nueva demanda de recursos de agua, principalmente subterránea, y la modificación so-cioeconómica del medio rural.
- Multiplicación de la superficie de campos de golf por 2,7 en 20 años, lo que puede suponer el 80% de la demanda actual de agua en algunas áreas turísticas.
- Efectos negativos en la producción agraria por reducción de la capacidad de infiltración del suelo y propensión al encharcamiento, aumento de la escorrentía y erosión en las parcelas de cultivo debido a la aplicación de aguas sub-terráneas con niveles de sodio inadecuados para el riego, además de los efectos negativos en los propios cultivos por toxicidad iónica específica y las pérdidas de producción y de superficie agrícola útil.
- Tendencia a que las aguas de origen superficial y subte-rráneo se asignen generalmente para el riego de las zonas altas y de medianías para mantener su actividad humana.
- Abaratamiento artificial del agua marina desalinizada y de la regeneración de aguas usadas por subvenciones a la producción y por no considerar la amortización en el cál-culo de los costes.
- Fragilidad del cultivo de la platanera ante la competen-cia con otros usos del agua que pueden pagar mayores precios, de modo que para su subsistencia se debe seguir contando con ayudas y protecciones comunitarias, en es-pecial en Tenerife. También dura competencia exterior a la exportación de productos hortícolas, como tomate y pepi-no, que elimina a los pequeños productores.
- Escaso nivel de coordinación entre la planificación hidro-lógica y la planificación territorial y ambiental.



La evolución social, científica y tecnológica hace que lo que en un momento es lo apropiado no lo sea ya con el transcurso del tiempo y se requiera un cambio de paradigma (Llamas, 2006). El cambio de paradigma social en el uso del agua en agricultura requiere ideas nuevas y el desarrollo de las capacidades asociadas a su comercialización y distribución, sin abandonar la seguridad alimentaria de la población en un contexto realista de la situación actual del comercio internacional. En este contexto, la fruticultura seleccionada y los cultivos ornamentales pueden jugar un gran papel, así como la jardinería y creación de lugares de recreo (incluidos los campos de golf) de cara al turismo y asentamientos preferentes de personas de edad avanzada.

El paso de una sociedad rural familiar a otra de empleos agrícolas en unidades de relativo gran tamaño también supone un cambio social importante y una desestructuración del modo de vida tradicional autónomo a otro de empleo contratado.

## VII.4 Eficiencia en el uso y ahorro de agua subterránea

Siendo el agua y el agua subterránea un bien escaso en muchas áreas y en concreto en el Levante español y en Canarias, la primera reacción de conservación se orienta al ahorro y al uso racional del agua. No obstante, es una visión simplista dadas las múltiples implicaciones de servicio, seguridad, producción y consumo energético y las territoriales y ambientales.

En principio el agua deja de estar disponible para usos sucesivos y para el ambiente cuando se evapora –importante en el uso agrícola–, se saliniza por mezcla con agua marina –importante para los usos costeros– o por concentración, o se contamina más allá de la posibilidad económica de tratamiento. En el ámbito agrícola de regadío, el ahorro se busca mediante mejores prácticas de aplicación del agua. La vía preferida actualmente es la llamada modernización del riego, mediante tecnificación, entre cuyos objetivos se mencionan las mejoras ambientales por ahorro de agua, que supone ha de quedar disponible para el medio ambiente. La realidad es notablemente diferente.

El aumento de la eficiencia de uso del agua, y de otros recursos, en principio implicaría un menor uso y por lo tanto un ahorro, pero con frecuencia no es así por diversas razones que constituyen el llamado efecto de rebote o efecto Jervons (Dumont et al., 2013; Maxwell et al., 2011; Alcott, 2005; Gómez y Gutiérrez, 2011; López-Gunn et al., 2012a; Ward y Pulido Velázquez, 2008). Así, un aumento de la eficiencia supone una reducción de insumos por unidad de producto y consecuentemente menores costes de producción, los que se pueden traducir en menor precio. Esto favorece un mayor uso del producto (efecto directo microeconómico), lo que se puede traducir en mayor demanda

de insumos que se usan más eficientemente para producir un producto más barato, con lo que aumenta su demanda. También el abaratamiento del producto hace que el consumidor disponga de más capacidad para adquirir otros productos y servicios, lo que incrementa la demanda de insumos (efecto indirecto microeconómico). A nivel económico general (macroeconómico) se tiene un incremento de la productividad económica que a su vez incrementa el crecimiento y la competición.

Este efecto perverso puede hacer que no haya un ahorro real derivado de un aumento de la eficiencia, a menos que se conozca bien el conjunto de consecuencias y se adopten medidas correctoras. Éstas pueden consistir en una tasa que encarezca el producto obtenido, es decir, que grave más la actividad más eficiente, lo cual es de difícil comprensión por los no especialistas y por los que han invertido en eficiencia. Por otro lado, el agua no consumida no es necesariamente una pérdida sino que queda disponible para otros usos, de modo que la mayor eficiencia se convierte en una externalidad negativa para los usuarios de aguas abajo y para la recarga de los acuíferos (Pfeiffer y Lin, 2012). De hecho, hace tres décadas se propuso continuar con el regadío tradicional en el Baix Llobregat (Barcelona) para mantener de forma económica la recarga al acuífero que es una parte importante del sistema de abastecimiento y seguridad.

La eficiencia en el uso guarda cierta relación con la buena gestión y la cooperación y la gestión colectiva, pero tampoco es una relación simple (López-Gunn et al., 2013).

En España se ha hecho un gran esfuerzo para la modernización de regadíos desde hace casi dos décadas, pero se carece de información suficiente sobre los resultados y los ahorros alcanzados. Se ha hecho en un contexto en que el valor agregado de la agricultura disminuye pero las presiones continúan en aumento tanto en consumo de agua como de fertilizantes (FNCA, 2014).

Según el Plan Nacional de Regadíos, se han invertido alrededor de 5000 M€ de recursos económicos públicos, en parte para conseguir la adhesión de los regantes. Se evalúa el ahorro en torno al 30%, pero debería reducirse al 10% a 15% si se tiene en cuenta la disminución de los retornos de riego (FNCA, 2014).

No obstante, esa modernización no lleva necesariamente a un ahorro de agua sino a una consolidación y a veces extensión de regadíos, con un efecto de rebote consistente en menor y más salina recarga a los acuíferos locales y a los situados flujo abajo. Además se produce una mayor vulnerabilidad de los regadíos a la sequía al quedar poco margen para disminuir dotaciones de modo que no se produzcan daños importantes, con lo que la seguridad de disponibilidad disminuye y posiblemente en sequías se forzaría más la explotación intensiva y minera de otros acuíferos.

## VII.5 Implicaciones ambientales

El uso intensivo y la minería del agua subterránea tienen claras implicaciones ambientales al modificar el ciclo hidrológico y las relaciones entre sus componentes, como se explica en el Apartado II.3 del Capítulo II. Estas implicaciones ambientales suponen cambios, en general por disminución y menoscabo de la funcionalidad de los ecosistemas y de los servicios ecológicos que proporcionan (Custodio, 1999; 2001; Custodio y Cardoso da Silva, 2008). Todo ello forma parte de la sustentabilidad de la explotación de las aguas subterráneas (Alley et al., 1999). Estos cambios suelen aparecer lentamente, a lo largo de años, de modo que es difícil establecer de forma inmediata la relación causa-efecto. A veces se requieren estudios de detalle para los que se suele carecer de datos suficientes, son difíciles y costosos y pueden ser objeto de controversias y rechazo. Por ello no se suelen tener en cuenta y no se valoran, aun cuando pueden ser externalidades negativas importantes, cuyo coste es pagado por terceros o por la sociedad en general a través de la imposición general.

Las implicaciones ambientales y otras externalidades son el resultado de interacciones con el entorno. Para su tipificación, Jarvis (2014) considera que estas interacciones se hacen en tres ámbitos: el de los comunes, el de los hidrocomunes y en el de la herencia común, lo que se presenta gráficamente en la Figura VII.5.1.

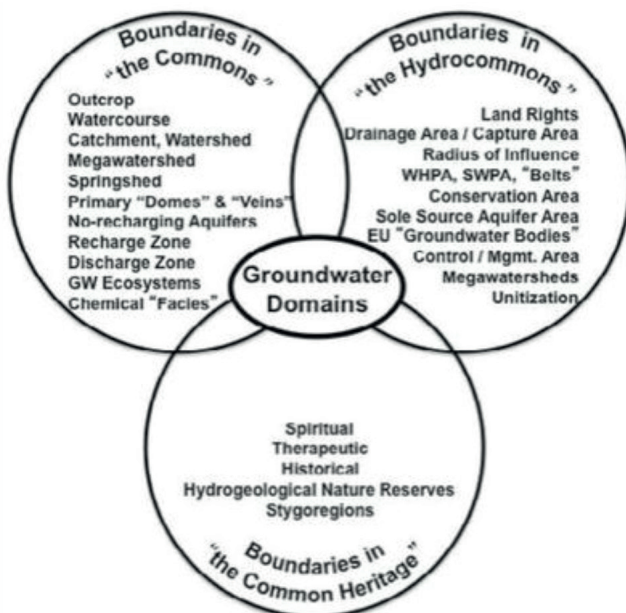


Figure 1. Topology of Groundwater and Aquifer Boundaries (from Jarvis, 2014).

Figura VII.5.1 Tipología de los contornos (límites) del agua subterránea y los acuíferos, según Jarvis (2014).

Los efectos más importantes se traducen en la merma o desaparición de manantiales y del caudal de base de ríos y de un mayor coste de extracción por aumento de la profundidad del nivel del agua subterránea, como se comenta en los Capítulos III y IV para las diferentes áreas consideradas en el Levante español y Canarias.

En el Levante español parece clara la disminución de los caudales fluviales, aunque no hay estudios de detalle al respecto. Este hecho no es necesariamente negativo pues a cambio se recibe una mayor garantía de disponibilidad de agua, aunque con un incremento de coste por la extracción de los pozos, pero que es posiblemente menor que el que se requeriría en buena parte de las obras de regulación alternativas. No parece haber estudios cuantitativos de detalle. Los impactos en manantiales y humedales en relación con el agua subterránea se comentan en el Apartado III.1 del Capítulo III.

En algunos casos son importantes, aunque en la Cuenca del Vinalopó estos manantiales y humedales eran poco relevantes naturalmente. Se alude a la creciente desertificación, como en el área de Lorca (Tobarra y Martínez Gallur, 1998), pero las causas van más allá de la explotación de las aguas subterráneas y se relacionan en gran medida con la propia actividad agrícola. No se han encontrado evaluaciones del posible impacto sobre el efecto de la disminución de la descarga al mar y en la costa en cuanto a la productividad costera.

En Gran Canaria, el principal impacto de la explotación de aguas subterráneas es la notable reducción del caudal de manantiales y la desaparición de muchos de ellos, como se expone en el Capítulo IV. El efecto en Tenerife es menos acusado por no haber existido ni grandes ni numerosos manantiales a causa de los materiales volcánicos más recientes y menos erosionados. La afección a humedales es pequeña por cuanto su número y extensión fue muy reducido.

Los principales cambios y reducciones se produjeron entre las décadas de 1940 y 1970, por lo que la población no es generalmente consciente de los mismos y supone que la situación actual es la natural, salvo algunos lugareños de edad avanzada.

Desde el primer tercio del siglo XX, la conflictividad entre los propios explotadores de galerías y pozos con los usuarios de manantiales ha sido muy notable, dando origen a legislación especial que se menciona en el Apartado VI.2.3 del Capítulo VI y a muchas actuaciones clandestinas y daños a terceros no reparados ni compensados. Pero esa situación ha amainado notablemente y la actual conflictividad asociada al agua tiene otros matices.

## VII.6 Sociedad civil y transparencia

La mayor parte de las decisiones y actuaciones de gestión del agua y del agua subterránea se llevan a cabo por la administración pública. Es su responsabilidad específica. Pero se suele hacer con poca o nula participación de los usuarios del agua. En el caso de las aguas subterráneas los usuarios suelen ser individuos o pequeñas agrupaciones (a pesar de los muchos "accionistas" de numerosas captaciones de aguas subterráneas en Canarias), sin voz, pero con posibilidad de actuaciones importantes si se adicionan sus fuerzas, pero con frecuencia de forma poco regulada. Esto es causa del frecuente escaso y sesgado control de los recursos de agua subterránea, de sus externalidades negativas no compensadas y de la pérdida de importantes oportunidades de utilización eficiente integrada en áreas áridas y semiáridas. La sociedad civil suele jugar un papel marginal, por inhibición y también por ignorancia, a menos que se produzcan situaciones extremas en las que se pueden producir acciones importantes de sus instituciones e incluso movilizaciones masivas, con amplio apoyo mediático. Sin embargo, se suele llegar tarde, cuando las decisiones ya se ha tomado y con costes elevados cuando hay que retrotraerlas. Por otro lado, la sociedad civil ha sufrido un proceso de pérdida de importancia, propiciado por las instituciones políticas.

La situación descrita a grandes rasgos, con excepciones, es la común en el Levante español y en Canarias. Las presiones originadas en la Cuenca del Segura influyeron notablemente en la Ley de Aguas de 1985, aunque se hizo a través de los propios funcionarios públicos. En Canarias la presión de la sociedad civil forzó la primera Ley de Aguas de Canarias de 1987, tuviese que cambiarse por la de 1990, como se comenta en Apartado VI.2.3 del Capítulo VI. En general hay una baja y poco influyente presencia de los usuarios de aguas subterráneas en los Organismos de Cuenca. Canarias es una excepción ya que los usuarios de aguas subterráneas son una parte importante de los Consejos Insulares de Agua, pero su papel es en general poco activo y prima la obtención de subvenciones y autorizaciones por parte de la administración sobre la protección activa de su propio patrimonio hídrico. Esto último es una postura generalizada en toda España, acentuada por la continuidad de los subsidios, que acaba por convertir al agricultor en un a modo de funcionario encubierto {ADV}.

Se han producido actuaciones de la sociedad civil en cuanto al transvase Júcar-Vinalopó; además de considerar alternativas por la administración local (DA, 2009) y realizarse estudios paralelos (Andreu et al., 2004), grupos de la sociedad civil han organizado a nivel local exposiciones mediante paneles sobre los problemas asociados (ACEV, 2013) y procesos de simulación en función del conocimiento de la población. La acción colectiva como elemento clave para la gobernanza y la gestión de los acuíferos intensamente explotados se desarrolla en el Apartado VI.4.2 del Capítulo VI.

La participación de la sociedad en la gestión del agua es un elemento importante y necesario y en particular lo es para el agua subterránea, a través de sus representantes reales, en los que se deposita la confianza del colectivo. En España hay una inercia institucional (Espluga et al., 2011). La participación colectiva y cooperativa es un elemento necesario para el adecuado tratamiento de las externalidades del uso intensivo del agua subterránea (Esteban y Dinar, 2012) y es requerido para el cumplimiento de los objetivos y disposiciones derivadas de la Directiva Marco del Agua europea (Hernández-Mora, 2008; Hernández-Mora y Ballester, 2010). La información derivada de esa participación y de las instituciones que la soportan son una de las fuentes de conocimiento para establecer modelaciones económico-sociales, como la realizada en la Cuenca del Segura (Molina et al., 2011).

Para que la participación social sea efectiva y con implicación en la gestión del agua subterránea, en especial en casos de uso intensivo y de minería del agua subterránea, se requiere transparencia en la gestión y como paso necesario para la buena gobernanza (Mitchell, 2011). Una primera evaluación de la transparencia en la administración del agua en España (Hernández-Mora y De Stephano, 2011) muestra una gran heterogeneidad de unas Demarcaciones Hidrográficas a otras.

La transparencia no sólo se refiere a tener la información accesible a la sociedad civil sino que esa información sea suficiente, actualizada con la frecuencia requerida, no sesgada, completa, bien estructurada y con un nivel de elaboración y agregación apropiado. Esto supone disponer de redes permanentes de información y observación de las variables que permitan evaluar la situación y además efectuar estudios paralelos. Los datos accesibles deben ser tanto los crudos como los elaborados. A este respecto, la experiencia obtenida, muy parcial y posiblemente sesgada, muestra una razonable transparencia en la Cuenca del Júcar y posiblemente también en la del Segura, aceptable en Tenerife y pobre en Las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y en Gran Canaria. La información que proporciona la Diputación de Alicante sobre los acuíferos y su estado es de buen nivel y accesible.

## VII.7 Gobernanza

No existe una gobernanza global y los actuales sistemas político-económicos (véase capitalismo, socialismo, democracia, oligocracia) no contribuyen a solucionar la gobernanza, a lo que además se opone el economicismo y el cortoplacismo (Montes, 2014, com. personal). Se reacciona ante las catástrofes pero no se actúa sobre sus causas y por lo tanto no se está en la línea de la prevención efectiva a menos que se modifique la estructura de la economía institucional. Actualmente, los grupos transnacionales tienen mayor influencia en la gobernanza que los gobiernos de las naciones. Para la gobernanza hay que integrar es-

calonadamente los diferentes niveles y considerar el principio de subsidiariedad, partiendo de que el núcleo de la gobernanza es la familia, que no es de carácter financiero. Para actuar a nivel local de forma correcta se requiere una visión local y luego ir ampliando progresivamente el ámbito para encontrar la adecuada perspectiva. Para afrontar problemas complejos lo más sabio es conseguir una visión general del conjunto, aunque sea grosera (Murray Gell-Mann, premio Nobel).

El concepto de gobernanza del agua es multifacético y se basa en unos principios que según Rijswick et al. (2014) se pueden agrupar en 10 bloques:

- 1.- Conocimiento del sistema de agua
- 2.- Valores, principios y elementos de política de gestión
- 3.- Involucración de los usuarios, en sentido amplio
- 4.- Negociaciones entre objetivos sociales
- 5.- Responsabilidad, autoridad y medios
- 6.- Regulaciones y acuerdos
- 7.- Arreglos financieros
- 8.- Ingeniería, observación y vigilancia
- 9.- Implantación
- 10.- Prevención y resolución de conflictos.

La gobernanza va estrechamente ligada a la posibilidad y capacidad de resolver conflictos. Las aguas subterráneas tienen sus especificidades (Jarvis, 2014) que requieren una consideración apropiada, entre ellas las de la lenta respuesta, efectos diferidos, impactos poco perceptibles durante un tiempo y en función de que se disponga de una red de observación apropiada y que sea correctamente interpretada.

Una de las muchas dimensiones de la gobernanza es la de crear procesos mediante los cuales la comunidad es capaz de inventar sus propias reglas, que son el contrato social que subyace y la conecta con las otras dimensiones. La diversidad y heterogeneidad son recursos esenciales ya que la consideración de la comunidad como algo de identidad monolítica lleva a un punto muerto social. La ciencia revela opciones y presenta y valora alternativas, pero no indica el camino a seguir, lo que es responsabilidad de los individuos y las sociedades e implica decisiones de carácter político.

La gobernanza del agua y del agua subterránea está siendo objeto de especial atención por parte de los organismos internacionales, en especial de FAO y UNESCO, con el soporte del GEF (United Nations Global Environmental Facility). En 2013, a través de la International Association of Hydrogeologists se han realizado una serie de informes específicos. Los aspectos económicos y sociales ya fueron objeto de un número especial del Journal of Hydrology (Llamas et al., 2006). Para la gobernanza de los recursos del agua, con las modificaciones necesarias para poner énfasis en las aguas subterráneas, según se deduce de lo contenido en el borrador en elaboración por el Grupo 3 consultivo de la OCDE con vistas al VII Foro Mundial del Agua de 2015 en

Korea, se requiere:

- + Un marco legislativo acorde con la política nacional que defina claramente las responsabilidades y competencias de las instituciones de gobierno.
- + Una evaluación detallada y un inventario al nivel apropiado del conjunto de recursos de agua, sus usuarios y las interacciones e impactos asociados al uso del agua.
- + Un proceso para desarrollar e implementar las acciones de gestión a largo plazo en que se tome en cuenta los diversos recursos de agua, usuarios e interacciones, las posibilidades de uso conjunto y alternativo para la gestión y los impactos mutuos y sobre el medio ambiente.
- + Organizaciones de cuenca y/o de acuífero o sistema acuífero que se basen en una decidida voluntad nacional, dotadas de cuerpos técnicos que dispongan de suficiente financiación, capacidad y autonomía.
- + Un sistema estable para financiar la gestión del agua a nivel de cuenca y/o de acuífero o sistema acuífero, fundamentado en principios básicos, tales como: el agua paga por el agua, el usuario paga y el que contamina paga
- + Un sistema eficiente de información sobre el agua y de observación y control del progreso de la gobernanza, a nivel de cuenca y/o acuífero o sistema acuífero.
- + Comités o comisiones de cuenca y/o acuífero o sistema acuífero en los que participen oficialmente los representantes de todos los usuarios en sentido lato, con suficiente capacidad y con procedimientos y elecciones transparentes y con medios efectivos para la coordinación entre instituciones y organizaciones a diferentes niveles.
- + Mecanismos confiables para observación, control e información y un sistema de comunicación a la sociedad civil.

En la Gobernanza es importante saber y tener bien claro quién es el que debe rendir cuentas y a quién se deben rendir esas cuentas. Para evaluar su eficacia debe disponerse de indicadores adecuados y que sean diversos para evitar sesgos e interpretaciones parciales. Estos indicadores hacen referencia tanto a las actuaciones como a las soluciones. Un aspecto importante es el de no esconder los problemas y cosas no logradas o disimularlos frente a la opinión pública o política, sino explicitarlos con transparencia para así poder planificar y encontrar medios para su solución, con la colaboración y apoyos de todos los involucrados. Esto supone cuidar e incrementar la comunicación.

La gobernanza del agua subterránea tiene sus propias dimensiones (Wijnen et al., 2012). Aunque la cuenca hidrográfica es con frecuencia un marco adecuado, no lo es necesariamente siempre, como se comenta en el Apartado VI.3.2 del Capítulo VI, ya que este marco puede ser el acuífero o sistema acuífero (Gleick et al., 2011).

La PAC (Política Agraria Comunitaria) y sus las nuevas orientaciones para el periodo 2014–2020 influye en la relación agua-agricultura en la Unión Europea. En un análisis del Tribunal Europeo de Auditores se ha concluido que la PAC, en sus varias versiones, ha tenido un éxito solo

parcial en la integración de los objetivos de la política de aguas europea (ECA, 2014).

## VII.8 Variabilidad climática, sequías y cambio climático y global

Las condiciones climáticas son cambiantes de un año a otro, con fluctuaciones que determinan periodos secos y periodos húmedos que se repiten con cierta periodicidad, aunque con realizaciones muy irregulares. Hay ciclos del orden de 10 o 11 años y otros más largos, que aparecen en las series hidrométricas suficientemente largas. Esto forma la llamada variabilidad climática, con impactos sociales y económicos importantes. Los más significativos bajo el punto de vista de este informe son las sequías.

En áreas áridas y semiáridas, como las del Levante español y Canarias, las sequías son un fenómeno natural recurrente que tiene que ser gestionado (Estrela y Vargas, 2012). Las sequías importantes duran varios años, con fluctuaciones a lo largo de las mismas, incluso con algún año húmedo intercalado. Estas sequías son bien conocidas y documentadas desde hace siglos y han sido la causa de notables impactos sociales y grandes emigraciones. Suponen pérdidas económicas y trastornos sociales importantes a nivel general y por esta razón son causa de gran preocupación política, hasta el punto de que se llegan a adoptar medidas poco meditadas, a destiempo, a veces muy costosas y frecuentemente poco eficaces, de las que hay lamentables ejemplos recientes. Sin embargo, las sequías se olvidan pronto en épocas de bonanza ante la presión de otros problemas, de modo que las medidas paliativas tienden a olvidarse a menos que sean presionadas por la sociedad civil y estén claramente especificadas y dotadas en la planificación hidrológica.

La construcción de embalses de superficie y las interconexiones ayudan a la mitigación de las sequías, así como la disponibilidad de agua desalinizada en las áreas costeras. Pero la mayor, más eficaz y más económica mitigación es la que se deriva del uso apropiado de la gran reserva de agua subterránea en los acuíferos. De hecho, es lo que hace que los abastecimientos urbanos que disponen de acuíferos sean menos sensibles a la sequía y que la agricultura con aguas subterráneas pueda continuar su actividad durante la sequía, incluso con aumento de beneficios. Los pozos de sequía han jugado un importante papel en el Levante español (Turrión-Peláez et al., 2011; ver el Apartado III.3.1 del Capítulo III) y su uso racionalizado es uno de los elementos considerados para controlar la mayor variabilidad futura a causa del cambio climático (Senent-Alonso et al., 2013) y se puede analizar económicamente, como se ha hecho para la Cuenca del Segura (Kahil et al., 2013). En Canarias, a causa del gran peso que tiene el agua subterránea en el conjunto de recursos de agua, la sequía es sólo moderadamente sentida a nivel general aunque tiene repercusión por el aumento de la demanda de agua subterránea para la

agricultura que en parte depende de la precipitación.

Las políticas institucionales y de mercado del agua son buenos instrumentos para suavizar los costes económicos y sociales de las sequías, cada uno con capacidad de conseguir similares beneficios sociales, mientras que las políticas consistentes en incrementar el precio del agua son las peores en cuanto a beneficios tanto privados como sociales para el área que se considera (Kahil et al., 2014).

Para disponer del agua subterránea como un seguro ante la sequía, es necesario utilizar y operar los acuíferos adecuadamente, lo que no ha sido y aún no es una práctica establecida, de la que la administración del agua se ha inhibido en las décadas anteriores y que aun actualmente no aborda suficientemente a nivel general, aunque está instrumentada en el Levante español. Una gestión eficaz requiere la intervención conjunta de la administración, los usuarios y la sociedad civil en general, además de actuaciones técnicas específicas que ayuden a recuperar el almacenamiento de agua en los acuíferos en los periodos entre las sequías. La existencia de minería del agua subterránea no es incompatible con el papel de los acuíferos en las sequías a corto plazo, pero puede serlo a medio y largo plazo. Es algo que debe ser cuidadosamente estudiado en cada caso.

Mientras que las fluctuaciones climáticas se refieren a la escala temporal de décadas, la variabilidad climática hace referencia a una escala temporal mucho mayor, de siglos a milenios. El clima ha ido cambiando notablemente a lo largo de la historia geológica, como se muestra claramente en los sedimentos. Dado que la vida humana es inferior al siglo y que la información histórica instrumental o documentada es poco más larga, sólo los cambios climáticos más recientes tienen efectos sociales bien conocidos, como los de la *pequeña edad del hielo* que se produjo entre los siglos XVI e inicios del XIX, aunque los efectos en el Levante español y Canarias han sido presumiblemente moderados.

La bonanza climática actual se ve alterada por efectos antrópicos que afectan a toda la Tierra y que de acuerdo con la mayoría de los especialistas tienden a producir un calentamiento (Taylor et al, 2013), denominado cambio climático, que se superpone a la una evolución natural mal conocida en signo y magnitud. El efecto sobre la precipitación y la recarga es mucho menos conocida, aunque las previsiones más frecuentes en el Levante español y Canarias es a una disminución de la precipitación, pero con mayores fluctuaciones, o sea posibles más persistentes sequías. Eso hace aún más incierta la afección a la relación demanda/disponibilidad de agua y a la recarga a los acuíferos, en especial en el área mediterránea (Boithias et al., 2014). Mayor precipitación anual y media anual no necesariamente significa mayor recarga anual y recarga media anual, y viceversa, ya que las intensidades puntuales y la distribución tienen gran peso en un proceso altamente no lineal (Green et al.

2011; Taylor et al., 2013).

En el Plan Hidrológico de Tenerife (PHTF, 2013) se expone que la temperatura media insular ha aumentado a la tasa de 0,02 °C/a, la precipitación a -2,5 mm/a (-5 hm<sup>3</sup>/a) a pesar de una tendencia temporal al crecimiento, la evapotranspiración potencial a 1,6 mm/a, la evapotranspiración real a -0,3 mm/a y la recarga a -1,9 mm/a (-4 hm<sup>3</sup>/a) con una tendencia temporal al crecimiento. Se indica que en los últimos años se vienen observando temporales muy localizados con lluvias intensas de corta duración, con mayor frecuencia, acompañados de lo que parece un incremento de arrastres sólidos, pero las consecuencias no parecen analizadas.

El llamado cambio global es el que considera los efectos de las actividades humanas directas en el clima, como los cambios territoriales por urbanización, agricultura, estado de forestación y contaminación, por una población cada vez más numerosa, más longeva y con mayor nivel de vida, con lo que el consumo de alimentos, energía y bienes es cada vez mayor y por ahora con escaso grado de reciclado. El cambio global supone una mayor presión sobre los recursos de agua, y por tanto también sobre los subterráneos, en competencia con el agua que necesitan los ecosistemas para su funcionamiento y los servicios que proporcionan al ser humano. Esta presión puede ser importante localmente en cuanto a cantidad, aunque a nivel general no hay escasez, pero lo es más, o lo será, en cuanto a la calidad. Eso supone reconsiderar su uso para que sea eficiente en términos globales, así como las actividades económicas y el uso apropiado del almacenamiento subterráneo dentro de una gestión integrada de los recursos de agua que internalice la variabilidad climática.


El agua subterránea es una de los grandes e importantes medios para la mitigación de los efectos del cambio climático y global a través de la inercia que proporcionan sus grandes reservas, a condición de una gestión apropiada y adecuadas formas de gobernanza, que incluyen una legislación efectiva que lo tenga en cuenta. También las transacciones y mercados del agua pueden colaborar a la mitigación (Adler, 2008; Zetland, 2014), pero se requiere que se garantice el suficiente funcionamiento de los ecosistemas.

En la planificación hidrológica española aún no se da el debido peso a los valores ecológicos al proponer soluciones a la disponibilidad de agua. Se da preferencia a los transvases de agua y desalinización sobre una adecuada gestión de las aguas subterráneas, con soluciones de tendencia estructuralista que con frecuencia tienen o esconden subvenciones a cargo de los presupuestos generales y que suelen tener efectos perversos. Se ha creado un cierto sentimiento popular e institucional al derecho a la subvención, con actividades dirigidas a lograrlas. Para tratar de reconducir esta situación y además evitar que el agua se use como arma política, se ha propuesto un pacto del agua estatal, que se argumenta en Aldaya et al. (2012), Cabezas

et al. (2008) y Garrido y Custodio (2012) y que ha estado en el programa político del partido que gobierna actualmente, pero parece que evita llevarlo a cabo.

## VII.9 Consideraciones éticas y morales

La ética considera el comportamiento humano en relación con las normas de buena convivencia y respeto mutuo que tiene establecida la sociedad. Se actúa éticamente cuando se respetan esas normas, las que pueden variar según las diferentes comunidades y a lo largo del tiempo, aunque hay unas pautas comunes estables sobre lo que se considera bueno y honesto. La moral va más allá al reconocer que el hombre es trascendente y debe respetar las leyes divinas, las que sirven de anclaje y son independientes de lo que es costumbre en la sociedad.

No existe un claro acuerdo sobre lo que es ético y con frecuencia el consenso se reduce a indicar lo que no es ético  proporcionar incentivos para que los individuos o los grupos se comporten éticamente (López-Gunn et al., 2012b) y que haya una integridad profesional y financiera. Un aspecto importante de la ética es la que hace referencia a la acción política.

Existe una ética del agua y una moral del agua, referidas a su aprovechamiento, utilización y conservación y a las relaciones con el ambiente. El medio ambiente no es un sujeto con derechos propios –estos corresponden sólo al ser humano– sino como un patrimonio de todos, al que todos los humanos tienen derecho en cuanto a que es ámbito vital y provee bienes necesarios a la vida y al bienestar. Por lo tanto debe conservarse y no consumirse y las alteraciones inevitables deben compensarse, así como compensar a los que sufren daño personal a causa de las posibles alteraciones. El medio ambiente no es algo estático y permanente sino que evoluciona a lo largo del tiempo por causas naturales, aunque esa evolución natural es normalmente lenta y con frecuencia poco perceptible a lo largo de una generación humana. Oponerse a ese cambio es difícil y costoso y puede requerir esfuerzos en detrimento de otras actuaciones también necesarias, de modo que también se tiene una componente ética.

La ética del agua está íntimamente ligada a aspectos económicos y sociales y a la tradición de las diferentes culturas. Esta tradición no es sólo un derecho de los llamados indígenas sino de todos. No ha de confundirse ética con buena gestión, con una saludable actuación económica o con logros sociales; va más allá. La ética del agua no es un manual con reglas y recomendaciones de actuación sino un conjunto de conceptos y principios que orientan e informan el comportamiento del hombre. La ética tiene aspectos teleológicos –los relacionados con la consecución de finalidades específicas, como las relacionadas con la ecología y el ambiente– y aspectos deontológicos en cuanto establece límites a los medios que se pueden emplear para lograr las finalidades. En cierto modo, la ética y la moral del agua

aportan una alternativa a la visión económica neoclásica y neoliberal y proporciona un marco para la toma de decisiones cuando surgen situaciones conflictivas en relación con el agua y los recursos de agua. Se incluyen aspectos utilitarios del agua, que tienen un carácter racional y analítico, y otros no utilitarios, que con frecuencia guardan relación con una espiritualidad y santidad atribuida al agua y algo misterioso y desconocido, de carácter no racional pero humano (Delli Priscoli y Llamas, 2011). La ética del agua y del agua subterránea está muy ligada a la justicia en su disponibilidad y acceso (Syme et al. 1999; Zwartveen y Boelens, 2014, SCD, 2014). A estos aspectos éticos se ha dedicado un esfuerzo especial de conocimiento y difusión a nivel mundial por parte de la UNESCO (Selborne, 2000; UNESCO, 2004), la revista *Water Policy* y la Fundación Marcelino Botín (Custodio, 1999; Llamas y Delli Priscoli, 2000; Llamas y Martínez-Santos, 2005). Nuevas iniciativas están en marcha, como el *Water Ethics Charter* que está siendo lanzado por la UNESCO. Otras consideraciones pueden encontrarse en Llamas (2001) y Custodio (2000; 2010).

La consideración ética del agua hace referencia a varios aspectos: ambientales, económicas, sociales y culturales, aunque no todos están al mismo nivel, de forma que hay prioridades, como que los derechos básicos van por delante de la eficiencia. Pero está por encima de ellos, como se ha dicho más arriba. Hay principios generales como: todo ser humano tiene derecho al agua y servicios sanitarios de tipo básico, el uso del agua paga por el agua, hay que recuperar los costes del servicio de agua, se prohíbe el deterioro de la cantidad y sobre todo de la calidad y el que contamina paga, siempre con las debidas matizaciones en función de las condiciones locales, de la sociedad a la que se hace referencia y de sus condicionantes sociales, culturales y ambientales, teniendo en cuenta la propiedad privada, la sociedad y la ecología. En la ejecución de proyectos y en la planificación, como base ética de la actuación, se requiere buscar los consentimientos previos, libres y bien informados de los posibles afectados, en un contexto amplio. Estos principios y derechos no sólo hacen referencia al momento actual sino a las futuras generaciones, lo que es especialmente importante en lo que se refiere al uso de las aguas subterráneas.

La ética del agua se apoya en la aplicación racional del principio de precaución bajo la forma de comportamiento humilde, en el valor intrínseco del agua y sus múltiples relaciones con otros ámbitos, en la responsabilidad humana, en la sustentabilidad de las actuaciones y en la suficiencia en cuanto a las implicaciones. El principio de subsidiaridad también contiene aspectos éticos. Por razones éticas se requiere transparencia en las actuaciones. El agua debe ser tratada como un bien común, de modo que su uso y acceso a la misma sea equitativo y con justicia. La ética del agua implica poner los medios para resolver su uso clandestino, sin tolerancia –la tolerancia puede llevar a un círculo vicioso (De Stefano y López-Gunn, 2012)–, luchar contra la corrupción –priva a otros de los recursos econó-

micos y humanos que se derivan para otros fines, además del delito que ello puede entrañar– limitar o eliminar la consideración del agua como un bien natural más y reconvertir la propiedad privada del agua para darle contenido social compartido.

El agua es un bien social en el ámbito de las necesidades básicas domésticas y de producción de alimentos de subsistencia del ser humano o en emergencias. Por ello debe proveerse por las autoridades, aunque el individuo, además del derecho a esa agua, tiene la obligación de contribuir en la medida de sus posibilidades personales y económicas a que el agua esté disponible y a su conservación. También el agua es un bien económico en lo que excede a las necesidades básicas. Pero cabe considerar que la producción de alimentos necesarios a la población queda entre los dos ámbitos y puede requerir apoyo, compatible con la posibilidad de obtener y asegurar esos alimentos mediante comercio. En estas consideraciones es importante dar la debida importancia a las aguas subterráneas y sus características para no cometer errores de bulto.

La minería del agua subterránea tiene puntos en común con la minería de sólidos y fluidos de modo que hay un límite tras el cual la actividad cesa y debe reconvertirse. Pero hay también diferencias esenciales que hacen que el tratamiento deba ser diferente. Se trata del carácter vital del agua para el hombre y para el medio ambiente, con la particularidad que pequeños cambios en el almacenamiento pueden tener serios impactos en las manifestaciones del agua subterránea en el exterior que son esenciales a los seres humanos y al medio ambiente y sus servicios. Además, de una reserva el agua subterránea es un recurso renovable con una tasa variable según las circunstancias, en buena parte en relación con la recarga natural o gestionada, la que a su vez depende de las condiciones climáticas actuales o las que pudieren existir para las futuras generaciones, lo que hace que en unos casos se acerque más a un recurso y en otros a una reserva. El tiempo de duración de la reserva bajo las condiciones presentes y futuras de explotación es también determinante para decidir sobre del interés económico y social dentro de los considerandos éticos y morales. De aquí que no se puedan aplicar consideraciones simplistas y de simple asimilación del agua subterránea a un recurso mineral más.

Los progresos científicos y tecnológicos han reconfigurado la economía mundial a una situación crecientemente urbana y conectada globalmente, pero que es cada vez más desigual, como ha sido tratado recientemente por la Academia Pontificia de Ciencias (WHS, 2014). El hombre se ha convertido en un gigante técnico, pero es un niño en ética, según el Cardenal Oscar Rodríguez Madariaga. La acción humana que no respeta a la naturaleza se convierte en un boomerang para los seres humanos, que origina desigualdades y una economía de exclusión, tal como recoge la Exhortación Apostólica *Evangelii Gaudium* de 2014, lo que se traduce en estructuras injustas que se han conver-

tido en obstáculos para una organización de la producción apropiada y sustentable, con una distribución justa de sus resultados (WSH, 2014). El consumismo y la búsqueda de mayores beneficios conduce a desequilibrios ambientales serios, que incluyen un exceso de consumo de materias primas no renovables –entre las que se puede incluir el agua subterránea sometida a minería o a degradación poco reversible de su calidad–, contaminación, extinción de especies vegetales y animales y a profundos desequilibrios sociales y económicos.

Esto va acompañado de crisis energéticas, especulación, perturbaciones de la salud tanto por hambre como por exceso de alimento y también por resistencia a los antibióticos. Así, cada vez se necesitan más numerosas y sofisticadas técnicas para domesticar al mundo y hacerlo más habitable. Las ideas y valores (a modo de software o soporte informático) de la humanidad han evolucionado mucho más despacio que las herramientas (hardware o soporte físico) disponible, tras siglos en que ha dominado la orientación a la optimización (maximización o minimización) del crecimiento y la productividad bajo puntos de vista predominantemente economicistas.

La relación de la humanidad con la naturaleza está marcada por un sinfín de consecuencias de las acciones que cada uno realiza, tanto con respecto a la presente generación como a las futuras. Las solas fuerzas de mercado, desprovistas de ética y acción colectiva, no pueden resolver las crisis de pobreza, exclusión y ambientales. La naturaleza requiere acción cooperativa y colectiva a todos los niveles. La producción de alimentos se puede hacer con mayor rendimiento en frutos y con menos desperdicio de terrenos y agua, más respetuosa con los campesinos e indígenas y menos contaminante. Las desigualdades, injusticias globales y corrupción socavan los valores éticos, la dignidad personal y los derechos del hombre (WSH, 2014). Una ecología humana saludable en valores éticos contribuye a conseguir una naturaleza sustentable y un ambiente equilibrado. La verdadera responsabilidad fiduciaria trasciende el cálculo estricto del beneficio sobre las inversiones, de modo que la calidad del curso de la vida humana resulta una combinación de conocimiento, fe, voluntad y estima.

Aunque los impactos socio-económicos de la minería del agua subterránea a largo plazo son en general difíciles de predecir con un mínimo de precisión, el agua nada o poco renovable (minería del agua subterránea) que se use actualmente no va a estar disponible para su uso futuro y por lo tanto implica aspectos éticos (Llamas, 1999; Llamas y Martínez-Santos, 2005), que están en relación con el uso de un bien natural agotable (Solow, 1974), aunque en este caso puede que no lo sea a muy largo plazo, pero sí para algunas generaciones humanas. Las soluciones a la escasez de agua en relación a la importación de agua virtual tiene también sus implicaciones éticas y morales en lo que respecta al justo pago por el valor del producto y de que éste se obtenga sin privar ni estresar a la sociedad que lo

produce y sin deteriorar más allá de lo razonable su patrimonio natural, incluido el medio ambiente.

Cabe considerar que lo que se ahorre actualmente para ser usado en el futuro puede producir beneficios a las generaciones futuras. Sin embargo, su evaluación es objeto de notables discrepancias en función de lo que se considere como valor de la tasa de descuento a aplicar, como se comenta en el Apartado V.5 del Capítulo V. Mientras una baja tasa de descuento da valor significativo actual a los beneficios futuros, una alta tasa de descuento hace que el futuro actualizado al presente tenga poco valor. Esa tasa de descuento no es la del dinero en el momento presente –que además es muy cambiante con el comportamiento errático de la economía– sino una decisión social sobre la que no hay acuerdo, ni posiblemente la habrá. De ahí que sea un problema con matices éticos.

La política está sujeta a principios no negociables, como la defensa de la vida humana, la protección de la familia natural tradicional, la educación de los hijos por los padres sin la introducción de ideologías por parte del Estado y el bien común por encima de los intereses personales y partidistas (Encíclica Caritas in Veritate, Benedicto XVI, 2012). Esto establece límites éticos a la acción política y hace que de ningún modo sea lícito usar al agua como instrumento de coacción y para obtener réditos políticos a toda costa.

## **VII.10 Aspectos sociales del agua en relación con la minería del agua subterránea en el Levante español y en Canarias**

Tanto en el Levante español como en Canarias, y concretamente en Gran Canaria y Tenerife, la explotación intensiva de las aguas subterráneas, según lo que se expone en los Capítulos III a VI, es una realidad que ha producido notables beneficios sociales y un importante cambio social, pero también con ciertos aspectos negativos.

Los cambios son relativamente recientes en el Levante español y parten principalmente de la década de 1960, con pleno desarrollo a partir de la de 1970. Por un lado se traducen en un servicio de abastecimiento razonable y seguro a una población rápidamente creciente y a un sector turístico en expansión, aunque con una posible crisis futura. Por otro lado, se ha potenciado un gran desarrollo agrícola, de frutales y huerta, con muy notable desarrollo de la agricultura de invernadero, competitiva en los mercados españoles y europeos, que ha transformado una sociedad socioeconómicamente pobre en otra cuya renta supera a la media nacional. Se trata de un ámbito complejo en el que hay áreas servidas casi exclusivamente con aguas superficiales con otras en que la fuente son aguas subterráneas, sin acceso a aguas superficiales y otras mixtas en que unos recursos se combinan con otros según cir-



cunstancias. A esos recursos se unen desde la década de 1990 el uso de agua regenerada para agricultura y del agua marina desalinizada para abastecimiento a población y en menor grado, pero significativo, a la agricultura. Lo que era un área de frecuente emigración, no sólo se ha estabilizado sino que ha atraído y acomodado población emigrada nacional y extranjera. La intervención pública ha sido y es muy importante en la gestión de los recursos de agua superficiales, mientras que en la social y privada ha sido limitada y escasa. La inversión privada ha sido importante para el desarrollo de las aguas subterráneas a nivel local y en buena parte es la que ha llevado a la actual situación de minería del agua subterránea.

En Gran Canaria y Tenerife, la explotación intensiva de las aguas subterráneas, predominantemente por privados, parte de las décadas de 1920 y 1930 para el cultivo en regadío del plátano, con una fuerte aceleración en la década de 1960 y una culminación en la de 1980. Ha estado orientada al regadío en un sistema de acceso al agua dominado por el mercado, como se detalla en el Apartado VI.5.3 del Capítulo 6, con mucho menos énfasis en el abastecimiento. El abastecimiento de la población, incluso de los grandes núcleos, a medida que los caudales de los manantiales (nacientes) mermaban, se hizo por adquisición de agua en un mercado dominado inicialmente por las transacciones agrícolas y poco a poco con mayor dominio del agua para abastecer a la población, en especial la de medianías, y para las importantes áreas turísticas. La introducción del cultivo del plátano en Canarias y su comercialización supuso en la primera mitad del siglo XX una profunda transformación de una sociedad pobre y emigratoria en otra más estable pero todavía desigual y con pobreza. Los cultivos de huerta mejoraron la situación a partir de las décadas de 1960 y 1970 y frenaron la emigración. El cultivo del plátano, que es dominante en Tenerife, tiene protección a la exportación a la Península. La agricultura de huerta en invernadero y umbráculo, principalmente tomate en Gran Canaria, tiene todavía potencial exportador, sin subvenciones, debido a su alta tecnificación, a pesar del elevado coste del agua, aunque muy recientemente parece perder competitividad. No obstante, el real cambio social es el debido al turismo, que proporciona cierta estabilidad de empleo ya que su actividad se extiende a todo el año, con moderadas fluctuaciones estacionales, a diferencia de otras áreas españolas.

La anterior tendencia a la emigración de los canarios se ha frenado y Canarias ha atraído y estabilizado población emigrada nacional y extranjera. La mayor parte del desarrollo de la explotación del agua subterránea ha sido de iniciativa privada y continua siéndolo, pero de forma rápidamente decreciente al crecer la intervención pública, en especial con la oferta de agua a precio controlado y que incluye y esconde subvenciones. Esto está siendo la causa de un importante cambio social en cuanto al interés e involucración en cuestiones de recursos de agua del sector privado y una notable pérdida de lo que se ha llamado cultura del agua. Las organizaciones de la sociedad civil giran principalmen-

te entorno a los mercados del agua, aunque con importancia decreciente. Los usuarios de agua no han desarrollado instituciones sociales específicas para influir en la gestión del agua subterránea, fuera de las que se relacionan con los mercados, ya que tiene una importante representación reglada en los Consejos de los Consejos Insulares de Agua, que son los responsables de la gestión hídrica.

Tanto en el Levante español como en Canarias, los descensos de niveles son lo suficientemente importantes como para afectar notablemente a coste del agua extraída por mayor elevación en los pozos y en el caso de Tenerife por el alto coste de las obras de mantenimiento de los caudales de las galerías mediante sucesivas prolongaciones. Esto también sucede en parte de los pozos, en especial en los pozos canarios de Gran Canaria, cuando para mantener la producción hay que reprofundizarlos o sustituirlos y reemplazar los dispositivos y maquinaria. No obstante, el coste es todavía asumible en muchos casos a pesar de las quejas de los usuarios y extractores.

Eso mantiene la explotación activa a pesar de la minería del agua subterránea, aunque con tendencia a disminuir por el creciente coste de la energía, que se ha visto que es un agente disuasorio más importante que las acciones administrativas adoptadas para reducir las extracciones de agua subterránea. Esto supone un progresivo cambio en la actitud local, en especial de los agricultores, para lograr un uso más eficiente del agua y con menores pérdidas, aunque puede tener efectos en la disponibilidad y la calidad del agua subterránea de terceros que dependen de la recarga adicional que producen de esas pérdidas. Un efecto colateral, socialmente importante, es la mayor disposición a unir esfuerzos para una acción colectiva, pero suele concentrarse en pedir más intervención pública para aportar agua de otros lugares (transporte de agua más lejana o transvasada si es posible) o de nueva producción (desalinizada o regenerada), forzando en lo posible a que sea a precios reducidos por subvención, para lo que se utiliza presión política.

Es en parte el caso del transvase Júcar-Vinalopó y de los transvases de agua a la Cuenca del Segura y en menor grado por el momento a Almería y sucede con la progresiva mayor implicación pública en la puesta a disposición de recursos de agua en Gran Canaria y Tenerife. Es un importante efecto social general, que repercute especialmente en la agricultura y que refuerza la ya generalizada cultura de la subvención como un fenómeno social que en vez de ir en retroceso va en aumento, a pesar de que se predica el principio de que el usuario del agua paga el agua, que se refleja en la legislación española y en las Directivas europeas como razonable recuperación total de costes.

Ni en el Levante español ni en Canarias se ha producido un agotamiento físico de las reservas de los acuíferos con explotación intensiva, ni en los que son objeto de minería del agua, salvo situaciones locales de escaso interés y resolu-

bles con aguas subterráneas del entorno. Tampoco parecen existir situaciones de agotamiento físico en un futuro próximo, aunque es algo que se viene anunciando desde hace un par de décadas para algunos acuíferos del Levante español. En algunos acuíferos todavía quedan reservas importantes. En otros se ha ido produciendo un descenso de la explotación –por coste o por deterioro de la calidad– de modo que se tiende a cierta estabilización, pues la recarga no es nula y aumenta cuando se trae agua de otros lugares a partir de fugas y excedentes, como en algunos de los acuíferos del Levante español. La situación en Gran Canaria y Tenerife presenta diferencias importantes por cuanto la recarga en medianías y cumbres es mayor que las extracciones, como se expone en el Capítulo IV. Realmente no hay minería del agua subterránea sino consumo dinámico de reservas. En Tenerife y en mucha menor medida en Gran Canaria, lo que se puede considerar minería del agua es realmente minería de espacio subterráneo útil por las galerías y esta es irrecuperable a efectos prácticos y económicos, y afecta al coste futuro de obtención del agua subterránea.

La pérdida de calidad del agua captada en diversos lugares y circunstancias es un aspecto importante de la explotación intensiva y minería de las aguas subterráneas en el Levante español, en gran Canaria y en Tenerife y posiblemente se agudizará más. Esto puede ser un límite importante a la tasa actual de consumo de reservas.

El uso intensivo y en su caso la minería del agua subterránea se ha hecho con impactos ambientales, aunque parte de ellos son ya antiguos y están fuera de la memoria social y en general son mal conocidos física, ecológica, económica y socialmente. Estos impactos ambientales han supuesto externalidades negativas que la sociedad y muchos individuos han tenido que soportar de diversas formas. No se han encontrado estudios que permitan evaluar los costes y beneficios sociales relacionados, pero presumiblemente hay beneficios netos, aunque pueden haber llevado a cambios en la distribución social y a una disminución de la autonomía individual por la de empleo dependiente y un desarraigo de la familia tradicional y desestructuración de las relaciones sociales.

La Ley de aguas y la Directiva Marco del Agua europea, no sólo establecen la prohibición de deterioro ambiental adicional sino que también obligan a una restauración que afecta a la cantidad y calidad del agua subterránea. En el Levante español cabe hacer matizaciones en cuanto a si la continuidad de las explotaciones de agua subterránea supone un deterioro ecológico adicional en todos los casos y si la estabilización y los esfuerzos de restauración no suponen o van a suponer un coste desproporcionado en las peculiares condiciones de esas áreas. El consumo de patrimonio natural para producir bienes, en cierto modo puede considerarse una situación económica y socialmente desleal con respecto a otras áreas españolas y europeas que no lo consumen, pero también se trata de algo

discutible y matizable, sobre lo que no se han encontrado estudios específicos. Las condiciones climáticas, de suelos y de ubicación del Levante español y de Canarias hacen que se trate de áreas excepcionalmente bien dotadas para el asentamiento de población, la utilización turística y la producción agrícola intensiva especializada, lo que es actualmente una realidad. Esto domina el contenido y evolución social más que el agua, que cada vez es menos determinante si el agua se puede tener o aportar en condiciones aceptables y además se puede conservar de forma razonable y aceptable una parte de la naturaleza y los ecosistemas. La condición es que se destine una parte suficiente de los beneficios obtenidos a compensar y corregir los daños y otros tipos de externalidades. Sin embargo, se trata de algo poco experimentado y que requiere aproximaciones sucesivas, que no parece haberse abordado aún en España. Lo realizado en otros países es sólo preliminar y responde a diferentes circunstancias. En todo caso, se requiere una legislación e instituciones de aplicación, control y corrección de los desvíos, para que la parte de los beneficios de compensación se destinen a esa finalidad, tanto los del momento de su obtención como los futuros y que en cierta manera se resuelva cómo y a quién se va a compensar por los daños que se derivan de acciones anteriores, hasta donde sea razonable.

El camino general seguido por la administración del agua ha sido diferente. En los planes hidrológicos no se reflejan las vías de solución razonadas y con etapas a cubrir a que obliga la legislación española y europea, prefiriéndose los intentos dóciles para tratar de cumplir con la letra y con el menor esfuerzo administrativo e intelectual, sin considerar sus derivaciones. Cuando conviene o viene forzado, las actuaciones se posponen a etapas posteriores, sin encaminar los estudios, observaciones, controles y medios que serán necesarios. Esto no sólo es debido al comportamiento de los puros funcionarios, sino en la visión cortoplacista y tendencia a complacer del estamento político, que tanto en el Levante español como en Canarias llegan a ser dominantes. La salida está en las instituciones de la sociedad civil, que en esas áreas están poco desarrolladas, poco potenciadas y administrativa y políticamente no bien vistas en general. No obstante, la Academia (Universidades y centros de investigación) empieza a jugar su relevante papel, aunque las numerosas Universidades del Levante español (Alacant, Elx, Murcia, Politécnica de Cartagena, Almería) y las de Las Palmas de Gran Canaria y La Laguna están aún infradotadas para abordar la compleja problemática del uso intensivo y minero de las aguas subterráneas, a pesar de que disponen de grupos propios y asociados de notable nivel en ciertos aspectos. Les falta coordinación en la actuación y una mayor implicación social. La situación reciente es la de empeoramiento a causa de la crisis económica, a pesar de las declaraciones públicas de las autoridades y políticos en sentido contrario, y la presión para que la Universidad sea más un lugar para impartir enseñanzas regladas –a modo de instituto de enseñanza– que centros con actividad compartida de investi-

gación y sociedad civil. De hecho, algunos grupos activos y eficaces acaban de deshacerse recientemente por falta de medios. Los Organismos Públicos de Investigación tienen poca actividad en estas cuestiones, salvo las unidades del IGME en Murcia y Almería, pero también carecen de medios suficientes.

Los principales aspectos éticos y morales de la explotación intensiva y minera del agua subterránea en el Levante español y Canarias se corresponden con lo expuesto en el apartado VII.9 y hacen referencia a la responsabilidad frente a daños a terceros e intergeneracionales, incluyendo los que corresponden al medio ambiente en relación al ser humano y los servicios que presta al mismo. Apenas se conocen estudios y trabajos que los aborden específicamente. En el caso del Levante español, donde tradicional y sistemáticamente se demanda la importación de agua externa, hay que considerar los aspectos éticos que comporta forzar esas soluciones sin abordar problemas de equidad en sus diversos aspectos. La mayor productividad agrícola del área y las mejores condiciones de acogida de población y turismo no son razón suficiente para intentar privar a otros de parte de los recursos asociados a su territorio sin una compensación justa y bien aplicada, en la actualidad y de cara al futuro. En estos casos, la petición de solidaridad en el agua carece de sentido si no va acompañada de contrapartidas, que es también solidaridad con el que tiene una naturaleza menos generosa que no le permite utilizar los recursos de agua con alta eficiencia económica, aunque la economía tampoco expresa el valor social. La solidaridad tiene sentido en situaciones de grave afección a los seres humanos pero no en aspectos económicos y de desarrollo social. En Canarias, por razones de la insularidad, no se plantea el problema de la importación de agua, salvo en situaciones de gran emergencia, pero sí se plantea el de la presión sobre la generación industrial de agua y obras hidráulicas de alto coste, que después van a tener una baja utilización y no mejoran de forma esencial la seguridad hídrica, de modo que los costes reales del agua producida son notablemente mayores que los de proyecto y que el precio de oferta de agua; la diferencia la paga la sociedad con la imposición local y general, detrayendo así recursos económicos que podrían ser empleados en otras actividades de mayor interés social.

No se conocen estudios específicos sobre las diferentes formas de corrupción en las áreas aquí consideradas, las que no son diferentes de las existentes en otras partes del país y de Europa, aunque pueden tener matices específicos en cada lugar. Al tener un ambiente más cerrado, insular, algunos de estos aspectos se intensifican en Canarias, en lo que se llama localmente caciquismo y amiguismo. La existencia de un amplio mercado del agua, aunque imperfecto, limita las corrupciones que frecuentemente están asociadas a las grandes obras, pero no las ligadas a la relación administrador-usuario. Esto puede cambiar en el futuro con la progresiva reducción del número de actores y la mayor intervención pública, si bien la realidad parece

mostrar una evolución en sentido contrario en algunos casos.

La dominante explotación de aguas subterráneas en Canarias y en buena parte del Levante español hace que las posibilidades de corrupción sean menores, en especial en cuanto a obras y explotaciones a cargo de comunidades. En Canarias se asocian grandes fortunas a los aguatenientes e intermediarios, lo que no siempre es cierto ni es necesariamente corrupción sino negociar bien, lo que es éticamente correcto siempre y cuando no se haga en condiciones de oligopolio o se fuerce el llegar al mismo. Sí que puede haber indicios de corrupción, más bien de oportunismo poco ético, en ciertas actuaciones de los rematadores (personas que dirigen una subasta), que son concededores de la isla, cuando hacen correr rumores, con frecuencia deformados o maquinados sobre el posible éxito o fracaso de una inversión en un pozo o galería para modificar el precio de subasta de acciones en la obra.

Un importante aspecto social asociado a la evolución de la explotación intensiva y minería del agua subterránea es el desplazamiento desde las áreas rurales a las de concentración de empleo dependiente y a las ciudades y zonas turísticas para atender a los servicios. Esto origina problemas de desestructuración familiar y social y familiar y de integración de desplazados desde otros lugares nacionales y del extranjero, con a veces situaciones de marginación, pero no son problemas distintos de los asociados a las otras causas de migración, como la pobreza, y en general son menos acusados. La diferencia principal es que esa problemática está asociada a la obtención de un beneficio por la explotación del agua, parte del cual debería destinarse a proveer soluciones sociales, escolares, de formación y de ámbito religioso. Esto es un importante aspecto ético.

Hay una importante diferencia entre la minería clásica y la minería del agua, en especial en las áreas consideradas. La minería clásica de un mineral o roca acaba con el agotamiento físico y económico, mientras que la del agua subterránea tiene una mayor prolongación temporal y hay alternativas de abastecimiento de agua. La situación de costes de explotación del agua subterránea o limitaciones administrativas y legales a dicha explotación o a la minería del agua subterránea no tiene por qué llevar el área a una parada, como en la minería clásica, sino que hay la posibilidad de cambios en la forma en que se utiliza el agua. Sin embargo, esto supone un cambio de paradigma al que la sociedad suele resistirse fuertemente, en especial en el medio rural, y también la administración pública. Requiere incentivos por parte del gobierno dentro de una planificación bien informada y elaborada y socialmente aceptada. Para este cambio de paradigma, la iniciativa privada juega un importante papel motor, como lo ha tenido en los cambios precedentes, pero requiere una buena regulación pero que se limite a las grandes líneas, sin coartar las iniciativas privadas e institucionales y que no sea inter-

vencionista. Esto es un difícil equilibrio, buscado pero raramente conseguido de forma satisfactoria debido a un conjunto de circunstancias tales como mala e insuficientemente información, imposición, falta de aceptación por la sociedad cuando queda al margen de las decisiones de actuación, prisas políticas, elementos y objetivos no realistas o no adecuados a la idiosincrasia de la sociedad, población no bien educada humana y técnicamente, insuficiente investigación y nivel de innovación y circunstancias económicas poco favorables.

Tanto el Levante español como Canarias tienen condiciones favorables a una agricultura intensiva de productos alimentarios y ornamentales destinados a la importación en el ámbito europeo y mundial, de turismo de larga temporada o anual y de acogida de la tercera edad en condiciones económicas adecuadas. La minería del agua subterránea posiblemente ha de jugar aún un papel importante en el cambio de paradigma, antes de dar paso a una situación sustentable, dentro de los cambios físicos y sociales que inevitablemente se van a producir.

A falta de datos más precisos, los recursos susceptibles de minería del agua subterránea que quedan son aún importantes ante una progresiva reducción en las extracciones, que en Canarias lleva además a la posibilidad de estabilización en un periodo de tiempo de pocas décadas, aunque con agua cara e inversiones importantes de mantenimiento de caudales, las que deben volver a la iniciativa privada si la administración pública no es capaz de hacerlo, como parece ser la situación en la actual crisis económica. Pero esto supone garantías de que esas inversiones van a poder tener la rentabilidad suficiente frente a otras alternativas de inversión. Aunque no se han encontrado estudios de detalle, salvo los realizados en la Cuenca del Segura (Molina et al, 2011), un rechazo rápido y forzado de la actual situación de explotación intensiva posiblemente puede tener consecuencias negativas, sin claras consecuencias positivas. Eso requiere un esfuerzo apropiado y bien documentado, con apoyo de buenas y suficientes observaciones para argumentar adecuadamente la forma de explotación, su excepcionalidad, los posibles daños desproporcionados en caso de actuaciones forzadas y la conveniencia social.

La evolución de los estudios, observaciones y controles en la última década va en sentido contrario a lo que se requiere, con un mayor retroceso durante la actual crisis económica al poner el énfasis en otros objetivos, con una sociedad no consciente de lo que supone esa pérdida para el presente y para el futuro. De hecho, algunos planes hidrológicos se están elaborando con datos procedentes de estudios de la década de 1970, escasamente actualizados, desfasados y sin intención expresa de enmendar la situación.

## VII.11 Agradecimientos

Han sido muy importantes las aportaciones que se derivan de los cuestionarios y resúmenes de entrevistas que se relacionan al inicio del Apartado III.8 de Referencias, así como las observaciones, correcciones y comentarios al borrador de este capítulo contribuidas por M<sup>a</sup> Dolores de Miguel.

## VII.12 Referencias

Los datos e informaciones que proceden de los cuestionarios del Proyecto MASE y documentación aportada, del Anejo 1, y de los resúmenes de las entrevistas, del Anejo 2, se refieren con las siglas del autor entre corchetes rectos [ ] para los primeros y entre corchetes curvos { } para los segundos, con la clave a continuación:

{ADV} Alberto del Villar, Universidad de Alcalá de Henares [EEJ], Equipo de Expertos del Júcar (Montes) Carlos Montes, Universidad Autónoma de Madrid

Abderrahman, W.A. (2003). *Should intensive use of non-renewable groundwater resources always be rejected?*. In: M.R. Llamas & E. Custodio (eds.), Intensive Use of Groundwater. Challenges and Opportunities. Balkema Publishers. Lisse, The Netherlands: 191–206.

ACEV (2013). *Paneles didácticos*. Asociación Ciudadana Encuentros del Vinalopó (<http://encuentrovinalopo.blogspot.com.es/>).

Adler, J.H. (2008). *Water marketing as an adaptive response to the threat of climate change*. Case Western Reserve University, School of Law. Hamline Law Review, 31(3): 730–754.

Alcott, B. (2005) *Jevons' paradox*. Ecological Economics 54(1): 9–21.

Aldaya, M.M., Cabrera, E., Custodio, E., De Stephano, L., Garrido, A., López-Gunn, E., Llamas, M.R., Villarroja, F., Willaarts, B.A. (2012). *El agua en España: bases para un pacto de futuro*. Observatorio del Agua, Fundación Botín. Madrid.

<http://www.fundacionbotin.org/agua.htm>

Alley, W.M., Reilly, T.E., Franke, O.L. (1999). *Sustainability of ground water resources*. U.S. Geological Survey. Circular 1186: 1–79.

Andreu, J., Pérez, M.A., Paredes, J., Solera, A. (2004) *Análisis participativo del conflicto hídrico del transvase Júcar-Vinalopó (España) mediante el uso de un Sistema de Soporte de Decisión*. Ingeniería del Agua, Tema B: Hidrología y Gestión del Agua: 1–9. [www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/.../BO17rev.pdf](http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/.../BO17rev.pdf)

- Aragón, R. (2005). *Importancia ambiental y socioeconómica de las aguas subterráneas en la cuenca del Segura*. En: J.A. López Geta, A. Pulido-Bosch y J. Baquero (eds.), Agua, Minería y Medio Ambiente. Libro de homenaje al Profesor Rafael Fernández-Rubio. IGME, Madrid: 135-146.
- Arrojo P. (2013). *Lo público y lo privado en la gestión del agua*. VIII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Lisboa: 16-32.  
<http://revistas.lis.ulsiada.pt/index.php/8cigpa/issue/current> (accedido 09-01-14).
- Boithias, L., Acuña, V., Vergoñós, L., Ziv, G., Marcé, R., Sabater, S. (2014). *Assessment of the water supply:demand ratios in a Mediterranean basin under different global change scenarios and mitigation alternatives*. Science of the Total Environment, 470-471: 567-577.
- Booker, J. Howitt, R., Michelsen, A., Young, R. (2012). *Economics and the modeling of water resources and policies*. Natural Resource Modeling, 25(1): 168-218.
- Burke J.J., Moench, M. (2000). *Groundwater and society, resources, tensions and opportunities*. Themes in Groundwater Management for the 21th Century. United Nations, New York: 1-170.
- Cabezas, F., Cabrera, E., Morell, I. (2008). *El agua: una cuestión de Estado*. Perspectiva desde la Comunidad Valenciana. Asociación Valenciana de Empresarios. Valencia.
- Chapagain, H.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G. (2006). *Water saving through international trade of agricultural products*. Hydrological Earth System Sciences, 10: 455-468.
- Custodio E (1989). *Strict aquifer control rules versus unrestricted groundwater exploitation: comments on economic consequences*. In: Groundwater Economics. Developments in Water Science, Elsevier, 39: 381-395.
- Custodio, E. (1999). *Some ethical issues on water resources and groundwater. Water and Ethics. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas*. Fundación Marcelono Botín. Madrid. A(5): 31-43.
- Custodio, E. (2000). *Some relevant ethical issues in relation to freshwater resources and groundwater*. Boletín Geológico y Minero, 111(6): 121-130.
- Custodio, E. (2001). *Effects of groundwater development on the environment*. Boletín Geológico y Minero. Madrid: 111(6): 107-120.
- Custodio, E. (2010). *Aspectos éticos de la dominada crisis del agua*. En: M.R. Llamas (ed.), Implicaciones Éticas en Algunos Debates Científicos. Instituto de España, Madrid: 91-119.
- Custodio, E. (2012). *Intensive groundwater development. A water cycle transformation a social revolution, a management challenge*. In: L. Martínez-Cortina, A. Garrido and E. López-Gunn, Rethinking Water and Food Security. BF-CRC Press: 259-298.
- Custodio, E. (2013). *Trends in groundwater pollution: loss of groundwater quality & related services. Groundwater Governance: A global Framework for Country Action*. GEF 10 3726: 1-76.  
[http://www.groundwatergovernance.org/fileadmin/user\\_upload/groundwatergovernance/docs/Themat](http://www.groundwatergovernance.org/fileadmin/user_upload/groundwatergovernance/docs/Themat)
- Custodio, E. Cardoso da Silva Jr. G. (2008). *Conceptos básicos sobre o papel ambiental das águas subterráneas e os efeitos da sua exploração*. Boletín Geológico y Minero, 119(1): 93-106.
- DA (2009). *Alternativas de gestión en el sistema de explotación Vinalopó-l'Alacantí*.
- Delli Priscoli, J., Llamas, M. R., editors (2011). *Special issue on water ethics*. Water Policy 14(1-2).
- De Stephano, L. López-Gunn, E. (2012). *Unauthorized groundwater use: institutional and ethical considerations*. Water Policy, 14: 147-160.
- Dumont, A., Mayor, B. , López-Gunn, E. (2013). *Is the rebound effect or Jevons paradox a useful concept for better management of water resources? Insights from the Irrigation Modernisation Process in Spain. At the Confluence*. Selection from the 2012 World Water Week in Stockholm. Aquatic Procedia 1: 64-76. doi: 10.1016/j.aqpro.2013.07.006
- ECA (2014). *The common agricultural policy should take better account of water concerns*. European Court of Auditors, Press Release ECA/17/19, Luxembourg.
- Espluga, J., Ballester, A., Hernández-Mora, N. Subirats, J. (2011). *Participación pública e inercia institucional en la gestión del agua en España*. Reis, 134: 3-26.
- Esteban, E., Dinar A. (2012), *Cooperative management of groundwater resources in the presence of environmental externalities*, Environmental and Resource Economics, 54(3): 443-469.
- Estrela, T., Vargas, E. (2012). *Drought management plans in the European Union. The case of Spain*. Water Resources Management. DOI 10.1007/s11269-011-9971-2.
- FNCA (2014). *Informe FNCA sobre el borrador del Acuerdo de la Asociación de España 2014-2020. FUNDACIÓN Nueva Cultura el Agua*. Zaragoza: 1-18.

- Foster, S., Loucks, D.P. (eds.) (2011). *Non-renewable groundwater resources: a guide book on socially-sustainable management for water-policy makers*. IHP-VI Series in Groundwater 10, UNESCO/IAH/GW-State Word Bank: 1-103.
- Garrido, A.; Custodio, E. (2012). *Claves y oportunidades para un pacto del agua en España. La Gestión Estratégica del Agua*. Seguridad Global, 03, Primavera 2012. Choiseul España. Madrid: 21-33.
- Gleick, P.H., Christian-Smith, J., Cooley, H. (2011) *Water-use efficiency and productivity: rethinking the basin approach*. Water International 36(7): 784-798.
- Gómez, C.M., Gutierrez, C. (2011) *Enhancing irrigation efficiency but increasing water use: the Jevons' paradox*. <http://econpapers.repec.org/paper/agseae11/114622.htm>.
- Green, T. R., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Hiscock, K.M., Treidel, H., Aireli, A. (2011). *Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater*. Journal of Hydrology, 405(3-4): 532-560.
- Harou, J.J., Lund, J.R. (2008). *Ending groundwater overdraft in hydrologic-economic systems*. Hydrogeology Journal, 16(6): 1039-1055.
- Hernández-Mora, N. (2008). *Participación pública en la gestión de las aguas subterráneas ante las Directivas Europeas: retos y perspectivas*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español: 177-197.
- Hernández-Mora, N., Ballester, A. (2010). *Public participation and the role of social networks in the implementation of the Water Framework Directive in Spain. Ambientalia, Special Issue: Ten Years of the Water Framework Directive: An Overview from Multiple Disciplines*. <http://www.ambientalia.org>
- Hernández-Mora, N., De Stefano, L. (cords.) (2011). *Transparencia en la gestión del agua en España. SHAN Series 4, Botín Foundation*. [http://www.fundacionbotin.org/case-studies\\_publications\\_water-observatory\\_trend-observatory.htm](http://www.fundacionbotin.org/case-studies_publications_water-observatory_trend-observatory.htm)
- Jarvis, W.T. (2013). *Water scarcity: moving beyond indexes to innovative solutions*. Ground Water, 51(5): 663-669.
- Jarvis, W.T. (2014). *Contesting hidden waters: conflict resolution for groundwater and aquifers*. Earthscan Water Text. Routledge, UK: 1-192.
- Kahil, M.T., Dinar, A., Albiac, J. (2013). *Modeling water scarcity and drought severity for policy adaptation to the Jucar River Basin*. WSPC, Working Paper 01-0114. University of California Riverside.
- Kahil, M.T., Dinar, A., Albiac, J. (2014). *Comparing water management policies under scarcity and droughts: Empirical evidence from the Jucar Basin, Spain*. Working Document 14-03. Unidad de Economía Agraria. CITA. Zaragoza: 1-24.
- Llamas, M.R. (1999). *Consideration on ethical issues in relation to groundwater development and/or mining. In: UNESCO International Conference on Regional Aquifer System in Arid Zones*. Managing Non-Renewable Resources. Tripoli, Libya: 20-24. Also in: Technical Documents in Hydrology: V IHP, No. 42, UNESCO, Paris, France: 467-480.
- Llamas, M.R. (2001). *Cuestiones éticas en relación con la gestión del agua en España*. Real Academia de Doctores [discurso de ingreso]. Madrid: 1-85.
- Llamas, M.R. (2003). *El desarrollo sostenible del agua en España*. Revista de la Real Academia de Ciencias. Madrid, 97(1): 129-141.
- Llamas, M.R. (2006). *Avances científicos y cambios en viejos paradigmas sobre la política del agua*. Revista Empresa y Humanismo, IX(2): 67-108.
- Llamas, M.R., Delli Priscoli, J. (2000). *Water and ethics. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas A5*. Fundación Marcelino Botín. Santander: 56-99.
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P. (2005). *Ethical issues in relation to intensive groundwater use*. In: A. Sahuquillo, J. Capilla, L. Martínez Cortina and X. Sánchez Vila (eds.). International Association of Hydrogeologists, Selected Papers. Taylor and Francis: 17-36.
- Llamas, M.R., Mukherji, A., Shah, T. (eds.) (2006). *Social and economic aspects of groundwater governance*. Hydrogeology Journal, 14(3): 269-432.
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P., De la Hera, A. (2007). *The manifold dimensions of groundwater sustainability*. En: S. Ragone, A. de la Hera, G. Bergkamp, N. Hernández-Mora and J. McKay (ed.). The Global Importance of Groundwater in the 21th Century. Proc. Intern. Symposium on Groundwater Sustainability. Alicante. UICN: 105-116.
- Llamas, M.R., Martínez-Cortina, L., Mukherji, A. (eds.) (2009). *Water ethics. Third Marcelino Botín Foundation Water Workshop, Santander*. CRC Press: 1-368.
- López-Gunn, E., Zorrilla, P., Prieto, F., Llamas, M.R. (2012a) *Lost in translation? Water efficiency in Spanish agriculture*. Journal of Agricultural Water Management 108: 83-95.
- López-Gunn, E., De Stefano, L., Llamas, M.R. (2012b). *The role of ethics in water and food security: Balancing utilitarian and intangible values*. Water Observatory, Botín Foundation. Madrid [www.fundacionbotin.org/agua.htm](http://www.fundacionbotin.org/agua.htm)

- López-Gunn, E., Rica, M., Llamas, M.R. (2013). **Can cooperation lead to improved performance in groundwater management?. Some reflections on the experience of Spanish groundwater user groups.** International Annual United Nations–Water Zaragoza Conference, 2012/2013. Zaragoza, United Nations Office: 1–12.
- Martínez Fernández, J. (2001). **El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia. Comentario.** En: N. Hernández Mora y M.R. Llamas, La Economía del Agua subterránea y su Gestión Colectiva. Fundación Marcelino Botín. Mundi–Prensa, Madrid: 239–249.
- Maxwell, D., Owen, P., McAndrew, L. (2011) **Addressing the rebound effect.** European Commission, DG Environment
- Mitchell, R.B. (2011). **Transparency for governance: The mechanisms and effectiveness of disclosure-based and education-based transparency policies.** Ecological Economics, 70(11): 1882–1890.
- Molina, J.L, García–Aróstegui, J.L., Bromley, Benavente J. (2011) **Integrated assessment of the European WFD implementation in extremely overexploited aquifers through participatory modelling.** Water Resources Management, doi: 10.1007/s11269-011-9859-1.
- Myers, N., Kart, J. (1998) **Perverse subsidies: their nature, scale and impacts.** International Institute of Sustainable Development, Winnipeg, Canada: 1–210.
- Pfeiffer, L., Lin, C.Y.C. (2012) **Does efficient irrigation technology lead to reduced groundwater extraction?: empirical evidence.** [www.des.ucdavis.edu/faculty/Lin/PfeifferLin\\_irrigationtechnology.pdf](http://www.des.ucdavis.edu/faculty/Lin/PfeifferLin_irrigationtechnology.pdf).
- PHS (2013). **Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.** Memoria. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia: 1–555.
- PHTF (2013). **Plan hidrológico de Tenerife. Memoria del documento de información. Consejo Insular de Aguas de Tenerife.** Cabildo Insular de Tenerife: 1–95.
- PWC (2013). **Impacto económico del transvase Tajo–Segura.** PricewaterhouseCoopers asesores de Negocios S.L.: 1–75. [www.pwc.es](http://www.pwc.es)
- Rigby, D., Alcón, F., Burton, M. (2010). **Supply uncertainty and the economic value of irrigation water.** European Review of Agricultural Economics, 37(1): 97–117.
- SCD (2014). **Santa Cruz declaration on the global water crisis, Water International, 39(2): 246–261.** <http://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/02508060.2014.886936>
- Selborne, J. (2000). **The ethics of freshwater use: A survey. World Commission on the Ethics of Science and Technology.** UNESCO, Paris, France: 1–58.
- Senent Alonso, M., García Aróstegui, J.L., Martínez Vicente, D. (2013). **El futuro de las aguas subterráneas y posibles soluciones.** En, M. Senent Alonso y J.L. García Aróstegui (coord.). Sobreexplotación de Acuíferos en la Cuenca del Segura: Evaluación y Perspectivas. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia. Cap. 9: 211–217.
- Solow, R. (1974). **Intergenerational equity and exhaustible resources.** Revue on Economical Studies, 41: 29–45.
- Syme, G.J., Nancarrow, B.E., McCreddin, J.A. (1999). **Defining the components of fairness in the application of water to environmental and human uses.** Journal Environment and Management, 57: 51–70.
- Taylor, R.G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J.S., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T.R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M.F.P., Alan MacDonald, A., Fan, Y., Maxwell, R.M., Yechieli, Y., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Shamsudduha, M., Hiscock, K., Yeh, P.J.-F., Holman I., Treidel, H. (2013). **Ground water and climate change. Nature Climate Change, 3 April 2013.** [www.nature.com/natureclimatechange](http://www.nature.com/natureclimatechange)
- Tobarra, P., Martínez Gallur, C. (1998). **Gestión eficiente del agua o desertificación: el caso de Lorca.** Economía Agraria, 183: 253–252.
- Turrión Peláez, L.F., Martínez Arias, A., Delgado Moya, S. (2011). **Las aguas subterráneas en la gestión der la sequeía: ejemplo de la Vega Madia y Baja del Segura. Confederación Hidrográfica del segura.** Murcia: 1–260.
- UNESCO (2004). **Series on Water and Ethics.** UNESCO, Paris: ISBN 92–9220–016–X.
- Van Cauwenbergh, N., Pinte, D., Tilmant, A., Francés, I., Pulido-Bosch, A., Vanclooster, M. (2007). **Multi-objective, multiple participant decision support for water management in the Andarax catchment, Almería.** Environmental Geology, 54: 479–489.
- Van Rijswick, M., Edelenbos, J., Hellegers, P, Kok, M. Kuks, S. (2014). **Ten building blocks for sustainable water governance: an integrated method to assess the governance of water. Water International.** <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2014.951828>

Ward, F.A., Pulido-Velazquez, M. (2008) **Water conservation in irrigation can increase water use**. Proceedings National Academy of Sciences of the USA, 105(47): 1821.

Wijnen, M., Augeard, B., Hiller, B., Ward, Ch., Huntjens, P. (2012). **Managing the invisible: Understanding and improving groundwater governance**. The Water Partnership Programme, Water Papers. Washington, DC: The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2012/06/16587662/managing-invisible-understanding-improving-groundwater-governance>.

WSH (2014). **Workshop on sustainable humanity, sustainable nature: our responsibility**. Pontifical Academy of Sciences and Pontifical Academy of Social Sciences, 2–6 May 2014. The Vatican.

Young, R.A. (1993). **Managing aquifer over-exploitation: economics and policies**. In: Aquifer Overexploitation. International Association of Hydrogeologists. Selected Papers 3. Heise: 199–222.

Zetland D. (2014). **Living with water scarcity**. *Aguanomics Press, Amsterdam: 1–98*.  
<http://livingwithwaterscarcity.com/>

Zwarteveen, M.Z., Boelens, R. (2014). **Defining, researching and struggling for water justice: some conceptual building blocks for research and action**, *Water International*, 39:2, 143–158.



# ANEXO I

## Cuestionarios y contribuciones al proyecto Minería del Agua Subterránea en España (MASE)

### Introducción

Desde el inicio del proyecto MASE se buscaron contribuciones específicas de expertos y conocedores del tema, para lo que se ha ido elaborando una amplia relación de personas significativas, con énfasis en el Levante español y en Canarias, tanto de organismos públicos, de la administración del agua y de la investigación, como de la universidad y de empresas, como a título personal, en cualquier caso con contribuciones no institucionales sino en función de la propia experiencia.

Para ayudar a la transferencia del conocimiento se preparó un cuestionario, del que en el apéndice a este Anexo 1 se reproduce la versión V-3, la última distribuida, aunque la mayoría de respuestas responden a la V-2, que sólo difiere de la V-3 en correcciones lingüísticas menores y alguna precisión idiomática, por lo que no se reproduce aquí.

De un total de 63 consultas se han recibido finalmente 35 respuestas de las que 33 son cuestionarios y 5 son contribuciones (hay respuestas que incluyen aportaciones). Además de algunas aportaciones complementarias de información que no se incluyen pero que se referencian en la Memoria en cuanto a información contribuida y referencias útiles.

Dado que las personas que han contribuido son muy distintas y proceden de ambientes muy diferentes, las visiones aportadas son diferentes, unas complementarias entre sí y otras contrapuestas, como corresponde a la compleja realidad física, económica, social y administrativa. Por eso cada contribución ha de verse en su propio contexto.

### Contenido

Este anexo se organiza en:

A.1.1. **Resumen estadístico de contribuciones.** Se trata de una tabla con los datos que identifican el contenido de las diversas contribuciones.

A.1.2. **Cuestionario resumen.** Se presenta sintéticamente el contenido de los cuestionarios a juicio del autor del informe y por lo tanto cabe que no refleje suficientemente bien el contenido de las contribuciones. Se realiza sólo para dar una visión general.

Este documento se ha enviado a las diferentes personas mencionados para recabar sus posibles comentarios y correcciones pertinentes. A pesar de las notables diferencias entre el Levante español y Canarias, se han reunido los comentarios conjuntamente ya que muchas cuestiones no tienen un número de respuestas significativo y se estima que el conjunto da una mejor visión de los problemas asociados al uso intensivo y minería del agua subterránea. En lo recogido puede haber contraposiciones que sólo reflejan la diversidad de enfoques y valoraciones, sin que haya intento consciente del autor de este informe para evitarlos. Para obtener el detalle y matices de cada aportación hay que recurrir al texto enviado por cada contribuidor, lo que se recomienda hacerlo.

A.1.3. **Aportaciones y cuestionarios,** con una breve introducción para presentar el contenido. No es posible dar una ordenación sistemática y por eso los cuestionarios se presentan por orden alfabético de apellidos de los autores y las aportaciones por orden de recepción y ajuste.

Apéndice: Cuestionario enviado en su versión V-3.

## Índice

<b>Aportación / Cuestionario</b>	<b>Página</b>
Síntesis de aportaciones recibidas al Cuestionario MASE	
A-01 José Miguel Andreu Rodes .....	254
A-02 Andrés Sahuquillo Herráiz .....	260
A-03 Diputación de Alicante – Luis Rodríguez Hernández, Miguel Fernández Mejuto y Juan Antonio Hernández Bravo .....	276
A-04 Adolfo Hoyos-Limón Gil .....	285
A-05 Adolfo Hoyos-Limón Gil .....	294
Q-01 José Albiac Murillo .....	297
Q-02 Francisco Alcón .....	301
Q-03 Bartolomé Andreo Navarro .....	304
..	
Q-04 José Miguel Andreu Rodes .....	308
Q-05 Ramón Aragón Rueda .....	310
Q-06 Adrian Baltanás .....	316
Q-07 Julio Berbel .....	321
Q-08 Juan José Braojos Ruíz .....	326
Q-09 Joan Corominas Masip .....	329
Q-10 María Dolores De Miguel .....	332
Q-11 Alberto Del Villar .....	335
Q-12 Diputación de Alicante – Luis Rodríguez Hernández, Miguel Fernández Mejuto y Juan Antonio Hernández Bravo .....	337
Q-13 Patricia Domínguez Prats .....	340
Q-14 Antonio Embid Irujo .....	342
Q-15 Equipo Expertos Júcar .....	347
Q-16 José Luis García Aróstegui .....	352
Q-17 Alberto Garrido .....	358
.....	
Q-18 Graciela Ferrer .....	361
Q-19 Juan Bautista Grumbau Bellmunt .....	368
Q-20 Nuria Hernández Mora .....	370
Q-21 Adolfo Hoyos-Limón Gil .....	375
Q-22 José Jiménez Suárez .....	404
Q-23 Francesc La Roca .....	406
Q-24 Elena López Gunn .....	411
Q-25 Juan José Ojeda Quintana .....	417
Q-26 Noemí Padrón Fumero .....	421
Q-27 Robert Poncela Poncela .....	423
Q-28 Luis Olavo Puga de Miguel .....	429
Q-29 Juan Carlos Rubio Campos .....	440
Q-30 José M <sup>a</sup> Santafé Martínez .....	444
Q-31 Juan Santamarta Cerezal .....	450
Q-32 Martín Sevilla Jiménez .....	452
Q-33 Elzbieta Skupień Balin .....	462

## Resumen estadístico de contribuciones

### Tabla resumen de aportaciones y cuestionarios

**Tipo:** A = aportación; Q = cuestionario; AQ = Aportación + cuestionario; D = datos

**Área:** G = general; LE = Levante español; C = Canarias

**Lugar:** V = Vinalopó; S = Cuenca del Segura; GC = Gran Canaria; TF = Tenerife

Tipo	Área	Lugar	Nombre	Contenido	Siglas
A	LE	Crevillent	José Miguel Andreu Rodes	Hidrogeológico	JMAR
A	LE	V+S	Andrés Sahuquillo Herráiz	Hidrológico	AS
A	C		Adolfo Hoyos-Limón Gil	Economista	AHL
Q	LE	V	José Albiac Murillo	2.1 ; 3.1	JA
Q	LE	Cam. Cart.	Francisco Alcón	2.1; 2.3; 3.2	FA
Q	LE	Alm. - Mal.	Bartolomé Andreo Navarro	1.1; 1.3; 2.3	BA
Q	LE	V	José Miguel Andreu Rodes	1.1; 1.3	JMAR
Q	LE	S	Ramón Aragón Rueda	1.1; 1.2; 1.3; 4.2	RA
Q	G	-	Adrian Baltanás	2; 3; 4	AB
Q	LE	Almería	Julio Berbel	2.1; 2.2; 2.3	JB
Q	C	TF	Juan José Braojos Ruíz	1.1	JJB
Q	LE	-	Joan Corominas Masip	1.3; 2.1; 2.3	JC
Q	LE	-	María Dolores De Miguel	2.2; 2.3; 3.3	MDM
Q	G	LE	Alberto Del Villar	2.1; 2.2; 2.3	ADM
Q	LE	V	Diputación de Alicante	1.1;1.2;1.3;2.2;3.2;3.3	DA
Q	LE	Dalias	Patricia Domínguez Prats	1.1; 1.2; 1.3	PD
Q	G	LE	Antonio Embid Irujo	3.2; 4.1; 4.2	AE
Q	LE	V	Equipo Expertos Júcar	1.1; 4.2	EEJ
Q	LE	S	José Luis García Aróstegui	1.1; 1.2; 1.3	JLGA
Q	LE	-	Alberto Garrido	2.1; 3.1; 3.2	AG
Q	LE	V	Graciela Ferrer	1.3; 2.3; 4.2	GF
Q	LE	V	Juan Bautista Grumbau Bellmunt	1.1; 1.2; 1.3	JBG
Q	LE	-	Nuria Hernández Mora	1.3; 2.1; 2.3; 3.1; 3.3	NHM
AQ	C	TF	Adolfo Hoyos-Limón Gil	Conjunto	AHL
Q	C	GC	José Jiménez Suárez	1.1; 2.3; 4.2	JJ
Q	LE	V	Francesc La Roca	1.3; 2.3; 4.2	FLR
Q	G	-	Elena López Gunn	3.2; 3.3; 4.2	ELG
Q	C	GC	Juan José Ojeda Quintana	2.1; 2.2; 2.3; 3.1; 3.2; 3.3	JJOQ
Q	C	TF	Noemí Padrón Fumero	2.1; 2.2; 3.3	NP
Q	C	TF	Robert Poncela Poncela	1.1; 1.3	RP
AQ	C	TF	Luis Olavo Puga de Miguel	1.1; 2.1; 2.2; 2.3	LP
Q	LE	-	Juan Carlos Rubio Campos	1.1; 1.2; 1.3; 4.2	JCR
Q	G	LE	José M <sup>a</sup> Santafé Martínez	1.2; 2.1; 3.1; 4.2	JMSF
Q	C	TF	Juan Santamarta Cerezal	1.1; 2.3	JSM

Q	LE	V	Martín Sevilla Jiménez	1.1; 2.2	MS
Q	C	TF	Elzbieta Skupień Balin	1.2; 1.3	SK
D	C	TF	Juan José Braojos Ruíz – galerías TF		
D	C	TF	Adolfo Hoyos-Limón – elaboraciones		
D	C	GC	José Jiménez Suárez – tablas input-output		
D	C	GC	Francisco Ojeda – precios agua GC		
D	LE	S	Tomás Rodríguez Estrella – informes		

## Tabla de entrevistas con aportaciones específicas

no.	Fecha	Autoría	Siglas
12	28-10-13	Diputación de Alicante (técnicos de agua)	DA
16	05-11-13	Universidad Politécnica de Cartagena (profesores de economía agraria)	UPCT
14	29-10-13	Confederación Hidrográfica del Júcar (responsables de planificación)	CHJ
31	15-01-14	Alberto Del Villar, profesor de economía de la Universidad de Alcalá de Henares	ADV
32	15-01-14	Gonzalo De La Cámara, profesor de economía de la Universidad de Alcalá de Henares – IMDEA	GDLC
18	21-11-13	David Díaz Frontón (Aqualia, TF)	DDF
19	21-11-13	Sergio Rodríguez Rodríguez (Gerente de la Comunidad de Aguas de Unión Norte de Tenerife)	SR
22	03-12-13	Consejo Insular de Aguas de Tenerife (Técnicos y asesores de planificación y Cámara de Aguas de Tenerife)	CIATF
34	31-03-14	Vicente Richart Díaz (Director de la Junta Central de Usuarios de Agua del Vinalopó-Alacantí)	VR
27	09-12-13	Pedro Santiago Henríquez (Herencia de Arucas y Firgas)	Mino
24	03-12-13	Carlos Acevedo (Director SAVASA)	SAVASA
25	04-12-13	Luis González Sosa (Director TAGUA)	TAGUA
26	05-12-13	Fernando Ojeda (Bonny Exportadores)	FO
29	01-12-13	Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (ex-gerente)	CIAGC
30	16-12-13	Felipe Roque Villareal (ELMASA, Gran Canaria)	FRV

## Síntesis de aportaciones recibidas al Cuestionario MASE

Se basa en las diferentes contribuciones: cuestionarios, aportaciones y resultados de entrevistas.

Preparada por E. Custodio (abril de 2014), DET-UPC

### Comentarios:

+ Esta síntesis reúne lo que el preparador ha considerado como más importante en los cuestionarios, aportaciones y resultados de entrevistas, a veces tomando párrafos, tras simplificarlos

+ En los textos originales hay mucha más información y está puesta en contexto; es posible que en la extracción no se haya reflejado bien, se haya descontextualizado y hayan errores. Por eso se recomienda buscar los aspectos que interesen en esas contribuciones a partir de las citaciones mediante las siglas que figuran en la tabla precedente que las relaciona

+ Las respuestas a cada cuestión no cubren el campo completo y sólo tratan de reflejar lo contribuido; en la memoria del informe de este proyecto es donde se trata de cubrir los diferentes campos

+ Se pueden encontrar contraposiciones que reflejan la disparidad de criterios de los contribuidores en algunos temas controvertidos o de interpretación difícil; se ha tratado reflejarlos tal cual, sin tomar partido –por lo menos se ha tratado de evitar– y para su puesta en contexto hay que ir a las contribuciones originales

+ Se espera que tras un proceso de envío a los contribuidores se puedan eliminar buena parte de los errores y desvíos; este proceso tendrá lugar en los próximos meses

+ El cuestionario no es completo ni contiene todos los aspectos relevantes; en las contribuciones hay más riqueza que en las cuestiones y no siempre esas contribuciones están tras la cuestión más apropiada, además de no haber sido posible una buena clasificación, evitando repeticiones

+ Algunas cuestiones no han recibido comentarios o apenas han sido consideradas, por su especificidad, por ser redundantes o ser irrelevantes

+ Las referencias a los cuestionarios y aportaciones se indican entre corchetes rectos y las que corresponden a las entrevistas, muchas menos, entre corchetes curvos, todo ello según las siglas de la tabla que precede

+ Se han usado las siguientes abreviaturas:

CHJ = Confederación hidrográfica del Júcar; CHS = Confederación Hidrográfica del Segura; CMA = Cuencas Mediterráneas Andaluzas

PH = Plan hidrológico; J = Júcar; S = Segura; CMA = Cuencas Mediterráneas Andaluzas

GC = Gran Canaria; TF = Tenerife; CIA = Consejo Insular de Aguas

DMA = Directiva Marco del Agua europea

MCT = Mancomunidad de los Canales del Taibilla; TTS = Transvase Tajo–Segura

MAS = Masa de aguas subterráneas

IGME = Instituto Geológico y Minero de España

CUAS = Comunidad de Usuarios de Aguas Subterráneas

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?

La calificación depende del tiempo en que se pueden recuperar las condiciones iniciales. No se recuperan en cantidad si se han realizado obras que lo impidan, tales como galerías de drenaje. La recuperación de la calidad suele ser más lenta que la hidráulica. [BA]. Existe en determinados acuíferos de las áreas consideradas o la ha habido. No es algo nuevo en ellas.

En el Vinalopó se celebró en 2007 el centenario de la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, que con un canal de 56 km de longitud todavía conduce los recursos subterráneos del Alto Vinalopó al Medio Vinalopó y al Alacantí, drenando los acuíferos locales [EEJ]. <http://vinalopodigital.net/vinalopo/modules/news/article.php?storyid=550>

El PHS considera la existencia de minería del agua subterránea en la Cuenca del Segura.

En la Cuenca del Segura se ha producido un vaciado de 12km<sup>3</sup> de un total de reservas estimadas en 50 km<sup>3</sup> [JLGA]. Existe en Canarias.

#### 1.1.2. ¿Qué acuíferos sufren explotación minería del agua subterránea?

En el área del Vinalopó la sufren los acuíferos de Solana (antes parte de la UH Yecla–Villena–Beneixama) y Crevillent [JMAR].

El PHS relaciona los que corresponden a la Cuenca del Segura; están principalmente en el Altiplano murciano, Ascoy–Sopalmo (es el más significativo ya que frente a una extracción de 53 hm<sup>3</sup>/a la recarga es de 2 hm<sup>3</sup>/a [JLGA]), SE de Albacete, Valle alto y bajo del Guadalentín (que junto con Ascoy–Sopalmo totalizan el 40% del exceso de extracción [JLGA]), área costera de Mazarrón–Águilas, y parte de Triásico de Los Victorias [RA], así como los de la Vega media y Baja del Segura, Cresta del Gallo, Terciario de Torrevieja, Carrascoy, Campo de Cartagena, Cabo Roig y La Naveta, y la Sierra de Cartagena, con niveles piezométricos descendentes, lo que hace no solo económicamente insostenible sino técnicamente imposible la explotación [MDDM]. En la margen derecha del Segura hay un acusado exceso de extracción en los acuíferos de Argos, Quipar, Moratalla y Mula en los que los manantiales están notablemente mermados o se han secado [JLGA].

No hay acuíferos con minería del agua subterránea propiamente dicha en la Cuenca del Guadalquivir [JCR], aunque hay serios efectos de descensos de niveles en la Loma de Úbeda. Tampoco los hay en otras áreas de la Cuenca del Júcar ni del Gadiana, aunque también hay serios efectos de descensos en La Mancha y otros lugares como Vall d'Uxò.

Es una situación bien conocida en GC y TF. En TF existe en la parte central de medianías y la costa y en Las Cañadas-Valle de Icod-La Guancha-Dorsal [RP], aunque en realidad la extracción es menor que la recarga, según sostiene el PH Insular de Tenerife en información pública actual, pero salidas al mar hacen que se produzca un consumo continuado de reservas [LP].

### 1.1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad conjunta de recursos de agua?

En el Alto y Medio Vinalopó se estima un uso de 113 hm<sup>3</sup>/a de agua subterránea con unos recursos disponibles de 48hm<sup>3</sup>/a [EEJ].

En el Valle del Guadalentín, donde no llega el TTS, la minería supone del orden del 50% de los recursos de agua subterránea extraída, casi toda ella destinada a regadío [RA]. En la Cuenca del Segura la tasa de utilización de reservas de agua subterránea es muy importante, aunque la tasa de consumo se ha estabilizado desde la década de 1980, salvo en periodos secos como a mediados de la década de 1990, cuando las extracciones de aguas subterráneas se incrementa notablemente en las áreas servidas con aguas superficiales al disminuir los caudales propios (embalses en la cabecera de la cuenca), como sucede en las Vega Media y Baja del Segura (operación de las Baterías Estratégicas de Bombeo), o los caudales transferidos, como en el Campo de Cartagena [JLGA].

En Canarias, referido a los recursos totales, la contribución de la minería del agua se evalúa en 50% en TF, aproximadamente 40% en GC, 15% en La Palma y <10% en La Gomera y El Hierro [JJ].

### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

El agua subterránea es importante para la agricultura y en determinadas áreas para la población, pero aumenta la contribución a los usos urbanos y a la industria turística, aunque se requiere controlar los contenidos en SO<sub>4</sub>, Cl y NO<sub>3</sub> [BA], o aplicar un tratamiento previo.

En Alacant el agua subterránea es esencial y se destina el 60% a riego y el 40% a abastecimiento [DA], aunque una parte del abastecimiento recibe aportes de la MCT y agua desalinizada.

En la cuenca del Segura desde la década de 1970 aproximadamente la mitad de la superficie regada usa agua subterránea y una mucho mayor proporción en las sequías (3 a 4 años por década), hasta cerca del 100%; se trata de agua de buena calidad en la parte alta de las cuencas alta y parte de la media del Segura, mientras que en el resto tiene un alto contenido salino de origen natural [RA].

En el Campo de Cartagena se han establecido pequeñas desalobradoras particulares para reducir la salinidad de las aguas subterráneas cuando hay que recurrir a ellas por falta de recursos de aguas superficiales precedentes del Transvase Tajo-Segura [JLGA].

En Canarias la explotación del agua subterránea viene desde mediados del siglo XIX. En TF se hizo a partir de Sociedades de Investigación en un proceso complejo [JJB] [AHL]. Entre el periodo 1950-1980 el 80% agua de GC y TF era de minería del agua subterránea, pero la proporción se va paulatinamente reduciendo [JJB]. En 2010 dos tercios del caudal total de aguas subterráneas extraídas en TF provenían de reservas y como las aguas subterráneas representaban más del 80% de los caudales disponibles por encima del 50% del abastecimiento insular fueron reservas de agua subterránea; esta situación se mantiene desde mediados del siglo XX [AHL]. En TF el agua subterránea es el 81% de los recursos de agua disponibles [JJBR] y evoluciona para reducirse al 75% [RP].

### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsibles de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?

En cuanto a los niveles, más de una generación en muchos casos y hasta un siglo donde la relación extracción/recursos ha sido alta. Es más largo y difícil para la calidad [BA].

En la Cuenca del Segura relación extracción/recursos es de 3 a 6, y de 15 a 20 en los acuíferos Tobarra-Tedera-Pinilla-Pino y Ascoy-Sopalmo, en el Altiplano murciano [RA]. Donde la extracción es por galerías, como en TF, es imposible; donde hay gran intrusión marina hasta un siglo [JJ]. Se estima de 150 a 450 años en TF, aunque algunos nacientes (manantiales) lo pueden hacer en pocas décadas [RP]; la recuperación no sólo es impensable sino inalcanzable al no poderse obturar en la práctica las galerías, aparte de la falta de interés y beneficios en hacerlo: en el estado inicial los afloramientos naturales era escasos y con un papel poco significativo en la ecología de TF [AHL].

Los modelos matemáticos no permiten contestar qué caudal residual de galerías quedará disponible cuando cese definitivamente el actual proceso de extracción de reservas y cuánto tiempo tardará en alcanzarse la estabilización de aportaciones ya que las extracciones son un dato, no un resultado de la simulación; la pregunta sólo puede enfocarse empíricamente según la información disponible: en 1974 (SPA-15) las galerías de TF proporcionaban 200 hm<sup>3</sup>/a; en 1991 (Plan Hidrológico de Tenerife) 148 hm<sup>3</sup>/a; y en 2010, 107 hm<sup>3</sup>/a (suma de aportaciones de galerías convencionales, galerías-pozo y galerías-nacientes); en la hipótesis de que desde 1991 no se hayan perforado galerías en la isla (en realidad, se ha perforado en unas pocas) y de que el descenso de caudales del conjunto de ellas pueda representarse con una ley exponencial de agotamiento hidrológico, hacia el 2050 los caudales sería del orden de 55 hm<sup>3</sup>/a [AHL].

### 1.1.6. ¿Qué grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?

La estimación de la recarga es en general deficiente [BA]. En general los estudios de detalle son antiguos y a veces se reducen a estimaciones, con una evolución poco conocida; sin embargo para los casos más extremos los errores en la estimación de la recarga no son importantes ya que la extracción es mucho mayor.

En el Vinalopó no se han realizado estudios específicos sobre la incertidumbre de la recarga; la recarga por lluvia se estima mediante el modelo hidrológico PATRICAL que proporciona valores robustos pero sin una estimación específica de la incertidumbre; por otro lado los flujos laterales entre unidades pueden ser de apreciable magnitud y con un grado mayor de incertidumbre que la recarga [EEJ]. El Vinalopó el 80% de los pozos de extracción dispone de contador [EEJ]. Las series piezométricas se consideran adecuadas para un seguimiento regional, aunque no existe un estudio específico de su incertidumbre y representatividad [EEJ]. En la Cuenca del Segura se dispone de un Sistema Integrado de Control de Aprovechamientos con buen conocimiento de las extracciones, y mejora [JLGA]. En algunos acuíferos se ha hecho un esfuerzo de modelación para afinar los balances; en el acuífero Serral-Salinas se ha tratado de reconstruir la historia de explotación y la evolución temporal desde mediados del siglo XX [JLGA]. En los casos más extremos estos errores no afectan significativamente; diferentes estudios conducen a resultados similares [RA]. En la Cuenca del Guadalquivir el grado de incertidumbre de la recarga y extracciones es importante, estimado en el 40% en gran parte de las masas de agua subterránea, pero en el caso de masas de agua con problemas el mayor esfuerzo de inversiones ha permitido rebajar el margen de error al 20-30% [JCR].

La incertidumbre se considera grande en Canarias [JJ], aunque en TF la incertidumbre de las extracciones se considera moderada a baja y moderada a alta en cuanto a la recarga, que parece sobrevalorada y con excesivos retornos de riego, aunque la pérdidas en conducciones hay ido disminuyendo [RP]. En algunos casos subsisten problemas de conocimiento tales como el real papel del "mortalón" en cuanto a geometría y comportamiento de galerías y acuíferos [LP]. El primer inventario de recursos hidráulicos de TF se inició en 1972 y se ha mantenido una actividad regular de seguimiento de estos recursos y de sus obras de captación; desde hace década y media es sistemático y de frecuencia prácticamente anual; como el agua es un bien escaso, costoso y de propiedad privada en su casi totalidad, sus dueños suele prestar atención cuidadosa a la evolución de caudales y calidades químicas, lo que hace posible la obtención de datos sobre disponibilidades hídras mediante encuesta y asegura un control continuo de cualquier contingencia; la recarga se evalúa mediante modelos de balance en una cuadrícula de 200 m de lado que cubre toda la superficie de TF [AHL].

### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento que se tiene **adecuado**

### **para evaluar el problema existente?** ¿Qué hacer para solucionar las deficiencias de conocimiento?

El grado de conocimiento es aún es insuficiente; hay notables lagunas y deficiencias, que hay que abordar con un adecuado programa de medidas [BA].

No se dispone de un grado de conocimiento adecuado sobre los acuíferos del Vinalopó; la información geológica requiere de una actualización y la delimitación y geometría de muchos de ellos no se ha revisado desde el PIAS (Plan de Investigación de Aguas Subterráneas) realizado por el Ministerio de Industria-IGME en la década de 1970 [JMSR]. Falta suficiente conocimiento de la recarga y el control es insuficiente [RA]. La inversión en la mejora del conocimiento hidrogeológico de las masas de agua subterráneas ha sido inadecuada en la última treintena de años; en el marco del Programa de Actualización del Inventario Hidrogeológico (PAIH) de 1996 (IGME-Dirección General de Obras Hidráulicas del MIMAM) se concretó un programa de actuaciones e inversiones, pero apenas ha sido abordado hasta hoy [JCR].

El grado de conocimiento en Canarias ni es bueno, ni continuo, ni hay un programa [JJ], y además hay que evitar duplicidades en lo que se hace [RP]. No obstante, el grado de conocimiento de la situación hidrológica de TF parece suficiente para la diagnosis general o básica, aunque no lo es para cuestiones de prácticas importantes, tal como la evolución de los caudales de galerías en un futuro a medio plazo, pero estas incógnitas difícilmente quedarán despejadas por más dedicación y recursos que se destinen a su estudio [AHL].

### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el **destino del agua subterránea** (urbano, turístico, riego)?

El agua subterránea se destina cada vez más a abastecimiento urbano.

El uso agrícola en el sistema de explotación Vinalopó-Alacantí supone el 61% del total, que es claramente inferior a la media de la Confederación Hidrográfica del Júcar (79%) a la que pertenece; su evolución temporal está muy condicionada por el marco actual de crisis económica; se aprecia una estabilización del uso de riego y una sensible reducción del resto; a medio plazo el uso de regadío seguirá previsiblemente estable con un crecimiento moderado del uso urbano, industrial y turístico, aunque el aporte del orden de 50 hm<sup>3</sup>/a procedentes del MCT tiene una evolución temporal difícil de estimar [EEJ]. A grandes rasgos en el Alto y Medio Vinalopó la demanda agrícola fue especialmente importante en la década de años 1990, pero se ha producido una reducción muy considerable debido al abandono de numerosas hectáreas de cultivo mientras que la demanda de agua urbana-turística ha experimentado un crecimiento notable, de modo que parte de los caudales bombeados se exportan fuera de la comarca, especialmente hacia la parte costera del Alacantí [JMAR].



En la Cuenca del Segura la demanda urbana y turística se cubre por la MCT con aguas del río Taibilla, del TTS, de desalinización y ocasionalmente y muy poco con aguas subterráneas, salvo en el caso de las ciudades de Yecla y Jumilla y algunos núcleos rurales [RA] [JLGA].

En TF en 2005 el agua extraída se destinaba a los diversos usos según los siguientes porcentajes: 41% agricultura, 38% urbano, 12% turismo, 5% industria y servicios y 4% no utilizados; el uso de agua desalinizada y regenerada se ha duplicado [RP].

En GC el 80% de las extracciones eran para regadío en 1970, hoy son < 50% [JJ].

## 1.2 Calidad del agua subterránea

### 1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados?. ¿Cómo pueden abordarse?

En la Cuenca del Segura ha habido o hay intrusión marina en determinadas áreas del Campo de Cartagena, Cope-Cala Blanca y Águilas-Cala Reona, y lixiviado de sales naturales en los acuíferos del Triásico de Los Victorias, Quibas, Jumilla-Villena, Ascoy-Sopalmo, Serral-Salinas y Alto Guadalentín [JLGA] [RA]. En fases avanzadas de explotación para solucionar los problemas de calidad habría que adaptar los usos a las nuevas condiciones de calidad del agua (reordenación de usos) o recurrir a aportes externos, bien con recarga artificial o trasvases [JMSF].

En TF se espera una recuperación en 20-25 años [SK]. Uno de los problemas de calidad del agua subterránea es la producción de aguas de galería bicarbonatadas sódicas de alta concentración y/o con alto contenido en flúor, que hay que evitar que accedan a las conducciones de distribución al afectar negativamente a la calidad del agua mezcla que transportan [CIATF].

La explotación de aguas subterráneas salobres y salinas a las que se las somete a desalobración, lo más comúnmente por ósmosis inversa, tiene el problema de la evacuación no contaminante de las salmueras residuales producidas, cuyo vertido inapropiado es causa de contaminación de acuíferos y de costosa regeneración de aguas residuales, lo que sucede en el Campo de Cartagena y en el E, SE y S de Gran Canaria [FRV].

### 1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?

En la Cuenca del Segura los pozos mezclan agua de diferentes acuíferos. En el sinclinal de Calasparra puede haber contaminación por el río Segura en pozos muy próximos al río en momentos de fuerte explotación; en el Alto Guadalentín en ocasiones pueden haber problemas de CO<sub>2</sub> geogénico (con aumento de la corrosividad del agua) [JLGA] [RA].

En Canarias hay que poner atención a la calidad de fondo; hay algunos problemas de As (aislados), Cd, Pb, Hg, plaguicidas y compuestos orgánicos volátiles a causa de la explotación intensiva, lo que reduce la disponibilidad de agua para abastecimiento; las aguas profundas pueden tener contenidos excesivos de F, HCO<sub>3</sub> y Na [SK].

### 1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de **calidad** del agua subterránea existentes en el uso del agua?

La degradación de la calidad hace necesario adaptar los usos a la calidad existente. Si no es posible habría que reconvertir los usos lo que, bajo la hipótesis de una explotación minera, no siempre es posible porque los nuevos usos probablemente no generen el valor añadido necesario para justificar la explotación, aunque puede serlo si se está trabajado con instalaciones totalmente amortizadas y el valor generado es suficiente para cubrir el beneficio y los costes de mantenimiento o se recurre al chantaje social de mantener el empleo directo generado; realmente si la economía no se ha diversificado debería resolverse por el cierre de la explotación ya que no ha sido capaz de generar actividad económica distinta de la de la propia explotación, a modo de la reconversión industrial española de 1970 - 1980 [JMSF]. La alta salinidad y alto contenido en Na [RA] es un problema en diversos lugares del Levante, lo que puede obligar a desalobrar, pero ello no limita el uso del agua cuando hace falta en cantidad [JLGA].

En Canarias TDS de 500 mg/L ya afectan a cultivos sensibles y 1500 mg/L afectan a la mayoría de las plantas [SK]. El turismo también demanda agua y con mejor calidad que otros usos [JJOQ].

### 1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para **paliar** la mala **calidad** del agua subterránea, si es ese el caso?

Las medidas se adoptan a nivel privado, ya sea mezclando o reduciendo la salinidad por RO con un notable coste adicional; hay muchas plantas operando sin permiso en el Levante español [RA]. Una forma de mejorar la calidad del agua suele ser mejorar las condiciones de recarga (recarga artificial), pero no se suele disponer de agua en cantidad y calidad suficiente y de manera permanente, y si se tiene ¿por qué no utilizar el excedente de manera directa? [JMSF].

En Canarias, a corto plazo se recurre a mezclas, restricciones temporales al uso doméstico, hacer nuevas captaciones (caso de La Laguna). A medio plazo se recurre a tratar, sanear, proteger contra vertidos, aprovechar agua regenerada, desalinización, y evitar que aguas de rechazo del tratamiento de aguas de mala calidad entren en redes de transporte de agua [SK]. El abastecimiento se puede solucionar con agua de mar desalinizada (SCTF, Adeje-Arona); en agricultura cabe el aporte de agua regenerada (de SCTF-Valle de San Lorenzo por BALTEN) pero es cara y de mala calidad (1500-2000 µS/cm); eso supone mezclar o buscar otros suministradores. Como no hay suficiente ca-

pacidad de almacenamiento para sequías hay que recurrir a los pozos costeros, pero estos no son usables por alta salinidad [RP]. Para evitar los riesgos de salinización los pozos altos se construyen sin llegar al nivel del mar, pero eso limita sus caudales y la capacidad de responder en sequías, además del elevado coste de extracción.

## 1.3 Aspectos ambientales

### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas? ¿Se puede estimar? ¿Es conocido?

Las consecuencias son la desaparición de manantiales, posibles pérdidas de calidad y alteraciones ecosistémicas y en la biodiversidad [BA].

Las principales consecuencias en el Vinalopó ha sido la desconexión entre aguas superficiales y aguas subterráneas, el secado de numerosos manantiales y la afección a pequeñas zonas húmedas y ambientes ribereños; el ejemplo más destacado es el secado de la laguna de Salinas, al parecer por la pérdida de los aportes de los manantiales de los relieves que la bordean; el propio río Vinalopó y su afluente Tarafa han reducido su caudal como consecuencia de la pérdida del agua procedente de manantiales; a esto hay que añadir la progresiva salinización de parte de las captaciones [JMAR].

La existencia de zonas húmedas catalogadas en el Alto Vinalopó (Laguna y Saleros de Villena y Laguna de Salinas) se refleja en la Resolución de 9 de marzo de 2011 de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, que los incluye en el Inventario Español de Zonas Húmedas entre los 48 humedales de la Comunitat Valenciana; de una situación histórica de niveles freáticos someros se tiene actualmente una profundidad actual del nivel del agua subterránea superior a 150 m [EEJ]. No hay una estimación de las consecuencias y de los daños ambientales que se produjeron en la década de 1960 y 1970 ya que entonces el estado de conocimiento y la sensibilidad con respecto al medio ambiente era muy diferente al actual [JMAR]. No parece que hayan sido importantes en el Alto y Medio Vinalopó [VR]. Se ha optado por importar agua en vez de gestión más eficaz. El cese de la agricultura supone una mayor erosión en los terrenos abandonados [FLR].

En el Campo de Cartagena hay desaparición de descargas naturales y altas concentraciones de  $\text{NO}_3$  [JC], con afecciones al Mar Menor y problemas con la disposición de las salmueras residuales de desalobración, las que requieren gestión. El Mar Menor mejoraría con un buen uso de fertilizantes [RA].

En las Cuencas Mediterráneas Andaluzas los impactos no están descritos en el PHCMA [NHM].

En Canarias hay pérdidas de nacientes (v.g. Barranco de Ruiz en TF) e impacto visual de los terraplenes y terreras

de las galerías [JSM], con salinización y contaminación de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  y plaguicidas en zonas con sorribas [RP].

En TF la explotación del agua subterránea tiene unas escasas repercusiones ambientales, y las que hubieron corresponden a un pasado relativamente lejano; el cese de la minería del agua no va a producir mejoras ambientales sensibles, luego ¿por qué no continuarla mientras sea económicamente, física y cualitativamente posible y esperar que la tecnología futura ayude a resolver los problemas de disponibilidad de agua? [LP].

### 1.3.2. ¿Si hay daños ambientales, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?

La cantidad es recuperable pero no la calidad [BA].

En el Levante español los daños ambientales no son recuperable si no cesan las actividades que los causan, es especial las actividades de riego de baja/media productividad. Se podría recuperar en 15–20 años si hay voluntad actuando sobre el abastecimiento urbano, turístico y agricultura intensiva [JC], pero sin grandes cambios en el sistema hace falta transvasar agua [RA]. Es posible que el regadío acabe siendo un acontecimiento de un tiempo, que después cambia y se reconvierte, pero con un tránsito complejo y a veces económica y socialmente doloroso.

En el caso del Vinalopó no se considera posible la recuperación a medio plazo de la conexión entre los sistemas superficial y subterráneo; la situación actual es tan alejada de la inicial que existen dudas sobre los efectos que tendría, existiendo incluso sobre su conveniencia [EEJ]. A largo plazo, con un coste elevado y con una pérdida de suelo irreversible, el transvase Júcar–Vinalopó es una solución de oferta de agua que extiende y propaga el daño a otras cuencas; además faltan medidas de contención de la demanda y solucionar el rechazo al agua desalinizada [FLR].

La reversión de la actual situación de los acuíferos del Levante español implicaría varias décadas de contención efectiva de las extracciones subterráneas; no parece que el estado de gobernanza actual en materia de agua pueda garantizar la aplicación de medidas de este estilo con la percepción actual de los usuarios de que sobreexplotar los acuíferos es gratis, pues no existe instrumento económico alguno en manos de la administración que penalice el deterioro cuantitativo o cualitativo de aguas subterráneas [GF].

En la Vega Media del Segura hay subsidencia del terreno [RA].

En TF la recuperabilidad es a muy largo plazo, muchos años en La Orotava y Valle Guerra [RP], y supone recuperar las reservas consumidas [SK]. El impacto visual de las escombreras se pueden restaurar y los caudales se pueden substituir [JSM].

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

Existe un incremento del riesgo de desertificación al tenerse menos agua para los ecosistemas [JSM], a lo que se suma que la gente joven tiende a dejar la agricultura [RP]. El paisaje de la cuenca del Vinalopó es crecientemente árido y fragmentario, con zonas degradadas por vertidos ilegales, pérdidas de suelo por erosión y pérdida de biodiversidad. Para mostrarlo La asociación ciudadana Encuentros del Vinalopó ha realizado paneles didácticos y explicativos del estado, presiones, impactos y amenazas asociadas a la cuenca del río Vinalopó; muchos rasgos hídricos han desaparecidos o están degradados por la falta de aportaciones de agua subterránea [GF].

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

#### 2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un factor de progreso económico y bienestar? ¿Es sustentable?

En general el uso intensivo y la minería del agua subterránea ha sido un factor de progreso económico y social, pero debería haber tenido más organización y control [FA]. Como motor de una agricultura intensiva empieza a no ser sostenible [JB] y su efecto acabará al agotarse el acuífero [ADV], cuando entrarán otros motores. El progreso económico ha ido acompañado de impactos también económicos y conflictividad social, y con traslado de problemas a otras áreas y a tiempos futuros [NHM]. El progreso producido en horticultura y turismo ha creado déficits de desarrollo social (inmigración) [JC]. Hay actividades que no son posibles con agua cara y el coste de la energía es un notable limitante; no se han desarrollado alternativas de desarrollo y se ha utilizado un modelo de precios artificialmente bajos [ADV].

Bajo un punto de vista microeconómico, toda explotación minera tiene una primera fase de auge en que la explotación produce beneficios extraordinarios y contribuye al progreso y bienestar, para posteriormente pasar a una situación de costes marginales crecientes y por tanto a la disminución del bienestar; la viabilidad supone adoptar acciones intermedias de carácter estructural (no técnicas) que se dirigen a la reinversión de los beneficios extraordinarios (no de los ordinarios) para crear una diversificación del tejido productivo con actividades no ligadas al agua o al menos no ligadas a un uso intensivo de la misma, o con inversión en I+D+i para lograr menor dependencia del uso del agua, siempre moderado; los ahorros generados no deben ser empleados en ampliación de los usos; los acuíferos almerienses pueden ser ejemplo –no perfecto– de la aplicación de este tipo de actuaciones, pero el Valle

del Vinalopó por falta de medidas para revertir la situación y porque se aboga aportaciones externas [JMSF].

En el Alto Vinalopó la extracción de 37 hm<sup>3</sup>/a de agua subterránea produce 12 M€/a que resultan en 6 M€/a de beneficios, principalmente del olivar y viñedo para vino, sin riesgo próximo de agotamiento; en el Medio Vinalopó la extracción de 72 hm<sup>3</sup>/a produce 72 M€/a y 43 M€/a de beneficio, principalmente del viñedo de vino y mesa, frutales y olivo, con un aumento progresivo de la parte destinada al abastecimiento de viviendas diseminadas (18%), pero con riesgo de alto coste por gran descenso piezométrico y salinización; de hecho en Asp ya se ha producido un gran abandono del cultivo del viñedo de mesa (queda la cuarta parte) y en menor proporción en Fondo de les Neus [JA].

El balance económico es positivo y lo seguirá siendo en el Alto Vinalopó pero en el Medio Vinalopó depende de las transferencias de agua desde el Alto Vinalopó y la disponibilidad de aguas regeneradas, desalinizadas y aportadas del transvase Júcar-Vinalopó [JA]. El valor incorporado a las tierras puestas en regadío supone un factor multiplicador de varios enteros con respecto al valor de los terrenos de secano, además de la atracción de empresas y organizaciones de transformación y modernización agraria, desalobración de aguas regeneradas y apoyo a la Administración, además de agrupaciones de usuarios para conseguir ahorro y mejores precios de la energía; en el Vinalopó se han conseguido ahorros de hasta el 35% de agua de modo que las extracciones reales menores que las asignaciones oficiales [MS].

Toda explotación minera tiene una primera fase de auge en que la explotación produce beneficios extraordinarios, en el concepto microeconómico del término, y contribuye al progreso y bienestar, para posteriormente pasar a una situación de costes marginales crecientes y, por tanto, a la disminución del bienestar; si no se adoptan acciones intermedias de carácter estructural (no técnicas) es directamente inviable a plazo determinado; esas acciones se dirigen a la reinversión de los beneficios extraordinarios (no así de los ordinarios) para crear una diversificación del tejido productivo con actividades no ligadas al agua (o al menos no ligadas a un uso intensivo de la misma) o para inversión en I+D+i para menor dependencia del agua, siempre con una moderación en el uso del agua por lo que los ahorros generados no deben ser empleados en ampliación de los usos; los acuíferos almerienses pueden ser ejemplo –no perfecto– de la aplicación de este tipo de actuaciones, pero no en el Valle del Vinalopó por falta de medidas para revertir la situación y por lo que se aboga aportaciones externas [JMSF].

En algunas áreas de la Cuenca del Guadalquivir la explotación intensiva del agua subterránea ha permitido el arranque económico y ha sido el motor económico y social de los 25 años precedentes y está previsto que lo sea en los próximos 20 años [JCR].

La extracción de reservas de agua subterránea ha sido esencial para el desarrollo de las Islas Canarias, con mejora de la calidad de vida, desarrollo sostenible, pero es conocido sólo en parte [SK], aunque hay opiniones contrarias [NP] [JJOQ]. La anterior rigidez de oferta, que favorecía el oportunismo y la especulación, actualmente se ha moderado por la disponibilidad de agua desalinizada y regenerada a precios de mercado [JJ].

En Tenerife, el PHITF 2014 reconoce que los precios del agua producida industrialmente (desalinización agua de mar, desalobración y reutilización) no incorporan todos los costes, fundamentalmente las amortizaciones de los inmovilizados. Por otro lado, todos los años se reproduce la queja “política” sobre la minoración progresiva de las subvenciones del Estado a las aguas desaladas [LP].

Bajo una perspectiva histórica, en la década de 1880 acabó en Canarias el antiguo modelo económico de producción para consumo propio con el arranque del ciclo de agricultura de regadío y exportación, la llamada etapa frutera, por completo dependiente del regadío y por tanto del agua; a partir de la década de 1970 el turismo de masas pasó a ser el nuevo motor de la economía del archipiélago, desplazando a la agricultura de regadío de su papel de protagonista de la economía y se dio entrada a la desalinización de agua del mar para mitigar la dependencia de las aguas subterráneas; estas transformaciones cancelaron la ventaja comparativa de las islas con aguas subterráneas frente a las que no las tenían, hasta el punto paradójico de que en Canarias hay ahora una correlación negativa entre riqueza y disponibilidad de agua [AHL].

La agricultura de regadío, acompañada de minería del agua subterránea, introdujo dinamismo en las economías, capacidad de transformación social de Canarias y progreso, muy en particular en Tenerife, pero el modelo económico frutero de Canarias no resultaba sostenible a largo plazo y de hecho ha sido ya substituido en gran medida por un modelo vinculado principalmente al sector terciario, con menor uso de agua [AHL].

La economía frutera ha supuesto en Canarias un acelerado proceso de acumulación capitalista, entre otras cosas como inversiones hidráulicas, e incrementó substancialmente la oferta de trabajo a disposición de la población que en parte palió los tradicionales problemas regionales de excedentes de población y emigración exterior, pero también ha implicado la enajenación de sus recursos naturales y ha llevado a la proletarianización del campo; estas contradicciones y otras muchas hacen que los diagnósticos económicos y sociales resulten complejos y controvertidos [AHL].

### 2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado al tratamiento para obtener de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?**

El impacto sobre el desarrollo depende del área que se considere. En el Levante español el coste del agua es el 0,5% de los costes totales del turismo y el 1,5–5% del de la agricultura intensiva (en Almería es el 2,5% [JB]), de forma que es posible recurrir a recursos de agua no convencionales (agua desalinizada y regenerada) en el “mix” del agua, quizás hasta duplicar su aportación [JC], y cuando hace falta complementar el suministro de riego. Eso hace que el problema de la minería del agua subterránea sea secundario.

Por otro lado, la desaparición de fuentes de recursos de agua de abastecimiento a causa de la explotación intensiva de los acuíferos supone costos económicos adicionales a la población y al erario público [NHM]. Pero hay situaciones en que se puede limitar [FA] y financieramente no sostenibles.

El problema de la minería del agua en España es que nunca se ha planteado como tal sino que ha resultado ser una situación sobrevenida, en parte porque las barreras de acceso a los usos del agua, tanto económicos como técnicos y administrativos, han sido mínimas, de modo que la minería del agua ha sido el fruto de acciones individuales descoordinadas; la solución liberal es dejar que las cosas evolucionen por sí mismas, incluso hasta su desaparición, como en los sectores mineros tradicionales y en la industria, aunque casi nunca ha sucedido en el sector agrícola: sin embargo, la solución que se elige suele ser la intervención del sector público para mantener las explotaciones, es decir, la socialización de las pérdidas mediante actuaciones que van desde la subvención a la explotación a la aportación externa de agua, las que si no se adoptan medidas de racionalización de los usos sólo contribuyen a cebar el problema [JMSF].

Parece improbable que en la España peninsular e insular haya hoy territorios cuyo desarrollo no sea posible por falta de recursos de agua sostenibles [AB] [LP], aunque hay quien opina que sí que puede limitar en determinadas ocasiones del Levante español [FA] y de Canarias [NP] por resultar financieramente no sostenibles.

La explotación intensiva y minería del agua subterránea en Canarias se puede ver cómo un fenómeno episódico ligado a la economía frutera; actualmente ha declinado significativamente y esa economía frutera ahora depende más de otros factores tales como el coste de la energía para extracción, regeneración, desalinización y transporte del agua, el precio del transporte aéreo de los productos, la situación económica de los países que alimentan su demanda turística, la estabilidad de los países que compiten con el archipiélago en el mercado frutero y turístico europeo y otras circunstancias semejantes, que de la mayor o menor dotación de agua o su carestía [AHL].

En cuanto a las condiciones sobre la economía frutera en Canarias, dejando de lado la mayor o menor producción, los cambios en el tiempo, son menores: se minoran las dificultades en el transporte (por ejemplo, aumentan las subvenciones al transporte de mercancías, hasta el 70 % de determinados costes en productos agrícolas, excepto el plátano), se mantienen parte de las reservas de mercados, etc. Pero la dependencia del factor agua se ha relajado por una reducción de la demanda del recurso ligada a la extensión de los métodos de riego localizados, esto es, a una mayor inversión en optimización de procesos. Consecuentemente, la reducción del gasto agrícola ha liberado recursos en el mercado, lo que en el caso de Tenerife se ha traducido en el mantenimiento de precios de las aguas subterráneas, en términos insulares, mucho más que por la introducción de la producción industrial de agua (PIA). Por otro lado pueden aportarse ejemplos en que la gestión por los particulares de la PIA, se ha revelado eficiente y sostenible en términos económicos (Fañabé, El Tanque), a diferencia de lo acaecido con la gestionada por el sector público [LP].

Sin embargo las islas deberán contar siempre con una dotación mínima y suficiente de agua para abastecer a su alta población y para sostener el desarrollo económico, vinculado ahora mayormente al sector terciario, aunque probablemente ya no será preciso seguir explotando reservas subterráneas de forma tan intensa [AHL]. El alto coste del agua subterránea en las áreas costeras con desarrollo agrícola de exportación en GC ha llevado a notables mejoras tecnológicas, que incluyen la autoproducción de energía en un marco de intercambio ventajoso y la estandarización de equipamientos en unidades de tamaño medio flexibles, aunque las principales mejoras son en tecnologías que aumenten la competitividad y que tienen menor relación con el agua {FO}.

### 2.1.3. ¿Habiendo sido el agua subterránea un impulsor inicial del desarrollo económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?

En general el agua subterránea es y seguirá siendo un impulsor inicial del desarrollo económico [FA], pero con la limitación del coste energético [ADV] y con una presión sobre los recursos de agua subterránea decreciente; el modelo de minería del agua subterránea que ha sido válido transitoriamente [JC] ya no lo es, aunque el agua sigue siendo necesaria [AG]. El signo del balance económico es más que cuestionable a largo plazo; con rendimientos marginales decrecientes derivados de la explotación del agua no parece lógico basar el crecimiento en el mantenimiento, siquiera parcial, de la explotación intensiva y minera, salvo en tasas que permitan la recuperación del acuífero afectado en un tiempo razonable; por ello es deseable reconducir las situaciones actuales y futuras a situaciones de buen estado mediante un manejo temporal adecuado del sistema de excepciones [JMSF].

La actual reforma de la PAC desacopla las ayudas de la producción agrícola e introduce condicionantes medioambientales, de forma que el regadío ya no es un motor; se trata de mantener la productividad a corto plazo pero a medio plazo hay que ir hacia una utilización más sostenible; eso supone reasignar recursos de agua entre usuarios, con creciente conflictividad social y política y elevado coste financiero, y con posible mayor importancia de la desalinización y la reutilización [NHM].

En Canarias las aguas subterráneas siguen siendo un motor y son estratégicamente fundamentales [NP]. No obstante, en el momento actual la iniciativa privada está desmotivada, desmotivada, como reconoce expresamente el PHITF en su versión de 2014. Sin embargo, el mismo documento admite que en buena parte de Tenerife los precios de mercado del agua hacen económicamente inviable la reutilización de aguas regeneradas y la desalación de agua de mar, de la misma manera que en el Sur insular los precios de las distintas aguas se aproximan, siempre que no se incluyan las repercusiones de las amortizaciones de las instalaciones [LP]. Cabe esperar que el papel motor vaya disminuyendo en el futuro, con una mayor presencia de un "mix" de fuentes de abastecimiento [JJOQ] [AHL].

### 2.1.4. ¿Cuál es el balance económico resultante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que evolucione?

El balance económico parece positivo pues la actual crisis económica ha afectado poco al turismo y a la agricultura intensiva [JC]. Por otro lado la posibilidad de acceso al agua de los pozos en áreas servidas con aguas superficiales, y también en las servidas con aguas superficiales, supone el beneficio equivalente a un seguro agrario {GDLC}. En muchas áreas del Levante español se depende de la disponibilidad de recursos de agua superficial, que son más baratos que las aguas subterráneas [FA]. No se han favorecido alternativas al mantener un sistema de precios artificialmente bajos [ADV]. Ante la escasez de agua la Administración responde con un incremento de la oferta de agua propia de la cuenca, desalinizada y regenerada, aguas superficiales importadas (transvasadas), con costes elevados, de modo que el usuario prefiere utilizar el agua subterránea cuando le es posible; eso supone problemas de gobernanza en relación con las prioridades de usos establecidas: aguas superficiales de la cuenca, pozos autorizados, aguas regeneradas, agua desalinizada y finalmente aguas subterráneas no legalizadas [JB]. En Canarias el balance económico es positivo y lo seguirá siendo [JJOQ], pero con baja eficiencia [NP].

Desde una óptica económica se ha creado riqueza, pero el balance puede ser negativo en cuanto a la sostenibilidad del modelo físico, las tensiones ambientales y las referidas al coste del recurso, en la línea de reducir e incluso revertir los beneficios derivados de la sobreexplotación o ex-

plotación intensiva; en la medida en que pueda generarse un problema social de una cierta importancia o exista una presión de los “señores del agua” en el Levante español el problema tenderá a solucionarse mediante subvenciones o por transferencia de recursos; si las explotaciones no son viables las soluciones deberían pasar por una reconversión del regadío o una asunción de los costes de explotación directamente por parte de los usuarios del agua [JMSF].

En Almería la explotación intensiva de los acuíferos desde 1975 ha supuesto un aumento de la producción agrícola de regadío y de la productividad en €/ha, que compensa la disminución de precios, de modo que la renta del agricultor se ha mantenido [JB].

### 2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua y del acuífero** en el balance económico? ¿Cómo se podría hacer?

Al ser agua en el medioambiente un bien público se ignora en la solución de mercado y es tratada como una “externalidad” [JA], de modo que no se considera el valor del agua. La valoración debería hacerse a través del valor de reposición, por el coste de la fuente alternativa (el coste del agua desalinizada en este caso [NP]) o por la renta del recurso como la parte de creación de valor del sector que corresponde al agua [JB]. En la importación de agua al sistema Negrátin-Almanzora el valor sería de aproximadamente 0,45 €/m<sup>3</sup>, que se aproxima al de la oferta de agua desalinizada; el precio del agua a la entrada de invernadero es de 0,45-0,90 €/m<sup>3</sup> [JB].

Así pues, sólo se consideran los costes de extracción y distribución, sin las externalidades ambientales ni los costes futuros de la energía [JC]. Se deberían considerar las externalidades, al menos las producidas en otros usuarios [FA]. La creación de un impuesto ambiental es un modo de internalizar al menos parte de esos costes [ADV]. Se mide el valor del agua por su productividad aparente (margen neto/ cantidad de agua usada) y no se tiene en cuenta los costes de gestión, tecnología, capital,...

Para considerar el bienestar social, que incluye los aspectos económicos y medioambientales (beneficio privado + beneficio “social” medioambiental), es necesario valorar el agua en las actividades económicas y en los usos medioambientales que sostienen los ecosistemas; las decisiones de asignación en las redes urbanas pueden tomarse a través del mecanismo de mercado, pero en el regadío y medioambiente el enfoque ha de ser institucional porque al tratarse de bienes comunales o públicos es necesaria la cooperación de los grupos de interés para lograr la acción colectiva de cuidar el recurso; este enfoque institucional es el que está vigente en España [JA]. Sin embargo hace falta una reforma total del régimen económico de la Ley de aguas, de modo que los usos prioritarios compensen a derechos que sufran limitaciones, que los precios del agua reflejen las externalidades ambientales (actualmente, aparte de declaraciones teóricas, no hay nada que obligue a hacerlo)

y que se recoja los aspectos de la calidad [AB].

El valor de mercado de los recursos subterráneos de la isla en Tenerife, bajo condiciones de mercado libre, alcanzó en 2005 en torno a los 60-70 M€, con un valor añadido bruto agregado a precios de mercado de su sistema productivo de unos 14.000 M€, lo que indica que la participación del sector hidráulico en el PIB insular es de alguna milésima; el valor de todas reservas extraídas del acuífero podría suponer alrededor del 20% de ese valor añadido bruto a precios de mercado agregado; se trata de una situación común en las economías modernas – y probablemente también en las menos modernas – en las que los recursos de agua pesan poco por sí mismos en las cifras de sus agregados macroeconómicos [AHL]. Se ignora si el agua se incorpora a la contabilidad regional canaria o cómo se incorpora (probablemente está dentro de la producción final agraria en su mayor parte), pero el que se produzca o no esa incorporación parece irrelevante ante la escasa importancia dentro del sistema productivo [AHL].

### 2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones directas o indirectas** se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?

Las subvenciones directas o indirectas pueden tener un efecto positivo y jugar un papel importante para mejorar la gestión del agua, como son las inversiones en tecnologías de agua tales como plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de desalinización y modernización de regadíos; sin embargo, aunque compensan los problemas de escasez y degradación de agua, por sí mismos no pueden lograr una gestión más sostenible porque se requiere la cooperación de los grupos de interés en un marco institucional adecuado [JA]. No obstante hay dudas sobre si esas subvenciones se aplican adecuadamente en una economía global en que domina la corrupción [JJOQ].

También las subvenciones pueden tener efectos negativos al inducir pérdidas de eficiencia, por lo que deberían minimizarse, y en todo caso ser proporcionales a los beneficios que reporten a los beneficiarios del conjunto de la sociedad, como es el mantener los ecosistemas y sus funciones y servicios [FA]. Con frecuencia las subvenciones son perversas y no van dirigidas al medio ambiente; no hay canon sobre las aguas subterráneas (salvo en la Ley de aguas de Andalucía) ni se consideran externalidades [JC]. Las subvenciones pueden favorecer la aparición de círculos de rentistas [ADV].

Las subvenciones distorsionan la competencia y no tienen en cuenta otros tipos de problemas ligados a la explotación agraria, como el de la contaminación que se deriva, que se agudizan en casos de explotación intensiva de aguas subterráneas; puede pensarse que las subvenciones directas a la explotación, es decir al producto, podrían ser admisibles, pero nunca lo deben de ser aquellas que subvencionen al agua (precios bajos, tarifas energéticas preferentes); estas subvenciones deben proceder de los propios sectores que las condicionan pero nunca de los presupuestos destinados al sector agua [JMSF].

En el Levante español, y en especial en Almería, no existen subvenciones directas significativas (sí que las hay en La Mancha para el maíz) pero las hay indirectas en horticultura y fruticultura al estar limitadas las importaciones de otros países (Israel, Turquía, Marruecos), lo que reduce la competencia, y ciertas ayudas a la comercialización e industrialización, I+D+i y otros, pero son mucho menores que la que en otras áreas se aplican al olivar, cereales y ganadería; no hay subvenciones específicas para el agua subterránea y sí que las hay para el agua desalinizada [JB]. El sector agrario que usa agua superficial subvenciona perversamente al sector urbano e industrial ya que aquel paga el canon de regulación y no tiene suficiente garantía, y este tiene una garantía de casi el 100% [JB].

En el Levante español las subvenciones de la PAC representan una parte pequeña en los ingresos del regadío (frutas y hortalizas), por lo que su utilización para influir en la gestión del agua solo puede ser marginal [JA].

En Canarias las subvenciones estatales no han sido importantes, en buena parte por no ser posibles ya que estaban diseñadas para Comunidades de Regantes, figura que no se da en Canarias; la situación ha cambiado tras la formación de la Comunidad Autónoma de Canarias, que contempla auxilios para las obras hidráulicas de iniciativa privada y también para la mejora de regadíos, las que el año 2005 representaron del orden del 1% del valor de las aguas extraídas de los acuíferos insulares; desde el punto de vista cuantitativo pesaron poco en la economía del sector, aunque pudieron tener importancia como incentivo [AHL]. El déficit de las empresas públicas dedicadas a los abastecimientos urbanos y en especial de BALTEN, que es la única empresa pública insular del agua que existe en Tenerife, también debería considerarse subvención pública, pero se carece de información [AHL]. Las ayudas de la PAC (Política Agraria Comunitaria) cesará en 2016 [TAGUA].

**2.1.7. ¿Se considera el valor de las reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta? ¿Es importante? ¿Cómo se puede tener en cuenta?**

El valor de las reservas de agua consumidas no se considera; puede ser importante [JB] [AG] o no [ADV]. Se puede tener en cuenta al estimar el valor en función del grado de consumo de reservas [FA]. El precio no es el instrumento adecuado para la valoración y hay que recurrir a métodos en relación con la gobernanza, controles y comunidades de usuarios [JB]. Además hay que valorar la conservación de las reservas de agua subterránea y tener en cuenta que los acuíferos se recargan [NP].

Para poder utilizar el conocimiento del agua virtual en la mejora de la gestión del agua se requiere diseñar medidas de comercio exterior, lo que es cuestionable y fuera del ámbito de actuación de los organismos comúnmente involucrados; la mejora de la gestión es a nivel local, lo que exige la acción colectiva de los grupos de interés de

esa área y esto no se puede conseguir con políticas de comercio exterior [JA].

En Gran Canaria y Tenerife el agua es un producto y un bien de consumo, al mismo tiempo que un factor de producción, con la particularidad de que los tres se intercambian en mercados competitivos en condiciones de libertad de negociación, en especial en TF [AHL], pero esto vale para las aguas subterráneas y no para las de producción industrial [LP].

En un sistema de competencia perfecta, el precio de un factor productivo refleja tanto los costes marginales de su obtención como su productividad marginal y bajo este punto de vista los precios del agua, y por tanto los costes de los que la aprovechan, tendrían que traslucir los costes de captación, bien sean recursos o reservas, con un progresivo encarecimiento a medida que se van extrayendo reservas cada vez más profundas. Sin embargo, en Tenerife los precios reales de mercado del agua no parecen reflejar la evolución de sus costes de obtención ya que tras dos décadas (1960–1980) de precios con tendencia claramente alcista (duplicación en términos reales), se ha entrado en un dilatado período de 25 años de casi completa estabilidad en el entorno de 0,5 €/m<sup>3</sup>, cuando en ese mismo período los costes de obtención de agua subterránea mediante galerías y pozos aumentaron en forma substancial [AHL].

La posible explicación es la reducción de la superficie agrícola (en Tenerife desaparición, casi total, del tomate, por ejemplo) sumada a un acercamiento a la optimización del gasto hídrico se ha traducido en una menor necesidad de caudales, esto es, en un desplazamiento de la curva de demanda de agua. Al menos en Tenerife el desplazamiento ha sido más acusado que el de la curva de oferta, bien por menores productividades, bien por abandono de instalaciones [LP].

## 2.2. Precios del agua subterránea

**2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, qué mecanismos determinan el precio del agua al usuario que la ha de adquirir, y qué mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?**

Hay que considerar todos los costes asociados al suministro [FA]. La tarificación no es un método adecuado pues hay áreas que son mucho más productivas que otras, en las que el precio no controla la extracción [JB].

El incremento del precio por la Administración del agua transfiere renta del agricultor a la Administración y eso afecta a la viabilidad de las exportaciones; es preferible pagar un canon que permita el funcionamiento de la administración del agua [JB]. Si disminuye el consumo de agua urbana o de otro uso por distintas causas se suele recurrir a proponer aumento de tarifas para compensar déficits de ingresos, y ello sea cual sea la calidad [BA].

En el establecimiento de precios es frecuente encontrar cierta opacidad que favorece sospechas, como que el uso urbano subvenciona el uso agrario [FLR].

En parte del Levante español la extracción de agua subterránea está limitada por las condiciones de estrés de los acuíferos; el agua del TTS es la principal fuente de suministro de agua de riego, a la que se suman además las aguas superficiales propias y las regeneradas y desalinizadas; esto hace que el uso del agua sea gestionado por organizaciones tales como las Comunidades de Regantes, que son quienes fijan el precio del agua que suministran al agricultor, el cual ha oscilado en función de la disponibilidad [MDDM]. El precio se debería estimar en función del cultivo que mayor margen proporcione al empresario que sepa adaptarse a los problemas de escasez con la adopción de tecnologías ahorradoras de agua y obtenga ventajas económicas derivadas entre otras de la de la producción temprana, menores costes de producción y mejores calidades [MDDM]. En el Levante español el coste marginal del agua ronda 1 €/m<sup>3</sup> [JB].

En Canarias los precios los fija en general el mercado y cubren los costes de captación y transporte (incluyendo mermas) y consideran cierto beneficio, pero no otros costes [LP].

Los valores son diferentes si se trata en captación o en alta, ya que entre ellas media el transporte, salvo que este se haga sin cargo por parte de la Administración utilizando sus propios medios o que sólo cargue la energía pero no la amortización de las instalaciones; cifras comunes en TF son de 0,4 a 0,5 €/m<sup>3</sup>, hasta 2 €/m<sup>3</sup> al usuario urbano [LP]. Se consigue que los precios del mercado se asemejen a los de la oferta pública de agua [CIATF]. Los precios del agua se han mantenido poco variables desde hace décadas cuando se miden en moneda constante, exceptuando la subida puntual que se produjo por el aumento de tarifas eléctricas en 2008, y aún así de forma atenuada {SAVASA} {FO}.

**2.2.2. ¿Cuál es el papel de la Administración del agua en el control de precios del agua al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado? ¿Es necesario o conveniente ese papel o es perturbador?**

La Administración del agua debe controlar los precios, destinos y usos del agua [JJOQ] [FA], pero ha de realizarse con cierta antelación para que el agricultor pueda llevar una adecuada planificación de sus cultivos, y con un sistema tarifario fijado en función del verdadero consumo [MDDM]. No se debe aportar agua a precios políticos ya que tienden a estar subvencionados: en desalinización se paga el 50% del coste real; el canon de regulación de aguas superficiales está subvencionado en alrededor del 70%; el agua subterránea no paga canon alguno; debe haber una tasa que financie el servicio [JB].

La Junta General de Usuarios del Alto Vinalopó es una corporación de derecho público que actúa como administración, sin diferencias entre el papel del suministrador colectivo y de administración pero sujeta a la normativa y criterios de la CHJ; en este momento aún no hay precios del agua establecidos por la Comunidad [MS].

La evolución en Canarias es a que las empresas tienden a dominar; los municipios tienden a contratos opacos y en parte se financian con ellos [NP]. En los precios de mercado influyen los intermediarios y la Administración [NP]. Los Consejos Insulares de Aguas pueden intervenir controlando precios en situaciones extremas, pero hasta ahora no se ha hecho [CIATF] {SAVASA}; sin embargo el precio del agua que producen contiene una parte decidida políticamente que se refleja en las tarifas que se publican {CIAGC}.

**2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una limitación al desarrollo o son otros los reales limitantes actuales? ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?**

La agricultura del Levante español es la actividad más afectada por los precios del agua subterránea, con su viabilidad comprometida en épocas de escasez [FA]. Las subidas de las tarifas eléctricas pueden hacer no rentables determinadas explotaciones agrícolas en el Vinalopó [VR]. Sólo los cultivos más rentables pueden pagar los precios más elevados [ADV].

El agua desalinizada está disponible a >0,50 €/m<sup>3</sup>, que es bastante superior al precio del agua del TTS, y para afrontarlo se requiere otro tipo de agricultura; ese precio no limita al uso urbano y turístico [MS]. En realidad no se trata de precios propiamente dichos pues no resultan de un sistema de oferta y demanda; no hay un precio público del agua subterránea homologable al del agua superficial ya que la garantía de disponibilidad de aquella es alta [JB].

El abastecimiento de la población es un objetivo prioritario y quizás es el sector menos afectado; los sectores industrial y turístico internalizan el precio en el bien producido o en el servicio, con lo que la afectación es transitoria; el sector agrario es el más afectado por una subida de precios, lo que ha provocado un éxodo del campo a la ciudad [MDDM]. Los niveles piezométricos descendentes en el Campo de Cartagena hace no sólo económicamente insostenible sino técnicamente imposible la explotación agraria [MDDM].

En TF los precios del agua subterránea no limitan gravemente la economía agraria debido a la intervención del CIATF; la limitación será debida a la desaparición de las subvenciones de protección a los cultivos (principalmente el plátano) y crezcan más los costes de la energía [NP]. El precio del agua no es actualmente una limitación a la minería del agua subterránea [LP]. Sin embargo la falta de inversiones privadas puede llevar a futuros problemas de desabastecimiento {TAGUA}.



**2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?**

Lo hace en las mismas condiciones que aquellos que no disponen de agua subterránea propia [MDDM]. En parte del Levante español el agua subterránea es actualmente más cara y de peor calidad que el agua superficial, de modo que el usuario prefiere esta última; lo contrario sucede con el agua desalinizada [FA] [JB].

**2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?**

El Usuario sólo considera y refleja los costes de servicio o mercado [FA], o sea extracción, transporte, distribución, energía, personal y otros [JB]; nunca el valor del agua [ADV]. El agua subterránea no paga impuestos ambientales. En parte del Levante español los precios de las compras de agua del TTS a las Comunidades de regantes del Tajo se ha tomado como referente del coste del recurso y así se refleja en los balances de las empresas agrarias [MS].

**2.2.6. ¿Qué precios/costes del agua se aplican? ¿Bajo qué condiciones?**

En el Levante español el precio del agua subterránea varía mucho según la zona, la disponibilidad, la procedencia y el año; lo que se conoce con más precisión es lo que el agricultor está dispuesto a pagar para tener una garantía de suministro del agua [MDDM]. Hay economías de escala [ADV]. Cada usuario es particular [FA]. En Canarias el precio se fija en el mercado; en verano puede duplicar el del resto del año [JJOQ].

En los PH no se introducen costes sociales y los que se consideran están inflados y reflejan la ineficiencia [NP].

## 2.3 Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?**

Las externalidades y los impactos ambientales no se reflejan en los costes/precios del agua. Para las aguas subterráneas sólo se considera el coste financiero, sin los ambientales ni del recurso ni de gestión y control. Las aguas superficiales pagan una parte de los mismos dentro del canon de regulación y tarifa de utilización del agua, que supone del orden del 35% de los costes financieros totales [NHM]. Los costes de oportunidad se deben internalizar para mejoras que hay que introducir en la producción, en especial de cara al futuro mercado turístico y agrario europeo [JC]. En el caso de las aguas subterráneas se debe imputar a los usuarios al menos lo que sea monetizable y la contribución a los gastos asociados a las medidas de re-

cuperación del acuífero [FLR], al coste de gestión y observación [JB] [MDDM] y un impuesto ambiental [ADV] [ADV] [GF]. A mayores externalidades mayores costes de extracción. Como punto de referencia cabe considerar el valor de no uso del acuífero [FA].

El coste de escasez muchas veces se manifiesta en una elevación del precio al cual unos usuarios adquieren agua de otros usuarios, por ejemplo, ayuntamientos que compran agua a comunidades de regantes o comunidades de regantes que cobran un precio mucho mayor a usuarios domésticos en urbanizaciones o diseminados dentro de sus zonas regables que se abastecen directamente de infraestructuras que antaño eran para regadío y que continúan compartiéndose para este fin con el resto de la zona regable [GF].

En Canarias la energía puede suponer el 30% del coste total del agua y el transporte el 10%; alto precio supone alta eficiencia de uso [JSM].

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso? ¿Hay diferentes precios según la calidad? ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?**

La degradación de la calidad del agua disponible hace necesario adaptar los usos a la calidad existente.

Si no es posible hay que reconvertir los usos, lo que bajo la hipótesis de una explotación minera no siempre es posible porque los nuevos usos probablemente no generen el valor añadido necesario, aunque puede serlo si se está trabajado con instalaciones totalmente amortizadas y el valor generado es suficiente para cubrir el beneficio y los costes de mantenimiento o se recurre al chantaje social de mantener el empleo directo generado; realmente si la economía no se ha diversificado debería resolverse por el cierre de la explotación ya que no ha sido capaz de generar actividad económica distinta de la de la propia explotación, a modo de la reconversión industrial española de 1970-1980 [JMSF].

Esto es algo que raramente se plantea en el sector agrario. En general no se establecen diferencias que reflejen la calidad del agua según los usos.

La gestión de la calidad se hace mediante mezclas, sin reflejarlo en la factura del agua [BA], pero se considera en el momento de adquirir agua para diluir: superficial (si está disponible) o desalinizada (caso del Segura y Dalías) [NHM]. Se tiene la paradoja que en el Levante español el agua superficial es de mejor calidad y más barata que la subterránea [JB] aunque no siempre está disponible.

### 2.3.3. ¿Cómo se refleja en el **coste/precio** el que el agua subterránea haya de ser tratada o mezclada antes de su uso?

El coste/precio de tratamiento o mezcla del agua subterránea antes de su uso no se refleja. El coste es el que dicta la mezcla y no al contrario [FA]. La mezcla puede suponer el 20-50% del coste del agua de mala calidad [JC].

En Canarias los grandes consumidores identifican las áreas con mejores aguas [JSM]. El cultivo de la plataneira exige aguas de muy buena calidad y eso permite pagar precios altos por esa buena calidad, si ello es posible y se pueden controlar las fuentes de agua y las mezclas durante el transporte [JJ]. Los aspectos de calidad tienen peso en el caso del abastecimiento público debido a los tratamientos que hay que aplicar [JJOQ].

## 2.4 Mercados de agua

### 2.4.1. ¿Se están produciendo **transferencias** de agua entre usuarios a consecuencia de la escasez? ¿En qué contexto y bajo qué circunstancias?

Sí que se producen. En el Levante español hay mercados de cesión de derechos concesionales y de aguas subterráneas privadas. Según algunas opiniones ambos están fuera de control efectivo y hay actuaciones de cesión de derechos al margen de la legalidad y que pueden ser especulativas para obtener ingresos oportunistas (debe regularse que eso no suceda) [AB], pero según otras opiniones están controladas satisfactoriamente [ADV].

En GC y TF el eje del sistema social del agua es el comercio hidráulico: compraventa de caudales y prestación contra un precio de todos o la mayor parte de los servicios que implican la captación y aprovechamiento, junto a una red de conducción de aguas. Para que funcionen real y efectivamente los mercados competitivos de aguas ha de ser posible la concurrencia de oferta y demanda. Esto requiere disponer de infraestructura. En Tenerife los canales cumplen el papel de conducir el agua desde su captación a la utilización y además hacen posible la conexión entre vendedores y compradores de agua de modo que a cada usuario le es posible elegir entre diferentes suministradores y a cada vendedor ofrecer su agua a múltiples demandantes; esto se hace a partir de unos canales principales a los que conectan las conducciones individuales, tanto de las diferentes captaciones de agua como de los usuarios de las mismas [AHL]. También se requieren instituciones: la Comunidad de Aguas canaria y los intermediarios de aguas.

La Comunidad de Aguas canaria en una organización empresarial (persona jurídica) que agrupa a sus socios y es la propietaria de la infraestructura social y la responsable de su adecuada gestión, pero el agua obtenida es de sus asociados a título individual y privativo, de modo que el papel de la comunidad termina con la entrega las aguas a sus partícipes; no intervienen en el comercio del agua ni

obtienen beneficios pecuniarios. El intermediario de aguas es la figura que agrupa la oferta muy fragmentada y la encaja con la demanda; no suelen ser los propietarios de las aguas con las que comercian ni de los canales por los que se trasvasan [AHL]. Hay compraventa de títulos de participación (acciones) de las comunidades de aguas y compra directa (arrendamiento) del agua pero sin la adquisición de títulos; los intermediarios de agua normalmente intervienen sólo en las operaciones de arrendamiento; el servicio de los canales se presta contra un precio; hay también sistemas de embalses (mayoritariamente públicos) a disposición de los propietarios de caudales a cambio de ciertas contraprestaciones [AHL].

El inconveniente esencial del sistema canario estriba en su insostenibilidad a largo plazo por su dependencia del consumo de reservas de agua subterránea, pero cualquier otro sistema que hubiera pretendido acceder a los caudales de que se han disfrutado durante más de un siglo hubiera tropezado con el mismo inconveniente ya que se trata un una cuestión de naturaleza hidrogeológica, independiente de la organización social o económica del aprovechamiento de las aguas extraídas [AHL].

### 2.4.2. ¿Cómo afectan las posibles **transferencias** de agua a las economías del ofertante y del usuario y cómo se realizan los reajustes?

Si el sistema de mercado de GC y TF se ha adoptado y mantiene la estructura que tiene es porque entraña ventajas para los ofertantes y los usuarios y es útil y funcional; es el fruto libre, espontáneo y adaptativo de la actividad de los inversores e interesados en la gestión del agua, en particular los regantes; las ventajas son la capacidad del sistema para hacer posible la creación de infraestructura hidráulica, la eficacia en la gestión del recurso hídrico y la flexibilidad adaptativa [AHL].

### 2.4.3. ¿Se trata de transacciones de agua subterránea oficiales, extraoficiales o sumergidas? ¿Mejoran el contexto de disponibilidad de agua y con qué implicaciones económicas?

En Canarias las transacciones son extraoficiales, con variantes liberadas y ayudan a incrementar la disponibilidad de agua [JJOQ].

### 2.4.4. ¿Puede hablarse de la existencia práctica de **mercados de agua**? ¿Son en régimen de transparencia y libre competencia?

Un mercado libre del agua que funcione como tal requiere una profunda reforma de la Ley de aguas. En general no se puede asociar el agua a un mercado libre ya que es un monopolio natural; la escasez no influencia el precio per se y no son transparentes; pero en ciertos casos hay aproximaciones [ADV]. Lo que podría aproximarse a un mercado de agua no es lo suficientemente grande y lo habitual es que se trate de acuerdos bilaterales de carácter local

y coyuntural; los datos son en realidad precios pagados [en Almería son en media 0,41 €/m<sup>3</sup>] [JB]. Sin embargo en Canarias existen mercados de agua que funcionan hasta ahora dada la gran atomización de la oferta y la demanda, aunque cabe aducir que la existencia de intermediarios complica la transparencia y la libre competencia [JJOQ].

El mercado no debe ser enteramente libre sino regulado e intervenido, en el que la Administración pueda fijar precios o compensaciones máximas y mínimas en los contratos, aunque luego no sea necesario aplicarlas; esto no se ha hecho; el agua transferida en acuerdos ha pasado sin cargo por infraestructuras del Estado aduciendo la situación de sequía, lo que es una situación mala consejera [AE]. Se deben potenciar los instrumentos de mercado con suficiente regulación pública [RA].

Para que los instrumentos de mercado sean eficaces es necesario que la información sea completa, los derechos de uso sean unívocos y estén claramente delimitados y las autoridades públicas ejerzan de manera efectiva sus facultades de gestión: control, vigilancia, seguimiento, revisión de derechos y sanción de comportamientos abusivos, en su caso; hoy no se dan estas condiciones y la progresiva reducción de las administraciones públicas derivadas de los constantes recortes presupuestarios no apunta a que tales condiciones puedan darse a corto plazo; la aplicación de instrumentos de mercado sin que se cumplan las condiciones daría lugar a una apropiación de facto del agua como bien público, generando situaciones paradójicas en las que “quien deteriora, cobra”, además de que se podría continuar manteniendo o incluso incrementando el estrés hídrico [GF].

Sin embargo la actual administración pública del agua tiene una débil capacidad y carece de medios personales suficientes [AE].

En Canarias se puede hablar de mercados de agua por su atomización; en TF hay unos 30.000 tenedores de participaciones de agua {TAGUA}, pero hay concentraciones en unas pocas manos, de forma creciente, de modo que esta tendencia al oligopolio es un factor negativo en los mercados de agua, produce desinterés del sector privado y marca una evolución hacia un mayor dominio de la intervención pública, lo que es en sentido contrario a la mayoría de sectores socio-económicos {SAVASA}.

**2.4.5. ¿Qué se transfiere: asignaciones de agua, derechos de agua, propiedad de infraestructuras? ¿Se hace permanentemente u ocasionalmente?**

Se transfieren derechos de uso, de forma ocasional; de otro modo se pierde el derecho [ADV].

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1 Cuestiones generales en situación de escasez de agua

**3.1.1. ¿Cuál es el beneficio social obtenido? ¿Cómo se aplica y distribuye?**

El beneficio social obtenido hasta el momento es la parte de beneficios privados de las actividades económicas, que se rigen por el mercado de bienes producidos, principalmente cultivos de regadío y suministro a redes urbanas [JA]. No es algo cuantificable [JJOQ].

A contrario, los costes suelen recaer en la sociedad como un conjunto [NHM].

El impacto social producido por la minería del agua sería la creación de una base para la mejora de la estructura socioeconómica de la comarca o región afectada y esto puede significar una mejora a corto o medio plazo, pero si no se ha producido una transformación de la estructura económica que diversifique las fuentes de producción, a largo plazo el sistema es insostenible; la aplicación del potencial beneficio depende mucho de la estructura de la propiedad y de la forma de acceso al agua aunque en general puede afirmarse que son los grupos dominantes quienes se apropiarán de la mayor parte del beneficio (mayor en el caso de aguas privadas) por mayor facilidad de acceso a las decisiones administrativas y de regulación, mayor capacidad financiera para poner en marcha las explotaciones y mejores condiciones para la colocación del producto obtenido, sea agua de abastecimiento o un producto [JMSF].

El sistema de captación de aguas de Tenerife no trasmite costes externos apreciables fuera del sector del agua, pero que los ha habido dramáticamente dentro del propio sector; el problema y el temor de todo promotor de galerías ha sido que los caudales captados se vieran interceptados por captaciones próximas, de modo que en épocas tempranas muchas veces era una carrera de galerías contra galerías en la que podían ir quitándose el agua unas a otras; así se ha perforado más de lo necesario, lo que se traduce en mayores costes de las aguas de galerías [AHL].

La capacidad del sistema canario para generar y acumular capital hidráulico dudosamente sigue vigente en la actualidad ante el declive de la agricultura de regadío y exportación; el modelo de inversión hidráulica privada vigente en TF durante el último siglo o siglo y medio está agotado, pero no queda claro cuál será el sistema financiero e inversor que lo sustituya [AHL]. Sin embargo, tras más de casi dos décadas de cambio el sistema canario ha permitido adaptarse a las transformaciones, con la ayuda de la marcada inercia de los acuíferos insulares, pero experimenta la dificultad de ser un sistema que se apoya en una base infraestructural muy potente y exigente en inversiones; en las dos últimas décadas el sector público ha realizado

inversiones en desalinización y reutilización de aguas depuradas, pero no ha sido posible mantener los caudales de captación de agua subterránea, cuyas infraestructuras van quedando anticuadas, deterioradas u obsoletas, ni cubrir los déficits infraestructurales en servicios urbanos de agua potable y saneamiento; es dudoso que el sector público pueda hacerles frente por sí solo y el viejo sistema de capitalización hidráulica ya no está vigente [AHL].

### 3.1.2. ¿Hay **proteccionismo** en la producción y subvenciones en relación con el uso intensivo y la minería del agua del agua subterránea? ¿Qué papel juegan?

El proteccionismo y las subvenciones de la UE al sector agrario tienen una influencia limitada en los tipos de cultivo del Levante español (frutales y hortalizas), con lo que no son un instrumento importante para mejorar la gestión del agua [JA]. Las subvenciones a las inversiones en tecnologías de agua pueden servir para mejorar la cantidad y la calidad del agua, para mejorar su uso y eficiencia [JJOQ] y reducir la presión sobre los acuíferos y limitar su vaciado [JA].

Existe proteccionismo en la producción, aunque en algunos ejemplos recientes es más de naturaleza política que económica; se ha alentado la explotación de acuíferos más allá de sus recursos explotables por medidas de desarrollo regional como solución más fácil; las subvenciones han contribuido a mantener explotaciones más allá de lo que podía ser justificable económicamente [JMSF]. Más que proteccionismo hay dejadez y desprotección [AG].

### 3.1.3. ¿Qué **reacción social** existe en cuanto a los efectos **ambientales** ocasionados? ¿Son estos efectos conocidos o reconocidos?

No siempre se conocen los efectos ambientales ocasionados, aunque la hay en Daimiel y Doñana [NHM]. En general la reacción social respecto a los problemas ambientales es muy débil, tanto en los casos de minería de agua como en los de sobreexplotación intensa ya que no suelen ser evidentes a corto plazo y además las ventajas del uso del agua subterránea son tan evidentes que los costes ambientales suelen ser asumidos socialmente; a más largo plazo, en el caso de la minería del agua subterránea, tienden a ignorarse, sin adoptar medidas correctoras o transfiriendo los costes de corrección al Sector Público [JMSF].

En el Vinalopó las reacciones sociales en la zona no favorecen los aspectos medioambientales sino que los perjudican ya que los agentes sociales locales quieren conseguir recursos hídricos adicionales con inversiones subvencionadas; el actual debate sobre la conducción Júcar-Vinalopó muestra el comportamiento estratégico de los grupos de interés de la zona: los regantes de la Ribera del Júcar utilizan el agua para riego que los regantes del Vinalopó rechazan al considerarla agua de baja calidad, aunque la consigan a un coste subvencionado; estos regantes del Vinalopó piden hacer una nueva conducción desde el Júcar

medio en Cortes de Pallás que supone que los regantes de la Ribera del Júcar cedan agua de mejor calidad del Júcar medio a cambio del agua de menor calidad del bajo Júcar que ellos utilizan para riego [JA].

Se estima que en tanto haya disponibilidades suficientes para cubrir el abastecimiento de agua en GC y TF no es probable que surjan tensiones sociales en torno a la gestión del agua, pero para que existan esas disponibilidades es menester cubrir los déficits infraestructurales que se están acumulando; el problema es de gobierno financiero; el sector privado tradicional está perdiendo protagonismo en la oferta de agua y el sector público se ve obligado a cubrir su retirada y lo tendrá que hacer en el futuro a menos que se creen nuevos procedimientos que permitan revitalizar la inversión privada en agua, pero será una participación de nuevo cuño, según cauces nuevos [AHL].

### 3.1.4. ¿Hay **conflictos sociales** debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en **cambios** en el modo de vida, producción, medio ambiente y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes? ¿Es esa percepción correcta o sesgada? ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?

La pérdida de calidad supone costes; con frecuencia (Vinalopó, Águilas y Mazarrón, Campo de Cartagena) se produce una demanda de recursos externos de agua y conflictos y problemas que no derivan de una transformación social, lo que comporta la necesidad de responsabilidad política y ética [NHM].

El causa de los conflictos sociales no es la escasez de agua sino que los grupos de interés quieren conseguir agua al menor coste y con la mayor calidad posible, cuando hay fuentes de recursos más caros infrautilizados; las plantas desalinizadoras de Alicante funcionan por debajo del 20% de su capacidad porque el coste del agua es de unos 0,5-0,6 €/m<sup>3</sup> a plena capacidad (el coste es muy superior a baja capacidad), de modo que los usuarios del Vinalopó prefieren el suministro de agua subterránea propia y de la MCT, mucho más baratas, aunque continúe el vaciado de acuíferos [JA].

Los cambios que se pudieran producir por la explotación intensiva del agua subterránea son previsibles. La sociedad afectada debe conocer de los riesgos a los que se va a enfrentar. Sin embargo, aún si existe esa situación planificada, no se suele hacer explícita o no se es consciente de los riesgos en los que se va a incurrir. La solución suele ser un chantaje a los poderes públicos para que resuelvan la situación so pena de un estallido social; la Sociedad Civil, que son grupos con intereses propios, suele ser a la vez víctima de la situación e instrumento para la defensa de los intereses privados de los grupos usuarios; un ejemplo es la agrupación de intereses de empresarios agrícolas e inmobiliarios apoyándose en o incitando a un cierto sentimiento colectivo de propiedad del agua, en los acuíferos del Vinalopó [JMSF].

La realidad demuestra que tras las inversiones en tecnologías de riego los problemas de gestión insostenible del agua continúan si no se consigue la cooperación de los grupos interés a través de instituciones adecuadas para lograr una gestión más sostenible que cuide el recurso y proteja a los ecosistemas dependientes [JA].

### 3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre generaciones futuras? ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?

No hay planteamientos éticos ni intergeneracionales en los dirigentes y la sociedad tiene una información sesgada, de modo que sólo percibe que el actual sistema de explotación, aun con problemas temporales, es el que les ha permitido crecer [JMSF]. Los aspectos éticos son los mismos que padece cualquier sociedad que viva a expensas del aprovechamiento de reservas naturales o de recursos degradables de cualquier tipo.

Por motivos éticos las reservas de agua subterránea deben ser para abastecimiento humano, aunque la agricultura sufre de un urbanismo desaforado [BA]. Son reservas básicas de buena calidad que hay que conservar para caso de gran contaminación o catástrofe [BA], o simplemente por responsabilidad intergeneracional. Respetar los derechos es una cuestión ética y no económica [JB].

Las personas arrojan las causas justas cuando están bien definidas y presentadas y fuertemente respaldadas de principios morales; hay que considerar que la minería del agua puede tener una lógica de sostenibilidad débil, que es la sustitución de capital natural por capital físico y conversión de un valor de stock limitado en un flujo de rentas proyectado al infinito [AG].

En Tenerife cada una de las últimas cuatro o cinco generaciones de tinerfeños ha dejado a sus sucesores un capital en forma de cuantiosas inversiones hidráulicas y agrarias y una base de desarrollo económico mayores y más sólidas de las que disfrutaron ellas en su momento, pero al tiempo les han legado un patrimonio de riqueza de agua natural muy mermado, cuya evaluación ética es muy difícil [AHL].

## 3.2 Asociacionismo y sociedad civil

### 3.2.1. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en las aguas subterráneas en el ámbito de los diferentes usos de agua? ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua subterránea?

El asociacionismo se da fundamentalmente más en el ámbito agrario y muchas veces está en relación con sindicatos agrarios o con experiencia previa de cooperativismo agrario; la excepción es el caso de Cataluña donde estuvo ligado a la actividad industrial [ELG]. En España hay una gran tradición y conlleva representación en el caso de las aguas superficiales para uso agrícola [AE].

Sin embargo no todos participan en las asociaciones y esa participación de todos debe hacerse efectiva, formando a usuarios y ciudadanos mediante campañas adecuadas [AB] y con contenidos que muestren bien lo esencial y no bajo la óptica desenfocada de muchos publicistas [JJOQ]. El reconocimiento interno depende del liderazgo del representante y de que los propios miembros reconozcan a la organización como legítima; el reconocimiento formal la Administración del agua es muy diverso y evoluciona con el tiempo, desde no ser reconocida a pasar a ser adscrita; la representación efectiva gira en torno a cómo y quien define la efectividad en cuanto a garantizar el acceso a agua o a un tipo o calidad de agua o al derecho de acceso al agua [ELG]. Los procesos de participación no son lo bastante robustos por razones culturales o de escasa valoración del papel real que juegan en robustecer la toma de decisiones, o que no se invierte tiempo y recursos en robustecerlos, o existiendo estos no se sabe cómo integrar o utilizar sus resultados [ELG].

En el Alto y Medio Vinalopó el asociacionismo ha existido desde antiguo para abordar obras y ha evolucionado recientemente para tener acceso a nuevos recursos de agua a través de una Junta Central, que en cierto modo reúne a la vez el papel de usuario y de administración de agua [VR]. En la Cuenca del Segura no hay tales asociaciones representativas [CHS], aunque hay grupos bien organizados, como la Junta de Hacendados de Murcia [UPCT], preferentemente en el ámbito de las aguas superficiales.

El sistema de aprovechamiento del agua subterránea de Tenerife y Gran Canaria es un sistema de mercado y por tanto no hay asociaciones de usuarios al estilo de las comunidades de regantes o similares; el que precisa agua la compra y no necesita ninguna asociación para adquirirla o para utilizarla [AHL]. Lo que sí hay es un fuerte asociacionismo entre inversores en infraestructura hidráulica: promotores, inversores o propietarios de galerías, pozos o canales de trasvase, pero son asociaciones de tipo empresarial: agrupaciones de personas físicas o jurídicas, usuarias y no usuarias de agua, asociadas para realizar inversiones para producir y a veces distribuir agua, pero desentendidas del uso de esa agua; adoptan la forma de Comunidad de Aguas [AHL].

El peso de la tradición basada en los mecanismos mercantiles de asignación del agua es tal que incluso las aguas producidas por el sector público simplemente se venden, sin mayor intervención de asociaciones u organizaciones de cuño administrativo [AHL]. No obstante en TF existe una Cámara de Aguas que intermedia entre los usuarios que están en relación con la misma y el CIATF y cuyo papel potencial es bien valorado [DDF] [SR], a pesar de que requiere mayor actividad. Además los productores de agua subterránea tienden a agruparse para mejor actuación, como es el caso de la Comunidad de Aguas Unión Norte de Tenerife [SR].

La figura de las Heredades de Agua, muy desarrollada en GC no son propiamente asociaciones sino agrupaciones de herederos con finalidades económicas derivadas de antiguas propiedades y otorgamientos {Mino}. Con fines principalmente económicos, en GC existe una Asociación de Empresarios de Actividades Hidráulicas {FRV}, y está en formación una comunidad de Aguas del Norte {CIAGC}.

### 3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor **asociacionismo** entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?

La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea debería favorecer un mayor asociacionismo entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea, aunque no siempre se confirma y aún es muy incipiente [AE]. Hacen falta condiciones mínimas necesarias; de otro modo el sistema puede colapsar y tornarse netamente individualista [AG].

En GC y TF el sistema de explotación intensiva de los recursos y reservas de agua de la isla ni favorece ni precisa de asociaciones de usuarios y de hecho prescinde totalmente de ellos, con un asociacionismo en la producción del agua de tipo capitalista que responde a las mismas necesidades que las sociedades mercantiles: agrupar las capacidades inversoras individuales para acometer empresas que por su dimensión y requerimientos financieros están fuera del alcance de los inversores por separado, y que además limitan la responsabilidad del inversor a la cuota de su participación ("acciones") en la iniciativa empresarial [AHL].

### 3.2.3. ¿Se consigue con el **asociacionismo**, mayor eficacia, control de costes y mejor gestión?

Con el asociacionismo se consigue mayor eficacia, control de costes y mejor gestión, si es bien gobernado [FA]. Es importante una transformación en la percepción; hoy hay más o menos consenso en la sociedad manchega sobre la vinculación directa del uso del agua en las relaciones aguas superficiales/aguas subterráneas, en la necesidad de controlar y planificar y en la responsabilidad compartida, pero no se suele reconocer vinculación entre uso intensivo y pérdida de calidad [NHM].

En GC y TF los mecanismos de racionalidad en la producción y uso de los factores son los propios de economías de mercado y capitalistas: si un usuario emplea mal el agua lo paga y las ineficiencias de las empresas en el manejo del agua quedan reflejadas inmediatamente en sus cuentas de resultados; así el sistema castiga por sí mismo el mal uso del recurso, sin necesidad de controles y supervisiones administrativas [AHL].

### 3.2.4. ¿Qué experiencia existe de **asociacionismo en las aguas subterráneas**, con qué limitaciones y controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios? ¿Cuáles son los escollos para su implantación y cómo se podrían superar?

Aparte de legislación y rigor jurídico y administrativo, hace falta liderazgo, datos técnicos fiables y apoyo a la administración; los escollos principales son la heterogeneidad de los usuarios, con intereses frecuentemente en conflicto, ausencia de liderazgo, inexistencia de un núcleo de usuarios que arrastre y legitime la acción colectiva, los fallos y debilidades técnicas o actuaciones de la administración no favorables, querer solucionar el problema de forma drástica y no comunicar pedagógicamente las ventajas de la cooperación [AG].

Los controles pueden ocurrir porque el propio sistema gestión lo permita y vaya acompañado de un régimen sancionador; los controles de la administración pueden derivar de un requisito legal o ser el resultado de un acuerdo en el que la administración delega parte de sus funciones de control a las asociaciones mismas [ELG].

En el Levante español el asociacionismo está bien implementado y funciona bien, pero se requiere que haya transparencia y comunicación entre todos los agentes implicados [FA], aunque las comunidades pequeñas tienden a una vida lánguida [AE]. La administración debería transferirles funciones.

La experiencia en Canarias desde hace siglos muestra que el asociacionismo en lo que respecta a las Heredades, bien desarrolladas en GC {Mino}, y en lo que respecta a las Comunidades de Aguas en GC y TF, ha sido eficaz, además de la creación desde el siglo XIX de Sociedades Mercantiles que actúan en el mercados del agua; estas sociedades son para suministrar agua a sus accionistas o para venderla y obtener con ello beneficios económicos para sus asociados [JJOQ].

### 3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la **Sociedad Civil** en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos? ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?

La sociedad civil es esencial [AE] y ha de tener opinión, pero informada; en general le falta conocimiento [FA]. Precisa disponer de estructuras, buena narrativa, líderes y comunicadores, nivel técnico y científico [AG]. Sin embargo los ciudadanos son poco propensos a intervenir y hace falta que lo hagan a través de la sociedad civil [RA].

El reparto práctico entre la Administración y la sociedad civil no siempre se ajusta a la teóricamente deseable; los presupuestos públicos pueden ser una fuente inagotable de recursos económicos para cuyo control se requiere mayor protagonismo de la sociedad civil en la política del agua [AE], y concienciación y sensibilización. En los planes de sequía ya se dice lo que hay que hacer [RA]. El papel de la

sociedad civil es muy limitado por el propio diseño de la administración pública del agua, en la que sólo tienen cabida los usuarios privativos del agua; las posibilidades de participación de usuarios comunes o bien del resto de partes interesadas son testimoniales y se circunscribe exclusivamente a la reducida presencia en el Consejo del Agua de la Demarcación; es necesario reconsiderar la capacidad de influencia de los usuarios privativos del agua y del resto de partes interesadas sobre los responsables de la política y de la gestión del agua para revertir la situación actual de secuestro del regulador[GF].

En Canarias la sociedad civil apenas ha jugado algún papel [AHL].

### 3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?

Las asociaciones ecologistas tratan de actuar [FA]. La acción civil corresponde primariamente a estructuras que ya están formadas, como los ayuntamientos, mancomunidades, Universidad y Centros de Investigación [AE] y en segundo término y en paralelo se debe facilitar la creación de grupos sociales a los que eventualmente se debe dar carta oficial de agente interesado (stakeholder); la administración debe crear grupos de trabajo y así identificar las personas o grupos que son más dinámicos [AG].

### 3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?

Se pueden aducir tres tipos impedimentos a la actuación de la sociedad civil: (a) desestructuración de la sociedad civil, (b) demagogia, falta de rigor en las discusiones y agendas ocultas de poder y (c) oportunismo y falta de profesionalidad por parte de los líderes o responsables de los grupos que representan a la sociedad civil [AG] a lo que se puede añadir la desinformación [FA] y la apropiación de la Sociedad Civil y la titularidad de las Comunidades de usuarios por determinados elementos: en los Ayuntamientos pueden dominar los usuarios [AE].

## 3.3 Sensibilización pública

### 3.3.1. ¿Qué grado de conocimiento y toma de conciencia tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan? ¿Cómo reacciona ante los mismos?

El ciudadano en general aún está poco sensibilizado [MDDM].

Referido a Canarias es común hablar de una alta concienciación ciudadana, que quizás existió en el pasado y con matices muy asociados al comercio del agua, pero se ha perdido en gran manera [SR] y actualmente la mayoría de la sociedad canaria no tiene interés, ni conocimiento sobre los asuntos del agua y por lo tanto es indiferente [JJOQ]. Simplemente existe una alta disponibilidad a pagar, sin más; la escasez es parte del discurso político [NP].

Por ejemplo en TF continúa en cierta manera un discurso político desinformado y demagógico ante las mejoras temporales de una época lluviosa o de abundante nieve, sin considerar ni explicar las circunstancias reales [LP]. La pérdida de interés y la sensación de seguridad que da la compra de agua de producción pública ha hecho que hay agricultores que han decidido prescindir de sus balsas de regulación {TAGUA}, pero el suministro público (BALTEN en TF) es propenso a fallos de cantidad y calidad en sequías {SAVASA}.

### 3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un coste energético creciente? ¿Qué actitud se tiene ante esta realidad?

Se asocia el coste energético creciente ya que para el uso mayoritario (la agricultura), al no pagar por el agua, la energía es un factor económico destacado; esto se confirma por las movilizaciones recientes de agricultores por el aumento de tarifas; tras las modernizaciones de regadío, el coste energético afecta a regantes que usan aguas superficiales como subterráneas; no es raro que actualmente los regantes se unan para contratar servicios de asesoría en energía para ir directamente al mercado eléctrico como consumidor mayorista y poder buscar mejores precios en las subastas [ELG].

### 3.3.3. ¿Hay campañas de sensibilización pública a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?

Los resultados de muchas campañas es llevar a una mayor disponibilidad a pagar [NP].

No parece haber campañas de sensibilización de un uso razonable del agua, con independencia de su carácter público o privado. Desde la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia se mantiene la campaña "Agua para todos" como consecuencia de las restricciones de suministro del agua desde la cabecera del trasvase del Segura hacia la zonas regables, la anulación del trasvase del Ebro y de los largos periodos de sequía [MDDM].

En Canarias las campañas no son ni suficientes ni eficaces, en parte porque en la mayoría de los casos los planteamientos los hacen publicistas que desenfocan el problema, con lo que los resultados no son los deseados [JJOQ].

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.1 Aspectos jurídicos

4.1.1. ¿Qué **problemas jurídicos** plantea el actual uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea en cuanto a la disminución progresiva de reservas de agua y frecuente empeoramiento de su calidad? ¿Cómo pueden abordarse?

El uso intensivo y la minería del agua subterránea no están reconocidos en el Derecho español; para ello se requiere una reforma; el uso ilegal es susceptible de tratamiento dentro del Código Penal [AE].

4.1.2. ¿Disponen las autoridades de **instrumentos jurídicos** suficientes, adecuados y eficaces para encauzar el uso intensivo de las aguas subterráneas y las situaciones de minería del agua? ¿Qué instrumentos son y cómo se aplican?

Hace falta una profunda reforma de la Ley de aguas [JMSF].

4.1.3. ¿Deben ser los instrumentos jurídico-administrativos más **restrictivos** en cuanto al papel y actuación de los explotadores o por el contrario deben favorecer la libre competencia en un marco regulado? ¿Existe esa regulación? ¿Quién es o debería ser el regulador?

Esta cuestión no ha sido respondida en los cuestionarios, pero en la revisión se ha aportado lo que sigue.

Con el paso del tiempo, la Administración canaria se ha tornado más intervencionista y restrictiva. Basta comparar los dos planes hidrológicos de Tenerife de 1997 y el que ahora está a punto de aprobación provisional (2014). En 1987 se decía que planificar la explotación no debe consistir solamente en el establecimiento de normas relativas a los caudales globales que se pueden extraer de ellos o a generalidades de este tipo, sino que es imprescindible precisar cómo ha de verificarse esa extracción, con qué obras, bajo qué programas de construcción y de explotación, ya que de otro modo el avance con respecto a la situación actual será bien escaso. En 1997 y más aún actualmente se ha planeado y se recurre solo a lo primero y se huye del detalle.

En la actualidad, el control sobre los acuíferos se apoya en los nuevos conceptos del estado de las masas de agua o de afecciones medioambientales, faltos de justificación cuantitativa o con una sustentación científica débil las primeras y con el recurso a supuestas exigencias externas (europeas) las segundas. A modo de ejemplo se pretende que las administraciones determinen unas dotaciones de riego a efectos de gestión y control, como resultado de estudios realizados y sus futuras revisiones y se busca obligar a los regantes a contabilizar su consumo de agua y facilitar las cifras correspondientes a la Administración del Agua, si esta las requiere. También se afirma la falta de transparencia del mercado de agua y situaciones de mono-

polio real o encubierto y para corregirlo se limitan las cuotas de mercado, en posible intervención incorrecta materia de la libertad de competencia [LP].

4.1.4. ¿Cómo se regulan o deberían regularse las **relaciones** entre las **asociaciones** de explotadores de agua subterránea y la **administración** del agua, considerando eficacia, protección de derechos razonables, limitación de situaciones de abuso o desaconsejables, conservación del medio ambiente y desarrollo económico y social? ¿Cómo se acompañan o deberían acompañarse las diferentes visiones sectoriales y generales y los diversos intereses?

Mediante convenio la Administración del agua puede delegar controles en las comunidades de usuarios [AE].

4.1.5. ¿Cómo se aborda legalmente y administrativamente la existencia práctica de **mercados, comercio y transferencia** de agua y derechos como posible herramienta para la gobernanza, dado que se trata de un bien demanial?

En un marco de agua de titularidad pública se comercia con derechos de utilización del agua, no con el agua; se pueden efectuar transacciones y se pueden favorecer mercados de derechos del agua; el actual dilatado periodo húmero no lo está favoreciendo [AE].

### 4.2 Aspectos administrativos

4.2.1. ¿Qué **dificultades prácticas** aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados? ¿Cómo se manejan?

Es deseable la paulatina desaparición del régimen privados de las aguas subterráneas, respetando los derechos que procedan [AB].

Un problema fundamental es que las autoridades competentes no tienen capacidad operativa ni medios humanos ni económicos para controlar y hacer que se respete la legislación vigente, lo que se ha agravado por falta de coordinación y colaboración de las autoridades autonómicas en políticas sectoriales, en particular, en materia de aguas, agricultura, ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente; el uso partidista del agua ha dado grandes réditos políticos a aquellos que han hecho un discurso demagógico en torno a la política del agua, y por tanto, una vez en el ejercicio de las funciones públicas para las que fueron elegidos, no tienen incentivos para aplicar las medidas necesarias para limitar los usos del agua y ordenar los usos del territorio desde una perspectiva de interés general que incluya también a las generaciones futuras [GF]. En el Vinalopó la mayor parte de los aprovechamientos anteriores a la entrada en vigor de la Ley de aguas de 1985 optaron por su inscripción en la Sección C del Registro de Aguas como aguas temporalmente privadas, sin embargo el continuo descenso de niveles piezométricos ha requerido numerosas reprofundizaciones y cambios de tomas por lo que mayoritariamente han necesitado el paso al régimen concesional, todavía en trámite en muchos casos. La aceptación de los propietarios del agua subterránea a



pasar al dominio público va en paralelo a que la CHJ garantice la disponibilidad de agua, en este caso mediante el transvase de 80 hm<sup>3</sup>/año del Júcar al Vinalopó [MS].

Sin embargo, en la práctica, las dificultades de gestión en el Vinalopó no vienen asociadas a la existencia de derechos privados sino a la complejidad del sistema, a la falta de medios de la administración hidráulica y a la necesidad de mejorar la colaboración con los usuarios en una verdadera gestión compartida [EEJ]. Las Comunidades Generales de agua se comportan como auténticos propietarios del agua. Los pozos de la Generalitat Valenciana construidos en 1985 han tenido problemas de funcionamiento y financiación por impagos de los usuarios; en la década de 1990 los tuvo que cubrir la Consellería de Agricultura, para finalmente transferirlos gratuitamente a las Comunidades Generales [FLR]. La actual situación es disfuncional y dificulta la actuación [AE].

Los derechos superan a los recursos [RA]. Estas situaciones complican la gestión racional de los acuíferos, que deben basarse en decisiones de explotación unitarias, para lo que deberían potenciarse (más bien exigir su constitución ex lege) las Comunidades de Usuarios que decidirían sobre las formas de explotación en función de los títulos de acceso al uso del agua [JMSF].

Es necesario un pacto institucional que incluya la gestión y el régimen económico de la Administración del agua y que mire a la recuperación de los acuíferos afectados; cabe la aportación de recursos alternativos sostenibles para usos urbanos, pero en el caso de usos sectoriales (agricultura, industria, turismo) el que sea posible depende de la viabilidad económica, y todo ello en un contexto de recursos de agua cada vez más amplio; actualmente es improbable que en España haya territorios cuyo desarrollo no sea posible por la falta de recursos de agua sostenibles; si una actividad no puede soportar el coste de un suministro de agua sostenible es que la actividad tampoco es sostenible [AB].

En Canarias la existencia en el mercado de agua de dominio público (desalinizada, regenerada, de embalses) aligera las tensiones sobre la propiedad [JJ]. Aunque la Ley de Aguas de Canarias de 1990, de la que es subsidiaria de la Ley de agua española, califica las aguas subterráneas como de dominio público, las que realmente se aprovechan lo son en su casi totalidad de propiedad privada. En el momento de la promulgación de la Ley ya se estaba en la fase de agotamiento de la etapa económica que décadas antes había propiciado la intensa explotación de las aguas subterráneas, y por lo tanto había poco lugar o había pasado ya el momento para que el cambio del régimen de los recursos subterráneos canarios produjera algún resultado. Así, casi 25 años después de la promulgación de esa Ley, los caudales alumbrados en función de la nueva normativa, es decir como dominio público, apenas cubren el 2% de la totalidad de los aprovechados en Tenerife, con el contrasentido de que su sistema legal es de aguas de dominio público, pero sin aguas de dominio público [AHL].

**4.2.2. ¿Cuáles han sido las actuaciones de la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la Directiva Marco del Agua europea? ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?**

El uso intensivo de acuíferos y la de minería del agua del agua subterránea no están asumidos ni en concepto ni en la práctica por la Administración del agua española [JJ]. El principal papel de la Administración del agua es la de regular efectivamente la presión social y administrativa del agua, más como controlador que como suministrador, pero sin renunciar a serlo, y teniendo en cuenta que la viabilidad de determinadas actividades económicas depende más de otros factores de producción que de los costes o precios del agua [AB].

Las actuaciones positivas correctoras de las diferentes Administraciones del agua son prácticamente inexistentes ya que la opción elegida es el mantenimiento del statu quo. Por eso se recurre a la vía de los daños desproporcionados; puede que tenga que ser así en la mayor parte de los casos pero sería deseable haber tomado medidas para corregir algunos efectos y mejorar la situación ambiental [JMSF]. Se ha buscado la vía de excepciones y pedir aporte de agua externa, pasando los problemas existentes al Plan Hidrológico Nacional. Además el actual periodo húmedo no anima a lanzar cambios ante la falta de presiones para hacerlo [AE].

El enfoque de la propuesta del PHJ para el Vinalopó ha sido plantear mayoritariamente una excepción dirigida a alcanzar en el año 2.027 el buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea mediante actuaciones de oferta de recursos hídricos (conducción del Júcar al Vinalopó, aguas residuales regeneradas y planta desalinizadora de Mutxamel) que permita adecuar de las extracciones subterráneas a los recursos disponibles, atender los crecimientos de las demandas urbanas e industriales y compensar el déficit respecto a los derechos existentes tras la re-donación agrícola y aporte adicional de recursos hídricos externos [EEJ]. Esto supone que no se considera reducir las presiones sino el déficit con la oferta de 70 hm<sup>3</sup>/a adicionales y con los objetivos sobre las MAS aplazados a 2027 [FLR]. El Plan de la Cuenca del Júcar, aprobado para su trámite en marzo de 2014, dice que los derechos de extracción de los acuíferos alcanzan los 197 hm<sup>3</sup>/año mientras que los recursos disponibles se cifran en 48 hm<sup>3</sup>/año; con una aportación máxima de 80 hm<sup>3</sup>/año del transvase Júcar-Vinalopó más unos 7 hm<sup>3</sup>/año de la desalinizadora de Mutxamel aún quedan por cubrir unos 70 hm<sup>3</sup>/año de derechos de uso de agua reconocidos, que según el PHJ se deberán resolver mediante supuestos aportes externos el Plan Hidrológico Nacional; como no se actúa sobre el lado de las demandas de agua se produce una situación de sobreexplotación perenne de las MAS [GF].

El PHS considera la existencia de minería del agua subterránea en la Cuenca del Segura y propone su eliminación para 2027, de acuerdo con las directrices de la DMA. Eso presupone que se dispondrá de agua de transvase desde otras cuencas [RA]. En el Segura no se han aprobado planes de ordenación y actuación en las MAS por dificultad de consenso y no se contempla la reconversión del modelo productivo [RA].

En Canarias el progresivo alto coste para obtener el agua juega a favor de una paulatina reducción de las extracciones, pero no ayuda la disponibilidad de recursos de agua no convencionales caros [RP]. El consumo de reservas de agua subterránea persistirá en tanto las subvenciones de la UE se destinen a los cultivos (0,5 €/kg plátano, o un total de 200 M€/a) y no a recuperar el acuífero [JJ].

**4.2.3. ¿Qué se hace de para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite? ¿Es necesaria una mayor intervención pública o bien es más adecuada la potenciación de instrumentos de mercado? ¿De qué modo?**

Hay tres tipos de respuesta posible: a) mantenimiento de la explotación hasta el agotamiento económico de la misma, como la más racional pero la que no se produce en ningún caso, b) modificación del sistema de producción para adecuarlo al recurso disponible a través de sistemas ahorradores de agua (cuando se controla el mercado del producto) o cambio de cultivo por otros de mayor valor añadido, frecuentemente con obtención de subvenciones directas al producto, lo que mejora el margen de beneficios y puede permitir la introducción de mejoras técnicas y c) buscar fuentes externas de agua que permitan mantener (e incluso ampliar) la explotación, que es el caso de los acuíferos del Vinalopó y el Guadalentín y en general todos los del Levante español; como la premisa básica es que el coste del agua sea bajo o al menos comparable al coste del recurso en el momento, se necesita una intervención pública infraestructural [JMSF]. El mecanismo corrector vía precios no funciona ninguno de los casos.

La minería del agua subterránea es una actividad secular en el Vinalopó, con recursos precarios ya puestos en evidencia en 1965 por el IGME, sin que ello impidiese que se otorgasen concesiones por encima de los recursos disponibles; se reivindican los derechos de agua como una causa colectiva; se tiene cohesión social para reclamar auxilios públicos pero hay conflicto interno sobre el reparto, que se realiza informalmente [FLR].

Hace falta una intervención pública distinta, que no socialice los costos, con objetivos claros y un nuevo modelo de desarrollo hacia actividades menos intensivas en las que se repercutan los costes reales a los usuarios; la Administración pública ha de recuperar efectivamente el dominio sobre los recursos de agua [FLR].

Con un enfoque esencialmente de actuaciones sobre la oferta, los objetivos ambientales de recuperación de niveles piezométricos son compatibles con el mantenimiento de la actividad económica siempre que la repercusión en los usuarios de los costes de las infraestructuras hidráulicas necesarias sean asumibles económicamente [EEJ].

Las actuaciones de reasignación de recursos mediante modificación de oficio de los derechos concesionales o mediante los limitados instrumentos de mercado disponibles en el marco legal actual en el Levante español (cesión de derechos o centro de intercambio de derechos) resulta muy complicado dada la escasez de recursos hídricos en el Alto y Medio Vinalopó, donde se utiliza la totalidad de recursos disponibles con las infraestructuras de extracción existentes, con buena eficiencia en el uso del agua y con volúmenes extraídos sensiblemente inferiores a los derechos existentes, lo que no hace previsible la movilización de unos volúmenes apreciables que permitan una reasignación importante [EEJ].

La actual política del agua de las Administraciones del agua en TF y GC gira en torno a un planteamiento estratégico básico: ocupar los espacios de gestión en los que no actúa o no puede actuar la iniciativa privada, que son especialmente: a) desalación de agua del mar para los abastecimientos urbanos; b) desalobración de aguas subterráneas de baja calidad química; c) reutilización de aguas residuales urbanas; y d) regulación de las aguas de origen subterráneo, en su caso en GC acompañada de la captación de aguas superficiales; en esta política a largo plazo se pueden reconocer dos objetivos: 1) aumentar la oferta de recursos alternativos a los subterráneos para disminuir las presiones de la demanda sobre las reservas; 2) hacer presente a la Administración en los mercados de aguas, concurriendo a ellos con su oferta [AHL].

Esas líneas de actuación están exigiendo un notable esfuerzo inversor del sector público, al límite de su capacidad y realmente no se sabe si en la Administración del agua hay una conciencia y una estrategia en torno a los problemas de los elevados requerimientos inversores y financieros que se ciernen sobre el sector [AHL].

En Canarias la UE subvenciona con >200 M€/a al cultivo del plátano, que además tiene valor social y paisajístico, pero no presta atención a los acuíferos maltrechos [JJ].

#### 4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo? ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?

La Administración Pública del agua tiene voluntad y capacidad potencial para reconducir la minería del agua subterránea pero sus dificultades son grandes [RA], pero en la práctica desaparece esa voluntad porque se encuentra sometida al chantaje social de que se prefiere una explotación en precario a un posible conflicto. En la realidad la administración pública del agua no cuenta ni con recursos económicos ni con los perfiles profesionales adecuados para reconducir la situación, y los recursos humanos disponibles son claramente insuficientes para abordar con eficacia las tareas de gestión necesarias para desarrollar un modelo de uso sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas [GF].

Si la minería o explotación intensiva no ha sido capaz de generar una base de desarrollo suficiente para minimizar el uso intensivo del agua, los beneficios no se van a producir a medio plazo; la Administración debería de reconvertir las explotaciones y traspasar costes al sector privado, aunque en esa terea no tendrá el apoyo de los grupos directamente beneficiarios que pretenden seguir obteniendo beneficios a costa de transferencia públicas [JMSF].

Se requiere reforzar a toda la Administración del agua dotándola de personal cualificado y con presupuestos adecuados que procedan de la recuperación de costes, al tiempo que se simplifican las actuaciones de concesión, titularidad privada y de sanción, con tratamiento diferenciado de las irregularidades según se trate de alegalidad, desviación menor, ilegalidad o flagrante infracción, y se establecen directrices para valorar las compensaciones económicas derivadas de la limitación de derechos concesionales y privados [AB].

En el Plan Hidrológico del Vinalopó no hay signos de cambio para esa reconducción; se mantiene la oposición al agua desalinizada, la que sólo se acepta subsidiariamente y ante la amenaza de sanciones económicas por parte de la UE; se renuncia a aplicar el principio de la recuperación de costes y se hace una oferta de agua que refuerza el despilfarro y mantiene un modelo insostenible [FLR].

La Administración del agua canaria no tiene capacidad ni económica ni técnica [JJ].

#### 4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de la **transferencia** de agua entre áreas distintas de la misma o diferentes administraciones del agua? ¿Cómo se **compensan** los derechos cedidos y las externalidades?

Los aspectos económicos de las transferencias están regulados administrativamente es el denominado Mini Traspase a Tarragona, en donde hay compensación de derechos cedidos, no tanto de externalidades, pero no en los

otros casos; en el TTS hay un régimen financiero que cubre los gastos de operación y una compensación por el uso del recurso, pero que no está en correspondencia directa con acuíferos intensamente explotados [JMSF].

La transferencia prevista en la conducción Júcar-Vinalopó tiene carácter de excedente/sobrante de forma que no se empeore la garantía de los usuarios de la cuenca cedente, por lo que no están previstas compensaciones, aunque la existencia de la conducción podría generar a medio plazo transferencias basadas en la figura de la cesión de derechos, con la correspondiente compensación económica adoptada de mutuo acuerdo [EEJ].

Las transferencias existentes tradicionalmente entre las zonas con mayor recurso disponible (Alto Vinalopó) y las zonas con mayores demandas (Medio Vinalopó) coinciden con la mayor capacidad de pago de las demandas agrícolas del Medio Vinalopó, con lo que de hecho existe una compensación económica por estas transferencias, que adoptan distintas fórmulas: a) contrato de cesión de derechos según el art. 67 de la Ley de aguas (forma prácticamente inexplorada), b) suministro desde aprovechamientos con derechos temporalmente privados o públicos a usuarios sin derechos de agua propios e incluidos en los derechos de los suministradores, con una compensación que cubre los costes de explotación y las inversiones del suministrador, y c) suministro desde las baterías de pozos ejecutadas por la administración agrícola y cedidas por la Generalitat Valenciana a la Comunidad General del Alto Vinalopó (CGAV), titular de los derechos y que las gestiona actualmente, distribuyendo sus volúmenes tanto en el Alto como en el Medio Vinalopó; la compensación por los costes de explotación se distribuye entre los distintos usuarios teniendo en cuenta la mayor capacidad de pago del Medio Vinalopó [EEJ].

El transvase Júcar-Vinalopó es el transvase que tiene menor recuperación de costes y no se compensan externalidades, con concesiones con expectativas de negocio futuro por cesión de derechos concesionales [FLR]. Generalmente, cuando en los esquemas de repercusión de los costes intervienen usuarios de regadío y usuarios urbanos da lugar a una subvención cruzada de los segundos en favor de los primeros, ya que los costes unitarios, en torno al doble, se repercuten en mayor medida a los usuarios urbanos que a los de regadío [GF].

Para la correcta gestión es necesario conocer las transacciones de agua y que la Administración ejercite el derecho de tanteo y retracto; las normas que hoy existen fueron creadas para el periodo seco 2005-2009 y en ellas no se reconocen externalidades; la situación ahora podría ser muy distinta por la promulgación de la Ley de Evaluación ambiental; se requiere simplificar trámites pero no hay experiencia en conocer bien las externalidades [AE].

#### 4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados? ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?

Hay que evaluar los impactos ambientales, aunque no siempre es monetizable; con una buena evaluación no se hubieran hecho los transvases desde el Tajo ni el Júcar-Vinalopó ya que las compensaciones económicas no cubren los daños; se sacrifican muchos valores ambientales sin repercutirlos en los usuarios [FLR].

Con la actual legislación europea, en aplicación del principio de no deterioro, no deberían producirse situaciones de exceso de explotación y mucho menos de minería del agua subterránea, por lo que no cabe estrictamente hablar de hasta dónde hay que compensar; en la situación del Levante español cabe mantenerse el statu quo y tratar de ir reconduciendo la situación a niveles de explotación sostenible en un periodo razonable; una posible solución sería la compra de derechos, pero para que fuera realmente efectivo sólo podría hacerse con un control público de la explotación pues en caso contrario se estarían induciendo beneficios en los propietarios cuyos derechos no han sido adquiridos por la Administración [JMSF].

Las externalidades derivadas de los descensos piezométricos en el Alto Vinalopó generan un beneficio económico por el uso del agua en el Medio Vinalopó, que se compensan en cierto modo y coincide con la distinta capacidad de pago de cada una de las zonas; como estas compensaciones están en el ámbito civil, no responden formalmente al concepto de daños desproporcionados ni son tuteladas por la administración hidráulica [EEJ].

#### 4.2.7. ¿Qué papel juega la **administración pública** ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**? ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles? ¿Qué se espera en el futuro?

El papel de la administración hidráulica está muy reglado en el marco legal español, con un marco concesional que probablemente sea demasiado rígido y que ha asignado unos derechos superiores a los recursos disponibles al aplicar criterios proteccionistas al regadío dada su importante incidencia en la sociedad, pero que difícilmente incorporan a la iniciativa privada; el tradicional papel inversor de las administraciones en la ejecución y gestión de infraestructuras hidráulicas está en cuestión con la crisis económica actual; el reto vigente es como incorporar la iniciativa privada [EEJ].

La conversión de las situaciones de explotación excesiva y minería hacia situaciones de sostenibilidad debe de ser gestionada por la administración pública y los intereses privados deberían quedar englobados en una Junta de Explotación que coopere para que se ejecuten las decisiones de gestión del acuífero, con la sociedad civil estructurada para determinar los planes a medio y largo plazo [JMSF].

La Administración pública debe promover un cambio radical, lo que implica a su vez un cambio radical dentro de la propia Administración, que debe dejar de ofertar agua y no estar secuestrada por los intereses de los regantes, productores hidroeléctricos, empresas de construcción y determinados colectivos profesionales; no se alinean con esos intereses los ecologistas, empresas de abastecimiento (interés en la recuperación y mantenimiento del buen estado de las MAS para disminuir el coste de tratamiento) y empresas aseguradoras de riesgos (interés en proteger ecosistemas y en reducir presiones) [FLR].

En tanto se mantenga un adecuado ritmo de inversiones en infraestructura de agua en Canarias no es probable que haya, incluso a largo plazo, problemas serios de desabastecimiento o de escasez de agua; esta escasez tiene sentido y carácter fundamentalmente económico: se trata de aprovechar con máxima utilidad social un recurso relativamente escaso y susceptible de usos alternativos [AHL].

#### 4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza del agua** en situaciones de tensión? ¿Cuáles son los **principales impedimentos** y cómo se pueden resolver o **minorar**?

La gobernanza del agua tiene una larga tradición en la gestión del agua en España en lo que se refiere al uso de las aguas superficiales, un moderado éxito en el uso de las aguas subterráneas y un largo camino por recorrer en la incorporación de la sociedad civil dado el valor ambiental del agua.

No favorece la gobernanza del agua y del agua subterránea el que no exista un conocimiento preciso de los derechos asignados al uso del agua, sean éstos públicos o privados, y las decisiones de explotación suelen ser individuales.

En estas condiciones poco puede hacerse que sea efectivo. Las declaraciones de sobreexplotación previstas en la Ley de aguas de 1985 son figuras agotadas y no sirven como instrumento para la gestión; debería irse a instrumentos de gestión participada que no pusieran el énfasis en la resolución de la situación existente, combinando con instrumentos económicos [JMSF].

La gobernanza del agua debe trabajarse especialmente en situaciones de "normalidad", no durante una situación de emergencia por sequía, limitando el estrés al que se somete a las masas de agua y los ecosistemas acuáticos y creando márgenes de maniobra para poder reaccionar en las situaciones extremas; para ello es fundamental que se establezcan reglas claras y compromisos exigibles y que se exijan a todas las partes y que la administración pública tenga los medios suficientes para ejercer todas sus funciones y facultades con garantías jurídicas, de manera que las sanciones sean efectivas y no se eternicen en limbos judiciales [GF].

En el Vinalopó existen importantes estructuras asociativas de los usuarios de aguas subterráneas, como la Comunidad General del Alto Vinalopó, la Comunidad General del Medio Vinalopó y la Junta Central de Usuarios del Medio Vinalopó–Alacantí y el Consorcio de Agua de la Marina Baja, lo que teóricamente permite una buena gobernanza con un enfoque de abajo arriba; sin embargo esta favorable situación plantea en la actualidad disfunciones: a) una relación excesivamente politizada y con una fuerte desconfianza de los usuarios con las distintas administraciones, marcada por los cambios de enfoque de los últimos años en lo que se refiere a la conducción del Júcar–Vinalopó y b) tensiones entre los usuarios del Alto y del Medio Vinalopó, que tienen intereses distintos debidos a sus distintas disponibilidades de agua, capacidades de pago y costes soportados, lo cual está teniendo incidencia en la propia representatividad de la JCUVAMB como aglutinante del conjunto de usuarios [EEJ].

En el Vinalopó las políticas aplicadas han sido poco adecuadas, creando expectativas de crecimiento ilimitado de la oferta de agua que se aprovechan por las fuerzas políticas para avivar presiones [FLR]. Debería incentivarse la gobernanza hacia abajo en periodos sin tensión y hacia arriba en períodos críticos; el autocontrol a partir de las comunidades de usuarios serviría para impedir un uso no sostenible [JCR].

**4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser y aparecer muy diferidos, hasta decenas de años?**

La mejor actuación actual es el recorte de caudales combinado con técnicas de mercado [AE]. En realidad no se aplican [RA]

**4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, qué consideración realista tienen y han de tener los derechos legales frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulatino de la calidad?**

Esos derechos legales tienen escasa importancia ya que el agua es un bien público, aunque sujeto a expropiación de derechos, pero caso y no basado en el valor económico potencial de la explotación de agua subterránea sino de su valor de uso, que es notoriamente decreciente y tendiendo a cero [JMSF].

Los derechos de uso concedidos legalmente no deberían constituir una realidad paralela a la que se intenta ajustar la realidad física del estado de las MAS; es perverso continuar repartiendo y reclamando “agua de papel”; en la gestión del agua los intereses privados se deben ajustar al logro del interés general del conjunto de la sociedad, y por tanto, esos derechos de uso deben acercarse paulatinamente a las disponibilidades reales y a las prioridades

de uso establecidas en la Ley de Aguas y derivadas de las normativas comunitarias: no es tarea fácil ni es una política que genere simpatías entre aquellos que detentan un título concesional o un título privado de aprovechamiento de aguas subterráneas, pero es absolutamente necesaria y debe ser llevada a cabo con grandes dosis de transparencia y de honestidad [GF].

En situación de explotación intensiva los derechos legales ceden y los planes de agua deben incluir topes de caudal y prohibiciones; la minería del agua se puede dejar para la pervivencia de determinadas utilidades y la superación de obstáculos ambientales [AE], primando la racionalidad [RA].

De acuerdo con el borrador del PHJ, la situación mayoritaria en el Vinalopó es de unos los recursos disponibles (48 hm<sup>3</sup>/a) inferiores al uso de agua (113 hm<sup>3</sup>/a) , los que a su vez son bastante inferiores a los derechos existentes (183 hm<sup>3</sup>/a); esta situación, habitual en zonas con minería de agua subterránea, plantea limitaciones del esquema conceptual de derechos ya que los usuarios asumen habitualmente una restricción de los usos, adaptándolos a los recursos disponibles, pero difícilmente aceptan una renuncia a unos derechos preexistentes, aunque no puedan ser ejercidos, por lo que una revisión a la baja de unos derechos es mucho más compleja que una reducción de usos que no renuncie a unas determinadas expectativas, que además solo se podrán materializar con coste suficientemente bajo que es difícilmente alcanzable; el resultado es el mantenimiento de unos derechos previos elevados y que no tienen utilidad como elemento de control y seguimiento de las extracciones, perdiendo una de sus características más interesantes [EEJ].

El problema planteado tiene poca trascendencia en Tenerife y Gran Canaria ya los derechos legales no interfieren significativamente en la explotación racional; el agotamiento progresivo de la calidad y cantidad de agua tiene importancia por lo que supone para el abastecimiento de agua, no por la existencia de derechos legales; si se agotan las reservas desaparecerán al mismo tiempo esos derechos, pero lo importante no será esta desaparición, sino la falta de agua [AHL].

#### 4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?** ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?

Las asociaciones de usuarios de agua subterránea juegan un papel determinante y esencial en la gobernanza y en la actuación administrativa, especialmente en zonas con minería de aguas subterráneas. Sin embargo apenas se han desarrollado [RA]. Las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS) tienen un importante papel, tanto en la fase de explotación como en el proceso de formulación de directrices de planificación, pero su evolución es muy desigual y sólo han tenido un papel relevante en casos y situaciones concretas [JMSF]. La Administración pública del agua debería tener interés en la formación de CUAS [AE].

En España, a diferencia de la mayoría de los países, se tiene la ventaja importante para lograr una gestión más sostenible del agua de la gran tradición de gestión del agua mediante la cooperación de los grupos de interés, pero para esta cooperación es necesario un marco institucional, que ya existe en las autoridades de cuenca y cuyo nombre original “Confederación Sindical Hidrográfica” señala claramente el objetivo de acción colectiva [JA].

Como actualmente las asociaciones de usuarios de aguas subterráneas lo son de usuarios privativos del agua y pueden funcionar como lobbies de presión sobre las administraciones que deberían regular y controlar sus actividades, dando lugar a lo que se denomina fenómeno de “secuestro del regulador”, con un funcionamiento que responde escasamente a criterios democráticos de transparencia, rendición de cuentas y toma de decisiones; existen también usuarios comunes del agua que si bien sus derechos de uso están reconocidos por la Ley de Aguas, no se encuentran efectivamente protegidos [GF].

Se requiere democratizar el funcionamiento, ampliando el concepto de usuario, diferenciando entre usos y estado de las aguas subterráneas, con oferta de otros servicios ecosistémicos y la garantía de la tutela de la Administración [FLR]. Si los usuarios se preocupan por la conservación de recursos estos se conservan, pero si sólo lo hacen por la explotación se va hacia el fracaso [AE].

En el Alto y Medio Vinalopó, desde una situación desestructurada a comienzos de la década de 1990, la situación actual es envidiable, con una alta profesionalización técnica de las asociaciones de usuarios, aunque hay ciertas disfunciones; la imprescindible capacidad de interlocución y colaboración con la administración hidráulica conlleva una interesante gestión compartida pero también una capacidad de presión de los propios usuarios, con consecuencias ambientales no siempre favorables; su resolución es un importante reto futuro, junto con una mayor sensibilidad ambiental y no sólo económica del agua [EEJ].

En los casos del Guadalentín y Dalias no se ha conseguido una cohesión entre los usuarios por las diferencias de los títulos de uso y la diferente percepción de la problemática asociada a la evolución de la explotación y calidad y sus posibles soluciones; se evolucionará cuando haya una acción decidida de la administración para poner orden, exigiendo en primer lugar soluciones internas, aunque una solución desde fuera no ayuda a tomar conciencia real de la situación [JMSF].

Como en Canarias no hay asociaciones de usuarios, no pueden representar papel alguno en ningún escenario. En los órganos de gobierno de la Administración hidráulica insular están bien presentes los consumidores de agua, pero en concepto de consumidores, no como representantes de sus asociaciones, que no existen; en general esos mismos representantes, al propio tiempo que consumidores, pueden ser o suelen ser propietarios de aguas, sobre todo los agricultores [AHL].

## Aportaciones y cuestionarios

Aportación MASE			A-01
<b>Autoría</b>	José Miguel Andreu Rodes, Dr. Geología Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universitat d'Alacant Antonio Pulido-Bosch, Dr. Geología Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería Nuria Boluda, Dr. Química Departamento de Ingeniería Química, Universitat d'Alacant		<b>Siglas</b> JMAR
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Crevillent	-
<b>Comentarios</b>			

## ACUÍFERO DE CREVILLLENTE

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA

El **acuífero de Crevillente** está situado en la Comarca del Medio Vinalopó en la provincia de Alicante. Presenta una extensión próxima a 140 km<sup>2</sup> en la que se integran como principales relieves las sierras de Crevillente, Algayat-Rollo y Reclot, así como otros relieves menores como las sierra de La Ofra, Ors, Enmedio (Figura 1), al igual que las depresiones entre dichos relieves. Las localidades de Hondón de las Nieves y Hondón de los Frailes son las únicas poblaciones dentro de la delimitación de este acuífero.

Este acuífero se encuentra en una región climática que puede ser considerada mediterránea semiárida. La temperatura media anual está comprendida entre 15 y 17°C, y las precipitaciones anuales medias se sitúan entre 290 y 360 mm. No obstante, estos valores medios de precipitación presentan una fuerte irregularidad interanual, típica de este ambiente mediterráneo. Gran parte de estas precipitaciones se produce en otoño, siendo frecuentes los aguaceros de gran intensidad y corta duración.

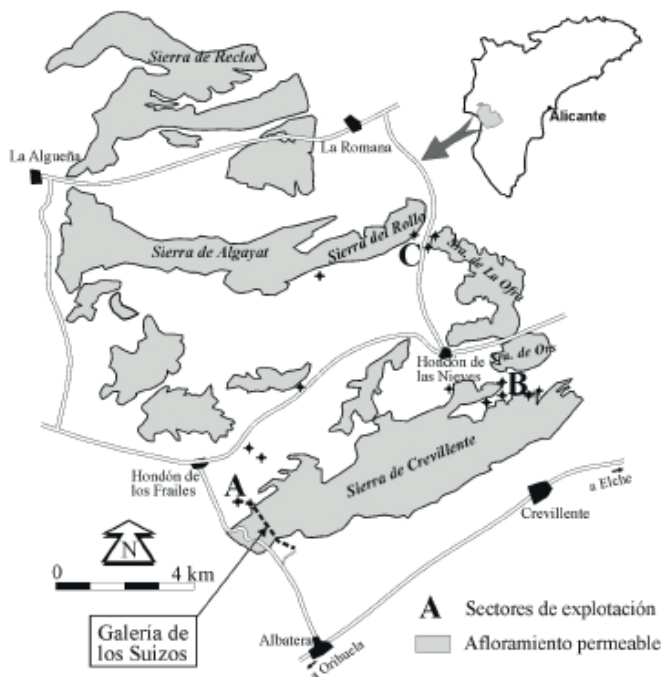
### CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero de Crevillente forma parte del dominio Subbético que se dispone tectónicamente, por un cabalgamiento, sobre el dominio Prebético en el extremo oriental de la Cordillera Bética. El acuífero está formado por una secuencia de materiales carbonatados que llegan a superar los 500 m en la que se incluyen dolomías, calizas dolomíticas y calizas que abarcan desde el Lías inferior al Jurásico terminal. Este conjunto carbonatado subbético, afectado por plegamiento, da origen a varios relieves (coincidentes con anticlinales) y depresiones (coincidentes con sinclinales), todos ellos afectados por numerosas fallas y fracturas. Los relieves están formados fundamentalmente por carbonatos, mientras que las depresiones están ocupadas por materiales recientes, los cuales cubren las margas cretácicas subbéticas existentes sobre la secuencia jurásica carbonatada.

Estas margas cretácicas pudieron actuar como impermeable de techo (Solís et al., 1983). Todo apunta que el impermeable de base puede estar formado por arcillas y rocas evaporíticas de edad triásica asociadas al cabalgamiento, por los materiales margosos del Prebético infrayacentes a la unidad subbética, o por una franja limo-arcillosa de naturaleza calizo-dolomítica y comportamiento impermeable, resultado de la trituración que sufrió la roca acuífera en la zona del cabalgamiento subbético (Pulido-Bosch y Fernández-Rubio, 1981; Murcia y Mira, 1981; Andreu,

1997).

La alimentación del acuífero de Crevillente corresponde prácticamente en su totalidad a la precipitación eficaz sobre los afloramientos de roca permeable que se extienden por una superficie de unos 74 km<sup>2</sup>; se estima que puede estar comprendida entre 6 y 10 hm<sup>3</sup>/año (Pulido et al., 1995; Andreu, 1997). Las salidas tienen lugar únicamente por los bombeos que aún quedan activos en el acuífero. En los últimos años se ha establecido valores medios comprendidos entre 5 y 7 hm<sup>3</sup>/año (Andreu et al., 2008a).



**FIGURA 1.** Localización geográfica del acuífero de Crevillente y sus principales sectores de explotación.

## EXPLORACIÓN DEL ACUÍFERO

El acuífero comenzó a explotarse de forma intensiva en la década de los sesenta del siglo pasado, mediante la extracción de agua por ambos extremos de la sierra de Crevillente. Uno de los principales sectores de explotación se ubica en las inmediaciones de Hondón de los Frailes, cuya singularidad es que la mayor parte del agua extraída se realiza mediante una galería. Se trata de la denominada Galería de los Suizos, debido a la intervención de personas de esta nacionalidad en su diseño y realización. Su construcción es el resultado de la modificación del proyecto inicial de la entidad Riegos de la Salud, S.A. para extraer 5 m<sup>3</sup>/s, mediante un pozo vertical emplazado en las inmediaciones de la localidad, ya que se pensaba que a esta región podían llegar grandes volúmenes de agua procedentes de otros relieves acuíferos más septentrionales, debido a su conexión hidráulica con el acuífero de Crevillente (Andreu et al., 2002).

La entrada de la galería se emplaza en la vertiente meridional de la sierra de Crevillente (término municipal de Albatera) a una altitud aproximada de 250 m s.n.m. Presenta una longitud de 2360 m, de manera que llega a atravesar la sierra y alcanza la depresión de Hondón de los Frailes. Sus dimensiones son: entre 2,5 y 3 m de anchura, en torno a 3,5 m de altura y una pendiente media del 1 por mil. La principal particularidad de esta obra es que no drena agua de forma natural como cabría esperar, sino que en su interior existen sondeos que extraen el agua y la vierten al suelo debidamente cementado, de forma que ésta discurre libremente por gravedad hacia la boca.

Se perforaron 12 captaciones, inicialmente de escasa profundidad, de elevados rendimientos, y que llegaron a alcanzar una capacidad de bombeo de 612 L/s (Andreu et al., 2002). Hoy en día sólo quedan activos 4 sondeos, estando el resto abandonados. El agua se destina principalmente al regadío de distintos parajes de las localidades de Albatera, Crevillente, Elche, Hondón de los Frailes y Orihuela, si bien, se ha utilizado para el abastecimiento de Hondón de los Frailes. Durante décadas fue la única explotación en este sector del acuífero. Los volúmenes extraídos han variado en función del periodo. La mayor cantidad se produjo entre 1970 y 1985 cuando los bombeos sobrepasaban 10 hm<sup>3</sup>/año alcanzando 18,1 hm<sup>3</sup>/año en 1980 (Pulido-Bosch, 1985); por el contrario, en los últimos años no se superan los 4 hm<sup>3</sup>/año.

El otro sector de explotación importante del acuífero de Crevillente ha sido el barranco del Tolomó, al E de la sierra de Crevillente. El alumbramiento de sus aguas y su expansión también fue a partir de la década de los años sesenta y setenta, como consecuencia de los elevados caudales que ofrecían los primeros sondeos efectuados. El número de sondeos se expandió barranco arriba hasta llegar a las inmediaciones de Hondón de las Nieves, estimándose en algo más de la treintena de captaciones, que alcanzaron capacidades de bombeo superiores a 600 L/s.

Las aguas bombeadas en esta parte del acuífero sirvieron para transformar en regadío tierras anteriormente inculdas situadas en los términos de Aspe, Hondón de las Nieves, Elche y Crevillente, y, en menor medida, para abastecimiento de Aspe y Hondón de las Nieves. Las máximas extracciones en este sector tuvieron lugar en 1979 cuando se bombeó un total de 13,5 hm<sup>3</sup>. Sin embargo, la explotación intensiva ha ocasionado el abandono de la mayoría de las captaciones, de forma que ya sólo funcionan menos de 7 sondeos. En los últimos años, los bombeos no alcanzan los 2 hm<sup>3</sup>/año, siendo el uso actual de las aguas bombeadas el agrícola.

El último sector de explotación importante del acuífero fue el denominado Rollo-La Ofra. Sin embargo, tanto el número de sondeos como los caudales bombeados han sido menores, no sobrepasándose los 2,5 hm<sup>3</sup>/año (Andreu, 1997).



## EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

Las fuertes extracciones que se produjeron desde el inicio de la explotación del acuífero han quedado reflejadas en la evolución de la piezometría de los principales sectores de bombeo (Figura 2). Desde la década de los sesenta hasta mediados de los ochenta, los dos sectores de la sierra de Crevillente mostraron un ritmo de vaciado prácticamente idéntico. Las pérdidas de nivel más importantes se produjeron entre los años 1979 y 1983 con descensos que superaron los 30 m.

Es a partir del año 1983 cuando se produjo una diferenciación en el ritmo de descenso piezométrico entre ambas partes. Aunque la tendencia descendente continuó en ambos sectores, es en el Barranco del Tolomó donde las caídas de nivel fueron mayores. Esta diferencia de comportamiento ha sido interpretada debido a una desconexión (Corchón et al., 1989), o al menos, a una reducción de la comunicación hidráulica entre ambos extremos de la sierra de Crevillente (Andreu, 1997).

En el sector del barranco del Tolomó se reconoce un intervalo de recuperación durante de más de 40 m en el periodo comprendido entre los años 1988 y 1991, periodo anómalamente húmedo, recuperación que no ha sido reflejada en la piezometría en el resto del acuífero.

Sin embargo, pasado el inicio de la década de los noventa se entró en otra etapa de descensos de niveles hasta profundidades que en la actualidad se sitúan en torno a 60 m b.n.m. En las últimas décadas las pérdidas de nivel se han reducido significativamente, lo cual se debe a la disminución de los bombeos como consecuencia del elevado número de captaciones que progresivamente fueron abandonadas.

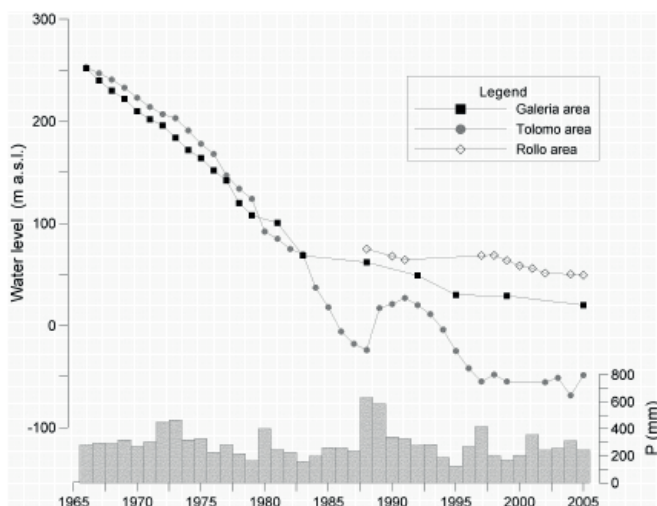


FIGURA 2. Evolución piezométrica en los principales sectores de explotación del acuífero de Crevillente.

## CONSECUENCIAS DE LA SOBREENPLOTAÇÃO

La explotación intensiva de las aguas subterráneas de este acuífero ha provocado una serie de consecuencias. Desde el punto de vista hidrogeológico se pueden destacar como más relevantes: las pérdidas de nivel piezométrico y desaturaciones importantes, el aumento de la mineralización y disminución de calidad del agua y la pérdida de rendimiento de las captaciones. Todas estas consecuencias han llevado al abandono de la mayor parte de las captaciones de este acuífero.

1. *Pérdidas de nivel piezométrico* y, por consiguiente, disminución de la zona saturada. Como ha quedado reflejado en la curva de la evolución piezométrica las caídas en el acuífero han sido muy importantes. Se puede establecer que en el sector del Tolomó se ha vaciado una franja de acuífero de más de 300 m; siendo de 260 m en el sector de la Galería de los Suizos. La menor desaturación se encuentra en el sector Rollo-La Ofra, donde se establece una disminución de 40 m durante el periodo de registro.
2. *Deterioro de la calidad del agua* debido al aumento de la mineralización. El deterioro de la calidad de sus aguas quizás es una de las consecuencias más graves producidas en este acuífero, ya que este efecto ha llegado a inutilizar el agua para el riego, de manera que muchas captaciones se han abandonado por dicha causa.

Sin embargo, no todos los sectores del acuífero han mostrado un aumento de mineralización semejante, sino que el comportamiento adquirido por el quimismo del agua parece estar relacionado con las características geológicas y la presencia de materiales evaporíticos (Pulido Bosch et al., 1995; Andreu et al., 2008a; Andreu et al., 2008b). Así, en los lugares donde se ha constatado la presencia de materiales salinos próximos o en profundidad, es donde se ha producido un mayor aumento de la mineralización.

El barranco del Tolomó ha sido el que ha experimentado el mayor deterioro de la calidad del agua. Se desconoce con exactitud las características fisicoquímicas originales que presentaban las aguas previamente a la explotación, ya que los primeros datos analíticos parten del año 1978. No obstante, es posible ver cómo ha variado el quimismo a partir de entonces (Figura 3). Se observa una elevada correlación entre el comportamiento de la conductividad eléctrica, parámetro indicativo de la mineralización, y la piezometría. A medida que el nivel es más profundo aumenta la conductividad eléctrica de las aguas extraídas. Este aumento de la mineralización del agua viene propiciado fundamentalmente por el enriquecimiento en cloruros y sodio. De igual forma, el efecto del periodo húmedo de finales de los ochenta principio de los noventa se dejó notar sobre el quimismo, ofreciendo una reducción de la conductividad eléctrica y de los iones salinos.

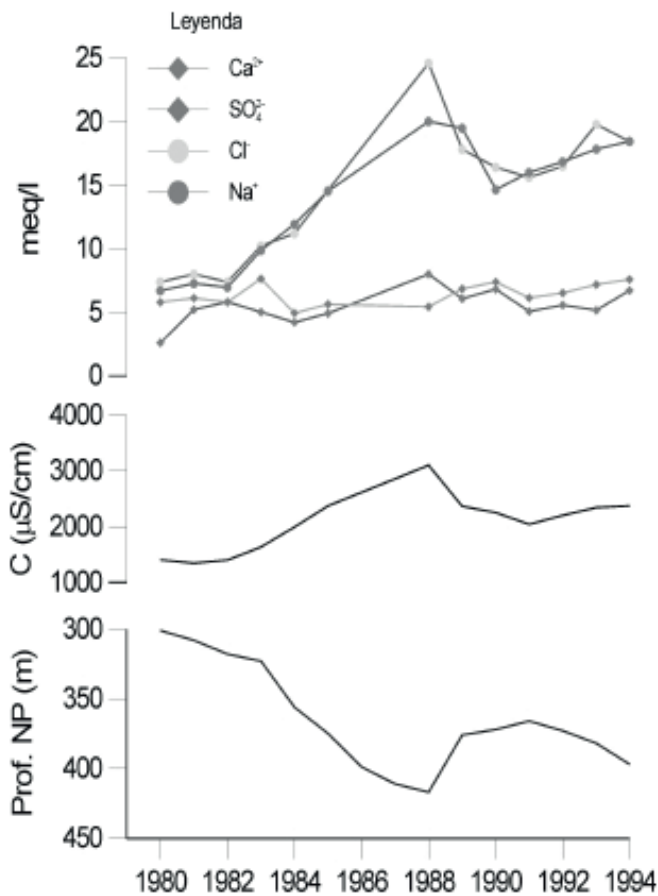


FIGURA 3. Influencia de la piezometría en el quimismo del agua en el sector del Tolomó.

La figura 4 representa la evolución de cloruros frente al tiempo en tres sondeos del Tolomó, de los cuales actualmente tan sólo se sigue extrayendo agua del T-15. Los otros dos sondeos se abandonaron cuando sus concentraciones de cloruro rebasaron 1 g/L. Las líneas de tendencia dibujadas demuestran que no todos los sondeos experimentan un enriquecimiento salino simultáneo.

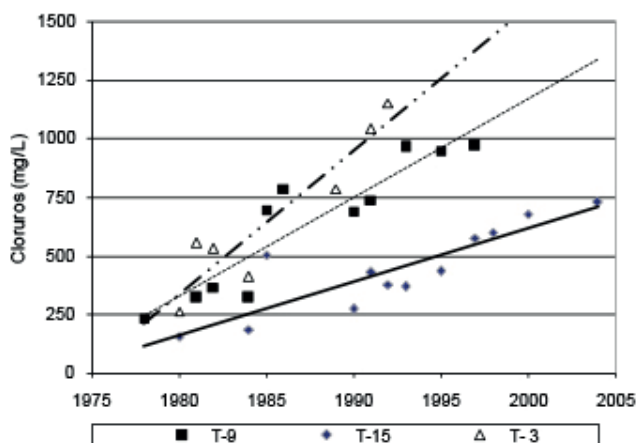


FIGURA 4. Evolución de los cloruros en el agua de algunos sondeos del sector del Tolomó. Los sondeos T-3 y T-9 tienen registros más cortos porque se abandonaron y se desistalaron al presentar un agua no apta para el riego.

También en el sector occidental de la sierra de Crevillente se ha constatado un aumento de salinidad, si bien éste ha sido de menor magnitud. Partiendo del valor de cloruros previo al inicio de los bombeos de 400 mg/L, se puede estimar en que la sobreexplotación ha generado un aumento de cloruros ligeramente superior al 50% (Andreu et al., 2008a). La principal particularidad en este sector ha sido el aumento de los sulfatos, aspecto que no ha tenido lugar en otras partes del acuífero, y que ha sido interpretado debido a la presencia de facies Keuper más ricas en yesos en este entorno.

Por último, en el sector de la sierra del Rollo resulta más complejo extraer resultados concluyentes de un posible aumento de la salinidad relacionado con la sobreexplotación. El hecho de que los descensos hayan sido menos acusados, que no haya rocas evaporíticas en este sector y que se capten flujos de circulación con menor tiempo de residencia en el acuífero pueden ser algunas de las hipótesis para que este sector sea el que muestre una menor evidencia del deterioro de la calidad (Pulido-Bosch et al., 1995; Andreu, 1997).

3. *Pérdida de rendimiento de las captaciones* a medida que los niveles bajaban. La fuerte expansión de los puntos de extracción estuvo relacionada con la elevada productividad de las mismas. Gran parte de las captaciones aportaban caudales superiores a 100 L/s en la década de los setenta. La continua bajada de los niveles ha conllevado disminuciones progresivas de caudal, las cuales intentaron corregirse con constantes reprofundizaciones de los sondeos. Sin embargo, no todos los sondeos recuperaban los caudales iniciales, y algunos de ellos quedaban improductivos, por lo que debieron abandonarse. Actualmente, la mayoría de los sondeos del barranco del Tolomó tienen caudales inferiores a los 30 L/s.

### Otras consecuencias

– Aumento de los costos de explotación. Es evidente que después del notable descenso de los niveles piezométricos la altura de elevación aumenta y, en consecuencia, el consumo energético también aumenta. Además, han sido numerosos los sondeos reprofundizados al ver reducido su rendimiento inicial. Otro aumento del costo sería el derivado del propio equipo de bombeo, más costoso al aumentar la altura de elevación y de gastos de reparaciones tras las averías mucho más caras. Aunque nunca se ha realizado un estudio económico sobre el aumento del costo de la explotación, sí existen referencias que muestran el aumento del precio del agua con la disminución de nivel (Pulido Bosch, 1985; Andreu, 1997).

– Compartimentación del acuífero. En áreas de estructura tectónica compleja donde la morfología del sustrato impermeable puede ser muy irregular, con algunos sectores levantados y otros hundidos, el descenso del nivel

piezométrico puede llevar aparejada la individualización de sectores con evoluciones piezométricas muy diferentes. Este podría ser el caso del acuífero de Crevillente, en donde la diferenciación de comportamiento piezométrico en la propia sierra de Crevillente, y con respecto a otros acuíferos ha sido interpretada por algunos autores como una desconexión y, por otros, al menos como una pérdida de conexión hidráulica parcial (Corchón et al., 1989; Andreu, 1997).

– Pérdida de la descarga. El acuífero de Crevillente ha sido un acuífero captado desde la época de ocupación musulmana. Parte de su descarga se producía por la denominada Font Antiga en Crevillente, galería perforada por los árabes. El resto de las salidas han sido interpretadas por cesión subterránea al acuífero detrítico de la Vega de Aspe por el barranco del Tolomó. La sobreexplotación del acuífero supuso el secado de la Font Antiga y la desaparición de la descarga sobre el acuífero detrítico (Andreu, 1997).

## ACTUACIONES DE GESTIÓN LLEVADAS A CABO

Dada la situación en la que se encontraba el acuífero en la década de los años ochenta, el acuífero de Crevillente fue declarado “provisionalmente sobreexplotado” el 31 de julio de 1987, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico. Esta situación administrativa conllevaba la constitución de una Comunidad de Usuarios y la redacción de un Plan de Ordenación para tratar de paliar en la medida de lo posible la situación de sobreexplotación (Aragonés, et al. 1989).

Son varias las actuaciones realizadas en el acuífero de Crevillente desde la redacción de Plan de Ordenación, si bien como más significativas, se puede destacar la redistribución de captaciones, la liberación de caudales y la realización de obras de regulación (Bru y Andreu, 2006).

La redistribución de captaciones ha consistido en la realización de sondeos alejados de los sectores históricos de explotación. Con ello se trató de reducir los conoides de depresión que provocaba la concentración de bombeos en un mismo lugar, y, que se suponían la causa que agrava la pérdida de rendimientos y pérdida de calidad del agua. La puesta en marcha de 2 sondeos ubicados en partes centrales del acuífero permitió reducir la explotación en el barranco del Tolomó.

A pesar de que el agua del acuífero de Crevillente destinada al abastecimiento humano era bastante minoritaria con respecto al uso agrícola, la sustitución de las mismas por aguas procedentes de la Mancomunidad de los Canales de Taibilla en el abastecimiento a Aspe y Hondón de las Nieves supuso un pequeño ahorro de las extracciones del sector del barranco del Tolomó.

Por último, otra de las actuaciones llevadas a cabo fue la construcción de obras de almacenamiento y regulación de las aguas subterráneas, con el objeto de realizar una explotación más eficiente del acuífero. Una de estas obras es el embalse del Federal, con una capacidad de 1 hm<sup>3</sup> y 18 m de altura de presa. Este embalse tiene una cobertura de distribución de aproximadamente 3500 ha en su mayoría dedicadas a la uva de mesa. Actualmente, el embalse del Tolomó se llena fundamentalmente de los sondeos ubicados en el barranco del Tolomó. De esta forma, se tiene capacidad para poder cubrir la demanda de agua para riego durante la época estival.

## Referencias bibliográficas

- Andreu, J. M. (1997). **Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticos de Crevillente, Cid y Cabeçó d'Or (provincia de Alicante)**. Tesis Doctoral Universidad de Alicante, 377p.
- Andreu, J. M., Estévez, A., García-Sánchez, E. y Pulido-Bosch, A. (2002). **Caracterización de la explotación en el sector occidental del acuífero de Crevillente (Alicante)**. *Geogaceta*, 31: 59-62.
- Andreu J.M., Pulido-Bosch, A., Llamas, M.R., Bru, C., Martínez-Santos, P., García-Sánchez, E. y Villacampa L. (2008). **Overexploitation and water quality in the Crevillente aquifer (Alicante, SE Spain)**. In: *Water Pollution, IX*. WITPress: 75-84.
- Andreu, J.M., García-Sánchez, E., Jorreto, S., Frances, I. y Pulido-Bosch, A. (2008). **Evaluación de la calidad del agua subterránea en la actual zona saturada del acuífero de Crevillente (Alicante)**. *Geogaceta*, 44: 151-154.
- Aragonés, J. M., Corchón, F. y Santafé, J.M. (1989). **Planes de ordenación de acuíferos sobreexplotados. La experiencia de la Sierra de Crevillente (Alicante)**. In: "La Sobreexplotación de Acuíferos" A. Pulido et al. (Eds.), *Temas Geológico-Mineros*, 10: 177-191.
- Bru, C. y Andreu, J.M (2006). **La gestión del agua en Alicante: Hidrogeología, economía, medioambiente e instituciones en la Cuenca del Vinalopó y Campo de Alicante**. Jornada Técnica del ISGWAS. IGME, 43 p.
- Corchón, F, Rodríguez-Estrella, T. y Sánchez-Almohalla, E. (1989). **Datos básicos para la realización del Plan de Ordenación del Acuífero sobreexplotado de Crevillente**. In "La Sobreexplotación de Acuíferos" A. Pulido et al. (Eds.), *Temas Geológico-Mineros*, 10: 471-483.
- Murcia, A. y Mira, F. (1981). **Problemas de la sobreexplotación de acuíferos**. 4ª Conf. Nac. Hidrol. Gen. Aplic, Zaragoza: 79-109.
- Pulido-Bosch, A. (1985). **L'exploitation minière de l'eau dans l'aquifère de la Sierra de Crevillente et ses alentours (Alicante, Espagne)** "Hydrogeology in the Service of Man. 18th Cong. IAH, Cambridge: 142-149.
- Pulido-Bosch, A. y Fernández Rubio, R. (1981). **El acuífero kárstico de la Sierra de Crevillente y sectores adyacentes: un ejemplo de explotación de reservas**. 4ª Conf. Nac. Hidrol. Gen. y Aplic.: 143-153.
- Pulido-Bosch, A., Morell, I. y Andreu, J.M. (1995). **Hydrogeochemical effects of groundwater mining of the Sierra de Crevillente Aquifer (Alicante, Spain)**. *Environ. Geol.*, 26: 232-239.
- Solís, L.A., Rodríguez-Estrella, T., Cabezas, F. y Senent, M. (1983). **Cálculo de la "curva de explotación" en el sistema acuífero de la Sierra de Crevillente (Alicante)**. *Hidrogeol. Rec. Hidraul. XI*, Madrid: 345-358.

## Aportación MASE

A-02

<b>Autoría</b>	Andrés Sahuquillo Herráiz, Dr. ICCP Prof. Emérito, Departamento de Hidráulica, Universitat Politècnica de Valencia Ex-director de aguas subterráneas, Servicio Geológico de Obras Públicas		<b>Siglas</b> AS
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Altiplano murciano y Vinalopó	Aportación
<b>Comentarios</b>	Aportación provisional		

## MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ALTIPLANO DE MURCIA Y CUENCA DEL VINALOPÓ

Andrés Sahuquillo. Universidad Politécnica de Valencia.  
Correspondiente de la Real Academia de Ciencias

### RESUMEN

Los acuíferos carbonatados del Altiplano de Murcia y de la cuenca del Vinalopó, junto a algunos otros acuíferos detríticos se están explotando muy por encima de su recarga media desde hace casi medio siglo. La explotación actual supera en las cuencas del Segura y Vinalopó a la recarga en casi 300 hm<sup>3</sup>/año; lo que hace que en la mayoría de los acuíferos de la región los niveles bajen de forma continuada en las explotaciones, hasta casi 5m/año en algún caso, y que en algún acuífero los niveles de agua hayan bajado más de 300 m desde su situación inicial con el consiguiente encarecimiento de su extracción. Lo cual ha obligado a perforar nuevos sondeos. La bajada de niveles ha producido el secado de manantiales y zonas húmedas y el aumento de la salinidad en algunas zonas provocada por la existencia de terrenos salinos del Triásico.

Contra estos inconvenientes está el aumento de la riqueza creada al haberse podido disponer desde el comienzo de la explotación intensa de los acuíferos de un volumen de agua por encima de la recarga media de los acuíferos análogo al proporcionado por el ATS al Sureste de España. Desde hace más de 40 años se vienen estudiando los acuíferos, su geometría, inventario de captaciones y manantiales, características hidrodinámicas, piezometría, explotación e hidroquímica del agua.

La Directiva Marco del Agua exige que los acuíferos estén antes de 2015 en buenas condiciones cuantitativas y cualitativas, cosa que no es posible, y tampoco lo es retrasando esta fecha bastantes decenios. Análisis sencillos indican que aún eliminando totalmente las extracciones, los acuíferos tardarían entre 100 y 1000 años en recuperarse; por lo que no queda otra alternativa que acogerse a la posibilidad de derogación que prevé la Directiva para los casos extremos. Se han realizado métodos para determinar si recarga y modelos matemáticos que reproducen el

comportamiento de los acuíferos y podrían utilizarse como herramientas válidas para su gestión. Se discute el papel que en adelante pueden jugar en la gestión de los recursos de agua.

## 1. Introducción

La explotación de las aguas subterráneas en las zonas más áridas de España para el riego de cultivos de alto valor, y también para usos urbanos, ha crecido de forma continuada debido a su disponibilidad a un coste asequible. En las cuencas del Segura la explotación actual supera en 270 hm<sup>3</sup> anuales a la recarga media de los acuíferos y la disminución de las reservas en los 14 acuíferos declarados sobreexplotados y los 10 en proceso de declaración, llega a cerca de 9.500 hm<sup>3</sup> (Cabezas 2011).

Volumen no muy inferior a los 10539 hm<sup>3</sup> que suman los volúmenes trasvasados por el ATS desde el año hidrológico 1978-79 hasta el 2010-2011. En los últimos 25 años previos al año 2011, al que se refiere el artículo antes citado, el bombeo medio de los acuíferos de la cuenca fue de unos 550 hm<sup>3</sup>/año, aunque en el periodo 2006-2009 se acercó a los 700 hm<sup>3</sup>/año, valor máximo histórico.

Los descensos de los niveles del agua desde antes del inicio de la explotación intensiva alcanzan en algunos acuíferos a los 300m y la disminución anual de las alturas piezométricas está en algunos entre 3,5m y casi 5m (Molina et al 2009); llegando a superar puntualmente los 10m/año. En la cuenca del Vinalopó en muchos acuíferos los bombeos también superan ampliamente la recarga media, con descensos importantes de los niveles piezométricos que en algún punto se han totalizado los 400m desde su inicio.

Al empezar la explotación el agua bombeada proviene del almacenamiento del acuífero proporcionada por la disminución de niveles, descenso que se va extendiendo desde los puntos de bombeo hasta alcanzar los límites del acuífero. Con el tiempo los descensos de nivel hacen disminuir los caudales de los manantiales y de los ríos a los que desaguan, y afectan a zonas húmedas, pudiendo además inducir recarga de otros acuíferos a través de acuitados o capas semipermeables. Se podría mantener un bombeo sostenido equivalente a la recarga media del acuífero, sin incrementar la disminución de los caudales superficiales si se anula totalmente la evapotranspiración en los humedales y se secan los manantiales. Además de la disminución de caudales en ríos de los que se abastecen otros usuarios y de la bajada de niveles en las captaciones con sus consiguientes efectos económicos, la explotación puede producir deterioros en la calidad del agua por la intrusión de aguas salinas o de peor calidad y otros efectos ambientales negativos. En la práctica se suele considerar que hay sobreexplotación cuando se observan, o se perciben, ciertos resultados negativos de la explotación, tales como un descenso continuado del nivel del agua, un deterioro de su calidad, un encarecimiento del agua extraída, o daños ecológicos. Pero estos efectos no están necesariamente relacionados con el hecho de que la extracción sea mayor que la recarga.

Este criterio ha sido muy discutido desde hace tiempo pero es después de las puntualizaciones de Custodio (2002) cuando han quedado clarificados definitivamente muchos de los aspectos de la explotación intensa de los acuíferos y que es una simplificación excesiva afirmar que se produce sobreexplotación de un acuífero cuando los bombeos superan la recarga media. En cada caso hay que hacer una evaluación detallada de los efectos de la explotación del acuífero y las decisiones dependen de las características particulares, no solo hidrológicas e hidrogeológicas; también económicas, ambientales, legales, sociales y culturales. La recarga y también su distribución en la superficie sobre la que se realiza, son casi siempre muy inciertos, y pueden cambiar por las actividades humanas y por la propia explotación del acuífero. También lo son las propiedades hidrodinámicas del acuífero que influyen en la variabilidad de la transmisión de los efectos de las acciones exteriores, recargas y bombeos. Efectos transitorios que dependen de las propiedades hidrodinámicas y de los volúmenes de agua almacenados en el acuífero.

Por principio no son rechazables los bombeos que superen la recarga natural de un acuífero. En unos casos porque al disminuir sus niveles piezométricos se puede inducir una recarga adicional desde las aguas superficiales que no estén aprovechadas o adjudicadas legalmente, o desde otros acuíferos o acuitados.

En los acuíferos aluviales o de dimensiones no muy grandes conectados con un río, usualmente denominados sistemas río-acuífero, cuando el bombeo de los acuíferos se

hace de forma estacional, se consigue aumentar las disponibilidades de agua al quedar pendiente de producirse una parte importante del efecto de los bombeos sobre los caudales del río a periodos posteriores al fin de los bombeos para riego u otros usos estacionales (Sahuquillo 1983, 1993).

Por el contrario en otros casos una afección a los caudales superficiales, incluso reducida, puede ser inaceptable por criterios legales o ambientales. En otros casos una sobreexplotación limitada a periodos incluso relativamente largos, de hasta unos pocos decenios, puede ser una situación aceptable hasta alcanzar un desarrollo sostenible.

## 2. El aprovechamiento de los acuíferos y las características locales.

En lo que sigue se intenta enmarcar el aprovechamiento actual de las aguas subterráneas en algunas zonas de la cuenca del Río Segura y en el Alto y Medio Vinalopó teniendo en cuenta las consideraciones que se acaban de hacer.

### *Los acuíferos aluviales.*

Los acuíferos de la cuenca del Segura se pueden separar entre los no conectados y los conectados con diferente grado con las aguas superficiales. Entre los conectados están los aluviales, las Vegas Media y Baja del río Segura, y algunos carbonatados, destacando entre los últimos el Sinclinal de Calasparra que se considera después. El acuífero de la Vega Alta desagua al Segura en su extremo más aguas abajo; estando colgado sobre el acuífero en su recorrido aguas arriba de este punto. Tiene una explotación para riego y usos industriales pequeña, de unos 6 hm<sup>3</sup>/año.

Los riegos de las Vegas Media se hacen a partir de una red de acequias y azarbes que funcionan tradicionalmente de una forma estable y estructurada. Las acequias derivan el agua de los azudes construidos en el río. Los azarbes son zanjas profundas de drenaje que conducen aguas abajo los caudales drenados que se añaden a los aportados por otras acequias más bajas. Una de las obras más estimadas del célebre Cardenal Belluga a principios del siglo XVIII fue el saneamiento de los extensos pantanos y marjales fuertemente alimentados por los excedentes de riegos.

La explotación de los acuíferos de las Vegas Media y Baja es reducida. Para tratar de aumentar de forma significativa el aprovechamiento de los recursos superficiales aplicando el clásico esquema río-acuífero, sería necesario modificar profundamente el funcionamiento actual del sistema de riegos. Los bombeos en el acuífero producirían descensos en los niveles freáticos que supondrían el secado de algún tramo de los azarbes y probablemente sería necesario alterar de forma importante y no evaluada el sistema actual de aprovechamiento del agua. Sin duda provocaría la oposición de muchas de las partes afectadas y resultaría muy

discutido legal y socialmente. Estas son las razones por la que los usuarios y los gestores de la cuenca están muy atentos a los posibles efectos de las explotaciones de los acuíferos que puedan afectar los caudales superficiales.

No obstante en los periodos de sequía de 1982–1984, 1993–1996 y 2005–2009 se aumentaron los bombeos para paliar sus efectos, especialmente durante el último de los periodos. Se tiene el dato de que en 2007 se bombearon 50hm<sup>3</sup>, (Turrión et al 2009). Los bombeos produjeron unos descensos piezométricos transitorios locales de alguna importancia, figura 1. Pero aun desconociendo las estimaciones que hayan podido hacerse del efecto que hayan tenido sobre los caudales superficiales, se puede aventurar que no han supuesto un porcentaje grande con respecto a los volúmenes bombeados en el acuífero. La existencia de un acuitardo superficial arcilloso bastante continuo permite suponer que en esta y otras situaciones futuras de sequía, el efecto sobre los caudales superficiales de los posibles bombeos para paliar el problema pueda resultar aceptable. Si no se ha hecho este análisis parece interesante valorar con rigor los resultados de las observaciones realizadas para el seguimiento de los bombeos utilizando métodos cuantitativos adecuados y la realización de modelos avanzados.

Entre otras cosas para disponer de una herramienta fiable para poder plantear actuaciones análogas en futuras situaciones de sequía y aprovechar de la forma más adecuada las inversiones realizadas.

Teniendo también en cuenta las posibilidades de producir asentamientos por la compactación de los acuitardos al disminuir su presión intersticial, que es la causa que ocasionó algunos daños estructurales en algunos edificios de la ciudad de Murcia por la bajada de niveles freáticos ocasionadas por los bombeos citados.

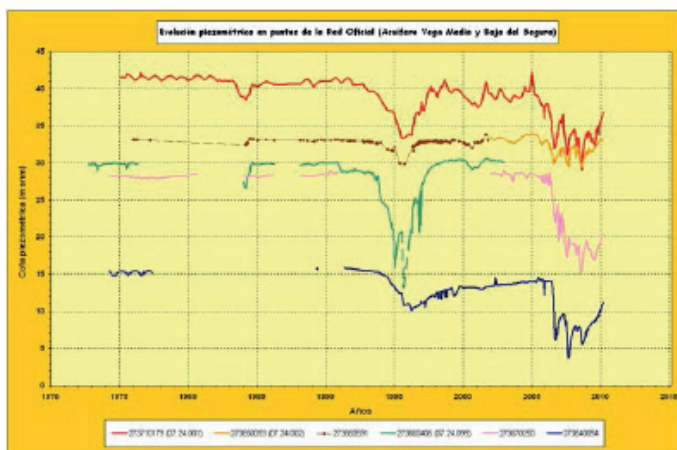


Figura 1. Evolución temporal de niveles en el acuífero de la Vega Media y Baja del río Segura, tomado de Cabezas (2011).

En la cuenca del Vinalopó no existen acuíferos aluviales importantes relacionados con el río. Solamente existe un acuífero cuaternario situado sobre el carbonatado de La Solana, que parece que fue ganador antes de su explotación intensa.

#### Otros acuíferos detríticos:

### Acuíferos del Guadalentín

Los acuíferos del Alto y Bajo Guadalentín forman el acuífero más extenso 600 km<sup>2</sup> de la cuenca, tienen una explotación muy importante, de más de 100 hm<sup>3</sup>/año, una recarga mucho menor, del orden de 20 hm<sup>3</sup>/año, incluyendo los retornos de riego, y unas reservas enormes debido además de la extensión y espesor del acuífero a que su almacenamiento específico como acuífero libre puede ser del orden del 20 o 25%. Los valores calibrados en el modelo realizado por la UPV, varían en la mayor parte de las celdas entre 0.3 y 0.13, (UPV 2005), un orden de magnitud superior al de los acuíferos carbonatados. Se diferencian dos sectores bien definidos: el Alto Guadalentín, donde existe un único conjunto acuífero de 250m de arenas y gravas, que localmente alcanza hasta 500m y el Medio–Bajo Guadalentín, con varios tramos permeables, variables en número y espesor, con menor conductividad hidráulica que en el Alto y sin continuidad lateral. Pero existen grandes incertidumbres sobre la potencia y extensión lateral de las formaciones permeables, debidas a la falta de sondeos fiables. Incertidumbres incrementadas por la existencia de fallas longitudinales y transversales y una alta heterogeneidad con presencia de lentejones de arcillas y gases ocuidos. La mayoría de la información disponible son descripciones litológicas de sondistas en una formación muy heterogénea. El Guadalentín es un río que a partir de Lorca no lleva más que aguas residuales; por lo que las explotaciones del acuífero no interfieren, ni en la práctica han interferido en el pasado, con los caudales superficiales, aunque sí en un humedal de unos 15 km<sup>2</sup>. En la parte central del Alto Guadalentín hace unos 50 años existía una pequeña laguna salina endorreica “El Saladar” que desapareció con la explotación del acuífero.

El TSD del agua subterránea varía entre 200 y 1500 mg/l en el Alto Guadalentín, aunque en una zona llega a ser de 5000 mg/l. En el Bajo el valor del TDS está entre 1000 y 6000 mg/l. El Alto Guadalentín comenzó antes a ser explotado con intensidad y a ser utilizado para riego en la comarca de Mazarrón. Los niveles empezaron a bajar entre 1 y 3m al año y pronto algunos sondeos empezaron a tener problemas de gases, especialmente CO<sub>2</sub>. Los gases dieron problemas en los equipos de bombeo y en las conducciones con obstrucciones, roturas y problemas de corrosión que añadido al problema de los descensos de nivel y el empeoramiento de la calidad química del agua obligaron al abandono de muchos pozos (Cerón et al 1999). La explotación en 1973 fue de 24 hm<sup>3</sup>/año y 69 hm<sup>3</sup>/año en 1987 con

bajadas de nivel de 2,5m/año en el periodo (1973–1976), 4,5 m/año en el (1976–1984) y 9 a 10 m/año en el (1984–1987). A partir de 1989 los descensos de nivel se fueron haciendo menores por la disminución de los bombeos. Por el contrario ambos, bombeo y descensos de niveles, aumentaron en el Bajo Guadalentín, (Gobierno Regional de Murcia 1988).

## Campo de Cartagena.

La hidrogeología del Campo de Cartagena hasta ahora ha sido poco estudiada. En los años 70 existía una fuerte explotación de los acuíferos del Triásico de Las Victorias, que superaba con mucho la recarga media de los acuíferos, llegando a 120 hm<sup>3</sup>/año. Explotación que hubo que reducir de forma drástica por la bajada de los niveles freáticos. Con la llegada del agua del ATS, se produjo una subida importante de los niveles freáticos por los retornos de riego y una reducción de los caudales bombeados dependiendo de la variabilidad de los caudales del trasvase.

Los acuíferos más explotados no son los detríticos cuaternarios, que tienen espesores pequeños, conductividad hidráulica reducida y agua en general muy salina; sino los acuíferos subyacentes. Estos acuíferos Plioceno, Andalucense (o Mesiniense) y Tortoniense están en conglomerados, calcarenitas y calizas bioclásticas, además de en arenas y areniscas. Actualmente el Triásico de Los Victorias tiene una explotación mucho menor; acuífero casi aislado que a pesar de tener una presencia reducida en el Campo fue explotado muy intensamente en los años 70 y 80, en los que los niveles llegaron a bajar hasta 14m/año llegando a existir niveles piezométricos 300 m bajo el Mediterráneo a finales de los 90.

La salinidad de las aguas subterráneas es alta, entre 2 y 5g/l, llegando a ser de 6 g/l en el cuaternario. Los riegos con agua del ATS han producido una disminución de la salinidad, acercándose en algunos sitios a 1g/l y también disminuido el contenido en nitratos. En el cuaternario han producido una elevación de niveles, han ocasionado problemas de drenaje y han aumentado los nitratos hasta superar en algunos puntos las 150 ppm. Existen plantas desalinizadoras en zonas en las que la salinidad supera los 4 g/l, en Sucina y Torrepacheco. En 2001 los volúmenes desalados anuales eran del orden de 5 hm<sup>3</sup>.

La eliminación de salmueras en Sucina se hace por inyección en un sondeo que atraviesa los mármoles del triásico entre los 650 y 750 m de profundidad. En Torrepacheco se recogen para tratarlas en una planta desalinizadora e incorporarlas al canal del ATS. Los problemas de drenaje del cuaternario se han solucionado con zanjas de drenaje que han proporcionado en algún momento caudales del orden de 300 L/s (cf. Albacete y otros 2001) donde se puede consultar una síntesis de los conocimientos de la hidrogeología local hasta esa fecha).

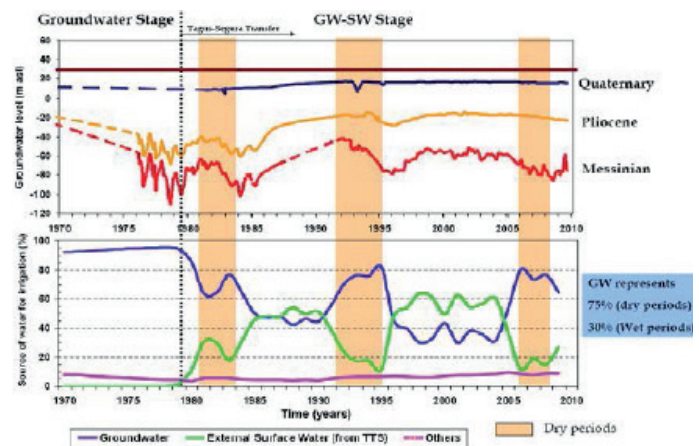


Figura 2. Balance hídrico de cuatro acuíferos y descensos piezométricos, según Molina et al (2009).

En la figura 2 se puede ver la evolución de los niveles piezométricos en los acuíferos del Campo y la procedencia del agua aplicada a los riegos, ATS o subterránea.

La explotación de las aguas subterráneas se adapta a las disponibilidades de agua del trasvase aumentando en los periodos secos y disminuyendo en los húmedos. Sin duda el uso conjunto de los acuíferos con las aguas del ATS y la desalación pueden producir ventajas interesantes tanto para los usuarios del Campo como para los otros usuarios de la cuenca y el ATS.

Pero habría que valorar bien las posibles alternativas y su comportamiento futuro, simular el comportamiento de las distintas zonas y los problemas de drenaje o descensos de niveles futuros en ellas.

Para ello hay que conocer mejor la relación entre los distintos acuíferos, las recargas de lluvia, retornos de riego, o la procedente de escorrentía superficial y analizar la posible evolución de la calidad del agua y los problemas ambientales actuales y futuros del Mar Menor. Parece muy recomendable un estudio a fondo de los distintos acuíferos del Campo para poder tener en cuenta su utilización conjuntamente con los caudales superficiales y los desalados o reutilizados.



## Los acuíferos carbonatados

La mayor parte de los acuíferos carbonatados del altiplano de Murcia analizados en este trabajo que están en la cuenca del Segura, en la del Vinalopó o a caballo entre las dos, están totalmente desconectados de los ríos. Las excepciones están en los acuíferos del Sinclinal de Calasparra con el Río Segura, el acuífero de El Molar conectado con el Río Mundo aguas abajo del embalse de Camarillas y el de la Solana con el Vinalopó. Los problemas que se plantean son distintos de los de otros acuíferos carbonatados como los de la Mancha Oriental que afectan a los caudales del Júcar o a los del Alto Gadiana en la Mancha Occidental con sus efectos en el río y en los humedales de Las Tablas de Daimiel y no tienen manantiales importantes, de algún centenar de litros por segundo. Los acuíferos del Altiplano son acuíferos de extensión reducida, entre 600 y 300 km<sup>2</sup>. Los acuíferos de la cuenca del Vinalopó son de dimensiones menores y están más compartimentados e influidos por la tectónica de las formaciones diapíricas triásicas y la salinidad de estas formaciones. En este análisis no incluimos la relación río-acuífero en las cuencas más altas de los ríos de la Cuenca del Segura al ser en ellas reducida, o menos intensa, la explotación de los acuíferos. Son las situadas aguas arriba del embalse de Camarillas el río Mundo, las de aguas arriba de los embalses del Cenajo en el río Segura y del de Puentes en el Alto Guadalentín, y los que afluyen al río Segura en su margen derecha entre el Cenajo y Murcia. Tampoco se aborda la relación entre embalses y acuíferos de la que no tenemos información excepto que el embalse de Valdeinfierno alimenta al acuífero de Puentes que dio origen a la surgencia de los Ojos de Luchena o a la posible relación del embalse de Camarillas con el acuífero de El Molar.

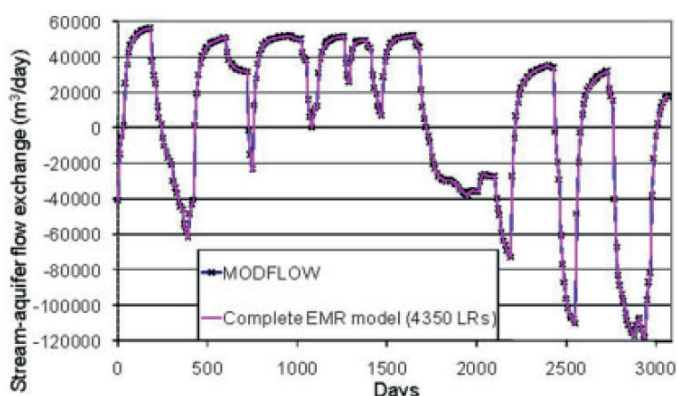


Figura 3. Variaciones de los intercambios de flujo acuífero-río en el manantial del Borbotón

El acuífero del Sinclinal de Calasparra tiene una extensión de 330 km<sup>2</sup>, tiene una transmisividad muy alta y como media desagua algo menos de 1m<sup>3</sup>/s en pleno cauce del Río Segura que es perdedor en una zona inmediatamente situada aguas arriba. La alta transmisibilidad del acuífero

permite que los pozos, que además estarían muy próximos al río, puedan bombear caudales muy elevados, pero al mismo tiempo hace que los caudales del río sean afectados muy rápidamente. Para dilucidar las posibilidades de obtener alguna ventaja de la utilización se realizó un bombeo en el periodo 1992-2000 con bombeos medios de 22 hm<sup>3</sup>/año, siendo el máximo de 38 hm<sup>3</sup>/año, estando la mayoría de los pozos localizados en las proximidades del manantial. En la figura 2 se pueden ver los intercambios de caudal entre el río y el acuífero deducidos con un modelo clásico en diferencias finitas. El modelo fue calibrado con los de niveles medidos continuamente en dos piezómetros también próximos al manantial. La reacción de los caudales es muy rápida lo que hace que la ganancia neta de agua con los bombeos sea pequeña (ver figura 3).

El acuífero del Molar también está relacionado con el Río Mundo. Los bombeos del acuífero han cambiado la relación con el río que era ganador aguas abajo del Embalse de Camarillas. Se desconoce la relación río-acuífero anterior al llenado del embalse de Camarillas y si este tiene filtraciones de alguna importancia que puedan recargar al acuífero, que no se han incluido en el modelo del acuífero. En esa zona, en las proximidades del río está, el manantial de Cañada Berosa que tenía un caudal medio algo menor de 100 l/s. El efecto más rápido ha sido producido por los bombeos de unos 10 hm<sup>3</sup> anuales de unos pozos de las Comunidades de Regantes de Pulpí, Águilas y Mazarrón, situados en las proximidades del manantial que además de secarlo han inducido la recarga del río en esa zona.

El río Vinalopó es ganador en su tramo alto. En las proximidades de Bañeres están los manantiales denominados Coveta con un caudal del orden de 90 l/s. En Villena, existían unos manantiales con un caudal medio que se estimó a principios del siglo XX en unos 9 hm<sup>3</sup> anuales que desaparecieron al aumentar los bombeos del acuífero. El río también parece que era ganador en la zona intermedia entre estos puntos, en el tramo del cuaternario que yace sobre el acuífero carbonatado que se ha denominado acuífero de la Solana. Este acuífero no parece haber sido estudiado con detalle, siendo distintos la denominación y los límites que se le han dado en trabajos sucesivos. Hasta 1986 en el que bombeaban unos 30 hm<sup>3</sup>/año se considera que el acuífero estaba sobreexplotado. Entre 1986 a 1990 se observan recuperaciones piezométricas que coinciden con un período húmedo, volviendo a tener descensos suaves a partir de 1994 en un periodo seco y explotaciones por encima de los 35 hm<sup>3</sup>/año.

Los bombeos entre 1994 y 1997 superan los 36 hm<sup>3</sup>/año. Este acuífero es el de mayor extensión de los carbonatados que no pertenece parcialmente a la cuenca del Segura, y podría ser de interés para almacenar agua del futuro trasvase Júcar-Vinalopó o en otras estrategias de gestión que se comentan después. Más aguas abajo de Villena y hasta desembocar en la llanura deltaica de Elche el río circula sobre el triásico salino, o está separado de él, por un pe-

queño cuaternario cuyo interés hidrológico es el de limitar las posibilidades de que el río se infiltre en los acuíferos vecinos aunque sus niveles hayan descendido cientos de metros; o por otra parte ser una fuente adicional de salinidad para las aguas, naturales o de procedentes de retornos, que circulan por el cauce.

Los acuíferos no conectados a ríos en situación natural de no explotación, se recargaban con la lluvia y descargaban por manantiales, a pequeñas zonas húmedas o en pequeñas salinas. En la figura nº 4 y en la tabla nº 1 que se adjunta se da la situación de los acuíferos reflejada en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura de 1998, que da aproximadamente la situación de unos años antes.

En la actualidad el balance medio en general no ha cambiado mucho y se pueden deducir cuales serían de forma aproximada los valores de la explotación total de acuíferos en la actualidad, aunque en algunos casos se han producido aumentos de los bombeos y en otros disminuciones por el secado de pozos. Incluso en algunos acuíferos se han producido desconexiones por la bajada de niveles. En todo caso se han producido aumentos en los bombeos en periodos de sequía, en particular la de 2006–2009.

Los descensos de niveles han producido la disminución y agotamiento de los manantiales y el secado de humedales. De los caudales de los manantiales desaparecidos en algunos casos queda alguna información cuantitativa, en otros casos solo cualitativa. Se podría acotar, o dar un orden de magnitud de los volúmenes drenados. También se podría evaluar la evapotranspiración de los humedales si se conociera las superficies que ocupaban. Desconocemos si se ha hecho algún intento para al menos acotar la recarga de los acuíferos relacionándolos con estos términos que tendrían que haberse tenido en cuenta de alguna manera a la hora de hacer los balances. En cualquier caso en todos los acuíferos en los que se han secado los manantiales y zonas húmedas, los bombeos actuales solo afectan a las reservas de los acuíferos y los bombeos de estos acuíferos hacen exclusivamente minería del agua. Lo mismo se puede decir de los bombeos del Guadalentín pues la única descarga adicional que tiene es el flujo subterráneo hacia la Vega Media del Segura que es prácticamente nulo.

La Laguna de Salinas en el acuífero de Salinas es una laguna salina de unas 200 has de extensión muy influida por el drenaje artificial y en situación próxima a la desecación definitiva. Está incluida en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana. La explotación de los acuíferos con un nivel piezométrico más de 100m por debajo de la superficie ha influido más en su desecación que los drenajes. El humedal Laguna y Saleros de Villena, en el término municipal de Villena, con una extensión de 700 hectáreas es una laguna salina que ha desaparecido por drenaje, fundamentalmente a través de la acequia del Rey está sobre materiales salino del Keuper y materiales miocenos y cuaternarios.

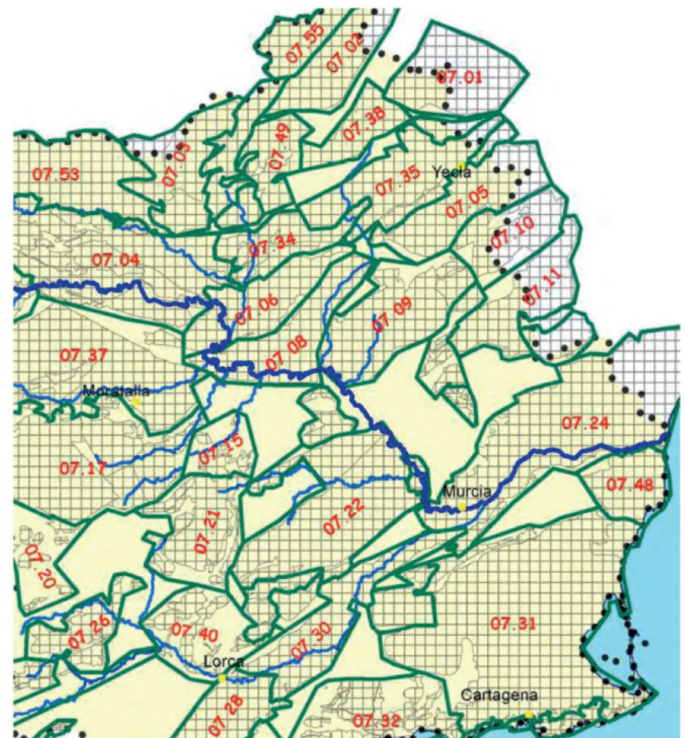


Figura 4. Acuíferos de la cuenca del Segura. Tomado de Cabezas (2011).

En la figura 4 se pueden ver los acuíferos compartidos entre las cuencas del Segura y del Vinalopó. Son 07.01 Sierra de la Oliva, 07.02 Sinclinal de la Higuera, 07.35 Cingla–Cuchillo, 07.05 Jumilla–Villena, 07.10 Serral–Salinas, 07.11 y 07.12 Quibas y Crevillente. De los acuíferos citados anteriormente, el Sinclinal de Calasparra es el 07.08, los números 07.28 y 07.28 son el Alto y el Bajo Guadalentín y el Campo de Cartagena el 07.31.

Tabla nº 1. Acuíferos sobreexplotados en la cuenca del Segura. Modificado de Cabezas (2011).

Denominación acuífero	(1) Recursos	2) Extracciones	(3) Balance negativo	(4) Consumo reservas	(5) Tiempo de recuperación
	hm <sup>3</sup> /año	hm <sup>3</sup> /año	hm <sup>3</sup> /año	hm <sup>3</sup>	años
07.02 Sinclinal de la Higuera	10,0	21,8	11,8	333	54
07.05 Jumilla–Villena	17,0	34,3	17,3	560	52
07.06 El Molar	10,8	14,4	3,6	93	160
07.09 Ascoy–Sopalmo	2,0	53,0	51,0	1682	1299
07.10 Serral–Salinas	5,1	17,0	11,9	426	127
07.35 Cingla–Cuchillo	9,7	28,6	18,9	530	90
07.11 Quibas	5,5	7,5	2,0	257	52
07.12 Sierra de Crevillente	3,1	10,0	6,9	481	196
07.28 Alto Guadalentín	10,1	43,3	33,2	1588	217
07.30 Bajo Guadalentín	11,0	59,1	48,1	1115	178
07.48 Triásico de los Victorias	3,2	13,5	10,3	557	232
07.34 Llano de las Cabras	1,6	3,3	1,7	23	33

En la tabla 1 se ha añadido por nuestra parte la columna (5) que quiere representar los años que tardaría en recuperarse la situación inicial de cada acuífero si se anulasen completamente los bombeos. Es una estimación rápida, que se ha hecho suponiendo que se han mantenido los mismos balances de la tabla durante los 18 años transcurridos desde que se realizaron. Así se obtendría una situación actual de las reservas próxima a la realmente existente.

Cantidad que dividida por la recarga actual nos daría el número de años necesarios para equilibrar ese déficit si se dejase de bombear en el acuífero. El error depende en gran medida del error de la columna (3) del balance, y sobre todo del error la columna (1) que en principio asimilamos a la recarga que incluye también los retornos de riego, relativamente poco importantes en general. En el acuífero de

El Molar también incluye la recarga inducida del río por los bombeos próximos a este. Recarga que desaparecería si se anulan. En este caso haciendo la corrección, estimada con el modelo que después se comenta, de lo que puede suponer esta recarga inducida, para el acuífero de El Molar resultarían 117 años los necesarios para recuperarse.

Todos los acuíferos tienen recargas muy pequeñas como sucede en las zonas áridas. Errores pequeños en su estimación se traducirían en grandes errores en el tiempo de recuperación. Para el acuífero de Ascoy–Sopalmo si en

lugar de una recarga de 2 hm<sup>3</sup>/año se hubiese considerado que está entre 3 y 7, quizás más acordes con los resultados que se reflejan en los estudios consultados, resultaría que la recuperación tardaría entre 867 y 370 años.

Se podría haber tratado de rehacer el cuadro de acuerdo con los resultados de recarga y balances que se han ido modificando en sucesivos estudios, pero se ha preferido no hacerlo, para no dar impresión de una seguridad mayor de la existente.

Son inciertos la recarga, los bombeos realizados, las características hidrogeológicas, la misma geometría de algunos acuíferos y sus propiedades hidrodinámicas. Lo único que se pretende es mostrar que es evidente que no se pueden cumplir las prescripciones de la Directiva Marco del Agua antes de 50 años y que hay que recurrir a la posibilidad de derogación que prevé la Directiva para los casos extremos. Además es necesario considerar las incertidumbres y plantear su disminución para poder estimar mejor las reservas de agua existentes en la actualidad, qué hacer con ellas, valorar su utilización y gestionar adecuadamente los acuíferos implicados.

La tabla nº 2 tomada de Molina et al (2009), refleja los valores de la recarga, bombeo y balances, así como los descensos medios de nivel actualizados por los autores para los cuatro acuíferos carbonatados que analizan con mayor

desequilibrio en el balance. En la figura 5 se reflejan los descensos medios de los niveles en esos acuíferos desde Octubre de 1980.

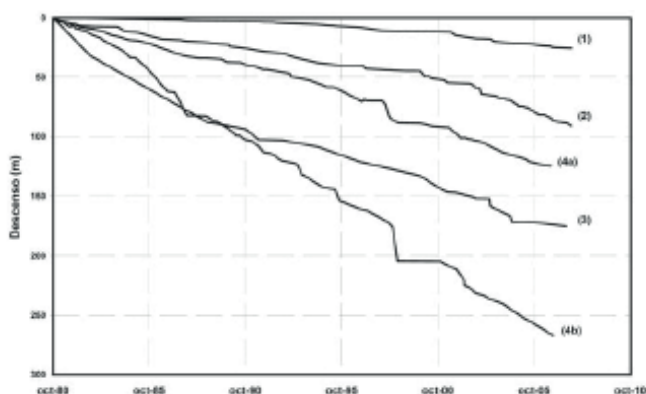
**Tabla 2.** Balance hídrico de cuatro acuíferos y descensos piezométricos, según Molina et al (2009).

Acuífero	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Bombeo Actual (hm <sup>3</sup> /año)	Variación del almacenamiento (hm <sup>3</sup> /año)	Δh desde régimen natural (m)	Δm medio Últimos diez años (m/año)
Cingla	13	30	-17	25	
Jumilla-Villena	15	46	-31	115	
Ascoy-Sopalmo	2	52	-50	187	
Serra-Salinas	5	18	-13	130 (sector W) 290 (sector E)	4,9 (sector W) 10,5 (sector E)
Total	35	147	-111		

La salinidad de estos acuíferos está influenciada por la presencia de las rocas evaporíticas del Keuper en las proximidades de esta formación. Con frecuencia la salinidad aumenta con la profundidad y los descensos de nivel piezométrico, (Aragón et al 1999). Es un aspecto importante para valorar la posibilidad de intentar de optimizar la minería del agua en estos acuíferos. En estos acuíferos de gran espesor probablemente también existan flujos locales intermedios y regionales como en los analizados por Toth (1963) y los hidrogeólogos canadienses en formaciones no consolidadas. Los flujos que conllevarían mayores caudales serían los locales que son los más superficiales y tendrían agua menos salina. Los regionales transportarían caudales más reducidos serían los más profundos y sus fluidos serían más salinos; como pasa en las cuencas terciarias del Tajo y Duero.

Otros acuíferos pequeños compartidos entre el Júcar y el Vinalopó que tienen descensos de grandes niveles, y consecuentemente en su almacenamiento, son el de la sierra de Crevillente, que tiene una pequeña parte en la cuenca del Segura, y el de Quibas. El de Crevillente tiene una extensión de unos 140 km<sup>2</sup>. Empezó a explotarse en 1966 y aumentó la explotación a partir de 1980 con descensos continuados que en algún año alcanzaron hasta los 30 m. Solo entre 1989 y 1991 con pluviometrías del orden de 700 mm se amortiguaron los descensos. La explotación actual es de unos 8 hm<sup>3</sup>/año y la recarga se ha estimado en 2,5 hm<sup>3</sup>/año. En este acuífero se construyó en 1962 la Galería de los Suizos desde la que se perforó una batería de pozos para bombear el acuífero.

En ese momento la piezometría estaba al nivel de la galería y el contenido en cloruros del agua actualmente era del orden de 350 mg/l. En la actualidad los niveles están a más de 100 m de profundidad, ya por bajo del nivel del mar y la salinidad alcanza los 1000 mg/l. Salinidad que en general era mayor en casi todo el acuífero, alcanzando la conductividad del agua entre 2000 y 4000 μS/cm, Andreu et al (1998). El acuífero de Quibas con una superficie aflorante permeable de 102 km<sup>2</sup>, tiene estimada una recarga de 2,5 hm<sup>3</sup>/año y unos bombeos de unos 8 hm<sup>3</sup>/año. Los acuíferos carbonatados de la cuenca del Vinalopó situados aguas abajo de Villena en su margen izquierda, distintos de los que están a caballo entre las cuencas del Segura y Júcar, las unidades Peñarrubia, Sierra Mariola, Argueña-Maigmo, y Sierra del Cid están mucho más fragmentados por la tectónica halocinética de los diapiros y tienen una importancia cuantitativa menor, además de no presentar

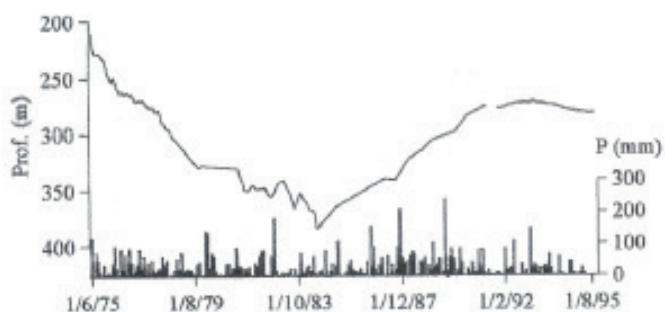


**Figura 5.** Descensos piezométricos, según Molina et al (2009)

por el momento problemas de sobreexplotación serios excepto en el primero de ellos, que tiene una explotación de 3,4 hm<sup>3</sup>/año, superior a su recarga que se ha estimado en 1,6 hm<sup>3</sup>/año, (Diputación de Alicante– IGME 2009).

El acuífero del Cid tiene una extensión pequeña, unos 30 km<sup>2</sup>. Su explotación comenzó alrededor de 1969 llegando los descensos a 60 m en 1974, año en el que los bombeos alcanzaron los 24 hm<sup>3</sup>. A partir de 1975 (ver figura 6) los descensos siguen aumentando llegando a ser de 30 m durante el año 1976.

La explotación elevada se mantuvo hasta 1983 año en el que la depresión total de los niveles en algunas zonas llegó a ser entre 230 y 250 m. A partir de 1984 se empiezan a abandonar las explotaciones debido al deterioro progresivo de la calidad del agua bombeada, recuperándose los niveles más de 100 m en 1991 cuando las precipitaciones alcanzaron los 700 mm anuales, siendo la media de 380 mm, (Andreu et al 1998). También es un buen ejemplo de la variabilidad de la recarga de los acuíferos en zonas semiáridas. Su explotación actual es del orden de la recarga estimada.



**Figura 6.** Evolución de la piezometría en el acuífero del Cid

### 3. El conocimiento de los acuíferos.

#### La definición geométrica de los acuíferos

Los acuíferos fuertemente explotados de estas cuencas, se han venido estudiando intensamente por distintos grupos, IGME, IRYDA, Confederación Hidrográfica del Segura, Consejería de Aguas de la Comunidad de Murcia, Diputación de Alicante y otros. Han dado ocasión a muchas decenas de informes oficiales, de comunicaciones a congresos y reuniones, y de artículos en revistas profesionales y científicas.

Estudios en los que han intervenido un buen grupo de excelentes profesionales de la geología e hidrogeología desde hace casi medio siglo. La tectónica de los acuíferos carbonatados del Prebético es especialmente complicada con pliegues apretados, fallas de desgarre, cabalgamientos, cambios de facies y formaciones desde el Jurásico al Eoceno con grandes espesores en las formaciones carbonatadas permeables en algunos tramos, que hacen difícil la interpretación de sondeos, datos geológicos e hidrogeológicos.

Para definir los límites impermeables de los acuíferos se han elaborado en muchos casos planos de isohipsas del techo y muro de los acuíferos utilizados para definirlos geométricamente y determinar las reservas de agua. Con este fin también se ha hecho uso de la información proporcionada por sondeos, geofísica y observaciones in situ.

Los datos piezométricos y sus variaciones con la explotación también se han utilizado para tratar de aclarar situaciones dudosas, pero es evidente que existen muchas incertidumbres y dudas por resolver. De hecho en los años 80 al perforar un sondeo en la sierra del Carche se comprobó que presentaba un nivel más acorde con el acuífero de Ascoy-Sopalmo que con el de Carche-Salinas, por lo que se asignó desde entonces la Sierra del Carche (unos 75 km<sup>2</sup>) al acuífero Ascoy-Sopalmo.

Lo mismo sucedió entre otros con los acuíferos Cingla y Cuchillos-Cabras que pasaron a ser Cingla-Cuchillos y Llano de las Cabras. Esta es la razón por la que no coinciden exactamente las denominaciones de los acuíferos en la tabla 1 y en la figura 4.

Además de las incertidumbres geológicas, pueden existir incertidumbres importantes sobre litología deducida de la perforación de los sondeos, de la localización de las rejillas y de la atribución de caudales de explotación a cada acuífero e incluso de los valores atribuidos a los bombeos.

Parece bastante probable que se detecten más incoherencias con la explotación intensa de los acuíferos que ha modificado y está modificando profundamente el sistema de flujo. Modificaciones que pudieran poner de manifiesto las que anteriormente no podían observarse.

#### Estimación de la recarga de los acuíferos

La recarga de los acuíferos en zonas semiáridas como la que se está analizando son pequeñas, muy variables y difíciles de valorar. Es un tema muy estudiado (Lerner et al 1990, Custodio et al 1987) y solo podemos poner de manifiesto las incertidumbres que se plantan en los acuíferos que nos conciernen. En algunos estudios realizados se han utilizado métodos basados en el balance de agua en el suelo con una capacidad de almacenamiento de agua fijada de antemano. Los resultados obtenidos se aplican a la superficie del acuífero en unos casos y en otros a la superficie permeable. En la mayoría de los informes especialmente en los más antiguos no se especifica que metodología se ha utilizado para el cálculo o estimación de la recarga procedente de la lluvia o de los retornos de riego, o las transferencias de flujo entre acuíferos colindantes que se refleja en esos informes.

En algunos casos se da un valor para el volumen anual de recarga, o los mm/año de infiltración anual, resultados que en algún caso se aplican a la superficie del acuífero en unos casos y en otros a la superficie aflorante permeable, aunque los resultados en prácticamente todos los casos son razonables y normalmente pequeños; pero en la práctica no se validan. En algún caso se han simulado con un modelo unicelular, pero utilizando periodos de pocos años. Dada la enorme variación interanual del estado en el suelo y la zona no saturada en las zonas áridas, dar una única cifra para la recarga como resultado tiene mucho menos valor si no se añade la variabilidad temporal. Como se ha sugerido antes se podría hacer una estimación del orden de magnitud de la recarga media considerando la aportación anual media de los manantiales que se han secado añadiendo una estimación de la evapotranspiración de los humedales también desaparecidos.

#### Modelos utilizados

El modelo SIMPA (Simulación Precipitación-Aportación) es un modelo hidrológico utilizado en el Libro Blanco del Agua en España para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural, es decir en ausencia de aprovechamientos, para el Plan Hidrológico Nacional. Es un modelo distribuido que simula caudales medios mensuales en cualquier punto de la red hidrográfica de una cuenca (Estrela et al 1999). El modelo tiene dos almacenamientos, el almacenamiento del suelo en la zona no saturada y en la saturada. Obtiene la recarga al acuífero y la escorrentía directa (la componente superficial del flujo), a partir de las precipitaciones, las evapotranspiraciones potenciales y los parámetros hidrológicos de capacidad de almacenamiento del suelo e infiltración máxima a través de la formulación de Temez (1977).

El modelo se ha aplicado a toda la superficie de España en una serie de 55 años, desde 1940-41 a 1995-96, con incrementos de tiempo de un mes y tamaños de celda de

1 km<sup>2</sup>. La componente subterránea del flujo se obtiene multiplicando el volumen almacenado en el acuífero por el coeficiente de desagüe del acuífero que es la pendiente de la curva de agotamiento de los aportes subterráneos. La escorrentía total es la suma de las escorrentías superficial y subterránea. El objetivo fundamental del SIMPA era la determinación de la aportaciones de agua de agua para la planificación hidráulica, pero se aprovechó para hacer una evaluación de la recarga en todos los acuíferos del país con esa metodología.

Cruces (2001) critica la aplicación a la determinación de la recarga porque no se consideran las posibilidades de recarga de los acuíferos a partir de cauces superficiales y porque que no se pueden considerar bombeos o situaciones complejas.

También critica como se calibra la componente de la recarga a los acuífero. Podemos añadir que se comparan los caudales totales simulados con los medidos, pero no se pueden comparar los caudales subterráneos simulados con la componente subterránea de los hidrogramas. La separación de la componente subterránea de los hidrogramas es un problema que aún no se ha resuelto satisfactoriamente y en la gran mayoría de los casos no es posible hacerlo de forma satisfactoria. De hecho las validaciones que se presentan son de cuencas relativamente grandes, que contienen varios acuíferos, no aparecen referencias de calibración al no haber referencias de que se hayan intentado calibrar los resultados cambiando la capacidad de almacenamiento del suelo; parámetro que influye decisivamente en los resultados de la recarga en zonas áridas.

El modelo BALAN se desarrolló inicialmente para estimar las recargas de los acuíferos. El modelo evolucionó a un modelo semidistribuido el GISBALAN para poder en cuenta la variabilidad espacial de las propiedades hidrológicas e hidrogeológicas aprovechando las posibilidades de los sistemas de información geográfica y se completó con la determinación de la componente superficial para tratar de validarlo comparando las aportaciones simuladas con aforos existentes inmediatamente aguas abajo de los acuíferos.

El GISBALAN es un código de simulación de los recursos hídricos, acoplado a un SIG. Resuelve el balance hidrológico en el suelo edáfico, en la zona no saturada y en el acuífero evaluando secuencialmente las componentes en zonas hidrológicas relativamente pequeñas. En cada zona hidrológica se supone uniformidad espacial de las características físicas, climatológicas, de uso de suelo, pendiente, régimen de cultivo, riego, precipitación y evapotranspiración. Realiza balances diarios de agua en el suelo edáfico, en la zona no saturada y en el acuífero. Se ha agregado además un módulo para el cálculo del tránsito superficial que utiliza el método de Muskingum-Cunge para cauces y el de Pulse para lagos o embalses. En la zona saturada los caudales y niveles se pueden calcular con un modelo de

flujo en diferencias finitas o elementos finitos, de manera simplificada considerando la división de las subcuencas en celdas o calcular de forma totalmente agregada. La infiltración de la precipitación y los retornos de riego son las principales entradas al suelo.

La infiltración se puede calcular mediante el método de Horton o el del Número de Curva del SCS. La escorrentía superficial es calculada como la diferencia entre el agua suministrada al suelo y la infiltración. El agua infiltrada incrementa el contenido de humedad del suelo y contribuye a la evapotranspiración (ETR) y a la recarga del acuífero. Los valores de evapotranspiración potencial (ETP) pueden ser introducidos por el usuario o calculados con diversos métodos.

La ETR se calcula a partir de la ETP. Una característica de GIS-BALAN es que puede considerar flujo preferente (rápido) a través del suelo. De esta forma, la recarga en tránsito puede tener dos componentes, el rápido y el darciano (Samper y García Vera 1992 y 1997, Samper et al 2007). Interesa comentar que el cálculo de los balances día a día produce flujos mayores que cuando el incremento de tiempo usado es mensual; el agua tiene más oportunidades para evaporarse, pero la disponibilidad de datos diarios de precipitaciones complica más la entrada de datos.

En realidad la misma objeción que hace Cruces al modelo SIMPA de no considerar la recarga de ríos perdedores, y de no poder validar la recarga del acuífero comparando los caudales simulados con el hidrograma medido también se le puede hacer al BALAN.

Pero este último puede acoplar modelos de flujo del acuífero para simular niveles piezométricos en el acuífero y se ha hecho así en algún caso con buenos resultados. En realidad esto equivale a utilizar el modelo de flujo subterráneo y el BALAN conjuntamente para validar conjuntamente ambos modelos, el de flujo subterráneo y el de recarga. Los buenos resultados obtenidos en algún caso muestran que la estrategia y el Balan pueden ser apropiados para acuíferos y cuencas de pequeño tamaño.

El Modelo ERAS, (Murillo y Roncero 2005) calcula la recarga como una fracción de la lluvia útil  $Llu_i$  que viene determinada a través de la expresión:

$$Llu_i = P_i - T_i^{\beta}$$

Donde  $P_i$  y  $T_i$  son la precipitación y la temperatura en el mes  $i$  y  $\beta$  un parámetro de calibración cuyo valor medio aproximado es 1,4 pero que puede variar entre 1,3 y 1,6 dependiendo de las características climáticas de la zona en estudio. La expresión se ha deducido a partir de (Elías y Giménez, 1965). La recarga natural al acuífero para el mes  $i$  viene dada por la expresión:

$$R_i = M \cdot (P_i - T_i^{\beta})^N$$

Siendo  $R_i$  la recarga natural que se produce en el período  $i$ , y  $M$  y  $N$  parámetros adimensionales sujetos a calibración. El principal inconveniente de este modelo es que no tiene en cuenta el almacenamiento en el suelo. Es bien conocida la gran influencia que tiene este parámetro para el aumento de la evapotranspiración real al poderse disponer de mayor volumen almacenado que pueda ser evaporado durante más tiempo; especialmente en zonas áridas y semiáridas.

Si se quiere utilizar la evolución piezométrica del acuífero para identificar la recarga habría que disponer de al menos un periodo en el que la piezometría responda exclusivamente a la recarga sin afección por bombeo aunque esta situación no se suele dar en zonas áridas que son las que tienen una mayor variabilidad temporal en la recarga. O emplear un modelo de la zona saturada y calibrarlo conjuntamente con la recarga del acuífero. Pero esta situación no se da en los acuíferos sobreexplotados. Para salvar este problema Molina et al (2009) evalúan la recarga aplicando el modelo de balance Visual Balan v.2 de Samper y García Vera a un pequeño acuífero cercano al de Serral-Salinas (El Cantal: 1,7 km<sup>2</sup>).

En la década de los 80 estuvo sobreexplotado pero dejó de bombearse y actualmente ha recuperado los niveles iniciales y está en régimen natural. Sus límites son conocidos, y posee suficientes datos piezométricos para la calibración. La objeción que cabe poner es que el acuífero mayor al que se le apliquen los resultados obtenidos también habría de tener no solo la misma litología, precipitación y clima sino también la misma capacidad de almacenamiento en el suelo que el acuífero más pequeño calibrado. Pero esta es una de las muchas incertidumbres con las que hay que contar en los modelos hidrológicos distribuidos. Se puede considerar que no es mayor que la de atribuir los parámetros deducidos de un ensayo de bombeo a una determinada zona de un acuífero.

### Modelos de flujo

En muchos de los acuíferos más extensos, Ascoy Sopalmo, Jumilla Villena, Carche Salinas, Cingla Cuchillos, El Molar, Llano de Cabras, y en algunos pequeños entre ellos los de Quibas y Crevillente se han hecho modelos distribuidos de flujo, a veces en más de una ocasión y por grupos distintos, prácticamente todos con el código MODFLOW. También se ha modelado algún acuífero de dimensiones reducidas considerándolo como unicelular. En estos casos normalmente con el fin de identificar la recarga.

La mayoría de los acuíferos tienen una capa, ya que generalmente no se dispone de información sobre la posición los tramos de filtro y no existir apenas observaciones de otras capas. El acuífero del Guadalentín tiene dos capas y algún otro, por ejemplo el modelo de la UPV del acuífero Jumilla Villena tiene tres, dos acuíferos y un acuitardo y el de la DPA tiene varias capas más. En casi todos los mode-

los se han mantenido constantes las recargas del acuífero año a año; lo que en principio parece aceptable al ser en todos los casos los bombeos muy superiores a la recarga.

En algún modelo se procura evitar que en cada celda haya más de un punto de extracción. Con esto se limita el secado de alguna celda en las simulaciones del comportamiento futuro con niveles progresivamente descendentes. Los parámetros de almacenamiento, importantes para la determinación de las reservas, obtenidos en la calibración en el modelo Jumilla Villena varían entre 0,0015 y 0,06. Incluso en otro modelo el máximo valor de este parámetro es de 0,04

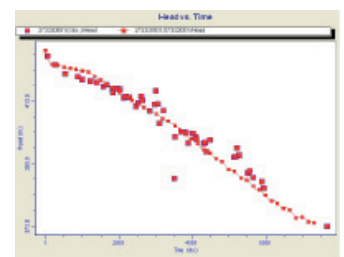
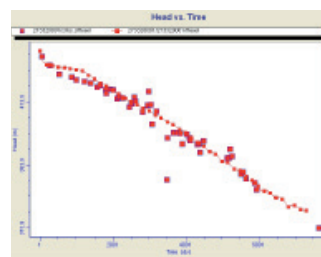
En el modelo Jumilla Villena se simuló la influencia de la inclusión en el modelo de dos zonas contiguas a este mediante la activación y desactivación de celdas contenidas en el dominio de simulación del flujo para ver si era coherente ampliar el acuífero con ellas.

Finalmente se desechó la hipótesis de ampliación de los límites del acuífero. En general no se plantean dudas sobre los bombeos aplicados en los modelos, que es la que se ha determinado en estudios hechos con ese fin, excepto en el caso del acuífero de Jumilla Villena, en el que los autores consideran que no son aceptables en algunas zonas (IGME-DPA 2006).

### Piezómetro 273320001

Modelo calibrado

Reducción recarga a la mitad



### Piezómetro 273320001

Modelo calibrado

Duplicación recarga

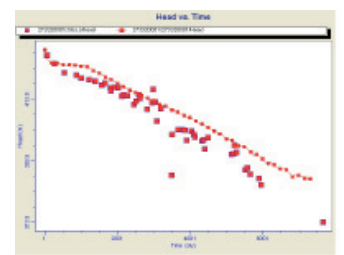
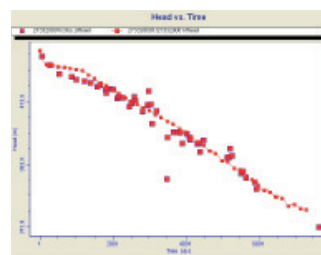


Figura 6. Variaciones piezométricas en los análisis de sensibilidad para el piezómetro 273320001. Modelo Ascoy-Sopalmo



Un problema en la modelación de los acuíferos intensamente explotados con descensos generalizados es la consideración de los niveles iniciales. Con frecuencia en ese momento solo se dispone de pocas medidas. Una solución que se ha adoptado es la de iniciar la modelación en un momento anterior en el que se dispongan de más datos piezométricos. Es imprescindible tratar de conseguir reproducir satisfactoriamente la situación de flujo estacionario, sin explotación, con las recargas que luego se utilicen para el flujo transitorio. En el estacionario deben reproducirse los caudales de los manantiales y los niveles en el acuífero no deben sobrepasar la superficie del terreno. También tendrían que poder aproximarse a este en los humedales. Que se sepa esto último no se ha hecho en los modelos analizados.

En el modelo del acuífero Ascoy-Sopalmo se ha visto la necesidad de definir zonas unidimensionales (barreras) de muy baja conductividad hidráulica que representen la baja conexión hidráulica entre algunas zonas del acuífero que en general corresponden a fallas, reflejadas en los mapas de isohipsas, pero se han deducido también en base al ajuste de la piezometría histórica.

La combinación de zonas de desconexión y de conjuntos de parámetros hidráulicos capaz de reproducir los datos históricos disponibles con toda seguridad no es única (UPV 2006a). Lo mismo sucede con los parámetros hidrodinámicos, (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, ...) de casi cualquier modelo de flujo con los que se ha conseguido reproducir aceptablemente los niveles históricos, y no solo en formaciones carbonatadas; hay infinidad de soluciones al problema inverso.

Se ha realizado un análisis de sensibilidad de la calibración frente a los valores de la recarga en los afloramientos, determinándose que tiene poca influencia al tener valores muy pequeños con respecto a las explotaciones. La duplicación de la recarga, o incluso la utilización de un valor superior, representa ya un porcentaje importante con respecto a las explotaciones razón por la cual, la calibración sí resulta sensible a estas variaciones de la recarga.

Los niveles piezométricos suben, y habría que recalibrar el acuífero, es decir, se deberían encontrar nuevas zonas, con valores óptimos, de conductividad hidráulica y coeficientes de almacenamiento.

Aun así, hay que indicar, que algunos piezómetros siguen manteniendo un ajuste adecuado, pues las explotaciones siguen siendo bastante superiores a la recarga duplicada (ver figura 6). Al igual que sucedía con la reducción, el régimen estacionario también es sensible a la duplicación de la recarga, aunque puede calibrarse con los mismos valores de conductancia y altura del dren con que se simulan los manantiales. Obviamente, al duplicar la recarga en el estacionario, la piezometría sube, pero se pueden obtener descensos análogos con los mismos bombeos aumentando la

recarga y disminuyendo el almacenamiento del acuífero. Como conclusión, parece posible que la recarga pueda ser algo superior a 7 hm<sup>3</sup>/año aunque valores sensiblemente superiores no se consideran viables con la información actualmente disponible (UPV 2006a).

El modelo del acuífero Jumilla Villena se comporta de forma análoga con respecto al aumento o disminución de la recarga. En el acuífero de El Molar se ha conseguido reproducir la piezometría y el secado del manantial de la Cañada Berosa, pero esto no quiere decir que reproduzca fidedignamente la relación río-acuífero y las reducciones de caudal del río debido a los descensos de nivel en la zona. Algunos modelos se han utilizado para simular alternativas de explotación futuras, que consistían en continuar con los mismos bombeos que variaban entre reducirlos totalmente o a la recarga del acuífero hasta fechas que en ningún caso pasaban de la mitad del siglo. Como era de esperar en ninguno de los casos los resultados reflejaron más que unas recuperaciones pequeñas de niveles y ninguna de manantiales.

La pregunta de si los modelos pueden ser útiles para la toma de decisiones de gestión de los acuíferos la respuesta es que pueden aproximar la evolución global de la piezometría, y depende de la precisión del conocimiento geológico predecir cuándo se secarían algunas zonas del acuífero, o cuando se recuperaría algún manantial si se deja de bombear, pero siempre a plazos no mayores de un decenio. Y no solo por las incertidumbres de los efectos del cambio climático.

Las incertidumbres de los modelos en estos acuíferos son importantes. Ya se han comentado las geológicas y litológicas al ser pequeño el número de los sondeos existentes.

La incertidumbre en las precipitaciones, en la recarga y en el agua bombeada son relativamente importantes en cualquier caso, así como las atribuciones de conductividad hidráulica y almacenamiento en toda la superficie del acuífero. Y los sondeos que han servido para validar el comportamiento de los acuíferos son muy pocos. Es necesario seguir con el control continuado de los bombeos en el acuífero, la evolución de niveles y las características químicas del agua bombeada. Y por otra parte conviene comparar el comportamiento con las predicciones de los modelos y en su caso recalibrarlos o corregirlos adecuadamente.

En caso necesario habría que modificar sus parámetros; o en el caso de que se presentase la evidencia hasta cambiar el modelo conceptual. Pero no hay que descartar que una alternativa para la gestión es la de extrapolar temporalmente los resultados de una modelación y los de las últimas observaciones adecuadas. Aunque parezca que se pone en duda la utilidad de los modelos creemos por el contrario que han servido para disminuir las incertidumbres y dar mayor coherencia al conocimiento cuantitativo de la hidrogeología local.

## La explotación futura de los acuíferos que están fuertemente explotados

Pueden adoptarse casi todas las opciones, desde el extremo de dejar la explotación como se hace actualmente a la iniciativa de los interesados a anular todo bombeo del acuífero. Si se siguen explotando los acuíferos sin ninguna restricción, seguirán bajando los niveles y se abandonarían pozos por razones económicas al descender los niveles o los caudales, o porque se deteriore la calidad del agua bombeada. Otra opción es la de disminuir progresivamente los bombeos, no necesariamente a la recarga que tenga el acuífero o por debajo de ella, para tratar de alargar la vida del acuífero. Otra es anular todo bombeo en años húmedos o normales y solo utilizarlos en los años más secos, hacerlo solo en casos de emergencia, o reservarlos para abastecimiento urbano utilizando la desalación cuando la salinidad sea elevada.

En general no parece aconsejable utilizar los acuíferos carbonatados como almacenamiento de caudales excedentes o trasvasados, por varias razones: en primer lugar de tipo económico al tener que volver a elevar el agua desde profundidades grandes y también por la incógnita de cómo puede variar su salinidad al mezclarse con el agua del acuífero. También por la lejanía de muchos de los acuíferos a las conducciones de agua existentes o que se puedan prever.

En otros casos en los que ya en la actualidad se están utilizando aguas importadas con aguas locales, superficiales, subterráneas y desaladas, en vez de recargar, en el caso de que hubiera excedentes no regulados, es preferible disminuir los bombeos de los acuíferos y utilizar lo más posible estos excedentes. El Campo de Cartagena es una zona en la que conviene analizar con el mayor detalle posible el Uso Conjunto Alternante de todos los recursos existentes, pero hay que conocer con más detalle los acuíferos, las características químicas del agua y su recarga. En acuíferos detríticos, como el Guadalentín no parece que vaya a existir nunca excedentes para poder recargarlos y como se comentó antes en años de sequía es interesante explotar los aluviales del Segura, como se ha hecho en las últimas sequías.

Los acuíferos carbonatados en los que podría ser aceptable la recarga artificial como almacenamiento en relación con el trasvase del Júcar, podrían ser los del Alto Vinalopó, aunque también habría que conocerlos con mayor detalle. Pero también habría que analizar todas las alternativas posibles de gestión.

En cualquier caso las decisiones tienen que analizarse caso por caso y dependerán de las particularidades sociales, económicas, políticas y ambientales y por supuesto hidrológicas.

## Conclusiones

Los acuíferos carbonatados de la cuenca del Vinalopó y del Altiplano de Murcia, juntamente con otros detríticos de la cuenca del Segura, que también se analizan en este trabajo, se han venido explotando muy por encima de su recarga natural durante los últimos decenios. Su explotación ha producido la desaparición de los manantiales por los que desaguaban y también la de algunas zonas húmedas y lagunas saladas relativamente reducidas, además de descensos muy importantes de los niveles freáticos de los acuíferos explotados.

La salinidad del agua subterránea es un problema en muchas zonas de los acuíferos debido a la aridez y a la salinidad de algunas formaciones.

Los importantes descensos en los niveles de agua han sido ocasionados en gran parte por el pequeño almacenamiento de las formaciones calcáreas.

El efecto sobre los caudales de los ríos ha sido relativamente reducido comparado con los caudales aportados en comparación con la explotación de otros acuíferos carbonatados en la España seca como los de la Mancha; con efectos muy importantes en los ríos Júcar y Guadiana y los extensos humedales de las Tablas de Daimiel. La explotación ha proporcionado casi tanta agua, por encima de la extraída a los manantiales y humedales, como la importada a través del Acueducto Tajo Segura.

La Directiva Marco del Agua impone la necesidad de que en el año 2015 los acuíferos estén en buen estado cuantitativo y cualitativo. Análisis elementales ponen de manifiesto que aunque se dejase de bombear es imposible que los acuíferos no puedan alcanzar su equilibrio natural en siglos; no hay otra solución que acogerse a las excepciones que admite la Directiva. La necesidad de reemplazar o reperforar las captaciones, el coste energético y la salinidad, junto con el agotamiento de las reservas hace que la explotación de estos acuíferos se reduzca y eventualmente desaparezca.

El papel que pueden jugar los acuíferos con descensos de nivel importantes está relacionado con las características socioeconómicas de cada zona y con los intereses de los directamente afectados. Podrán seguirse explotando los acuíferos hasta que lo permitan los costes o la calidad del agua. También se pueden disminuir los bombeos de forma progresiva, para tratar de alargar su vida, reservarlos para abastecimiento en alguna zona, o por último anular o disminuir los bombeos en años húmedos y únicamente utilizarlos para emergencias en las situaciones más secas.

**Agradecimientos.** Agradezco las sugerencias y el apoyo del profesor Emilio Custodio en la elaboración de este trabajo.

## Referencias

- Albacete Carreira, M., Solís García-Barbón, Luis., Gil Morgado, Fernando., Gómez Plaza., Gómez Cuevas, A., Sánchez Merlos, M. (2001). **Bases para una gestión sostenible de las aguas subterráneas del Campo de Cartagena**. VII Simposio Asociación Española de Hidrogeólogos Murcia.
- Andreu Rodes, J.M., Estévez Rubio, A., Morell Evangelista, I., Pulido-Bosch, A. (1998). **La contaminación de acuíferos kársticos ligada a la sobreexplotación. Jornadas sobre la Contaminación de las Aguas Subterráneas: un Problema Pendiente**. Valencia, AIH-GE: 355-362.
- Aragón, R., Solís, L., Hornero, J. (1999). **Características químicas de las aguas subterráneas de la cuenca del Segura. Aptitud de uso y principales fuentes de contaminación**. En: La Contaminación de las Aguas Subterráneas: Un Problema Pendiente. ITGE-AIH, Madrid: 363-372.
- Cabezas Calvo Rubio, F. (200x). **Explotación de las aguas subterráneas en la cuenca del Segura. Papeles de seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la naturaleza nº 3**. Fundación Marcelino Botín.
- Cerón, A., Pulido-Bosch A., Bakalowicz, M. (1999). **Application of Principal Components Analysis to the study of CO2 rich thermomineral waters in the aquifer system of Alto Guadalentín (Spain)**. Hydrological Sciences-Journal, 44(6) PP. 929-942.
- Cruces de Abia, Joaquín (2001). **Evaluación de los recursos y el Libro Blanco. Metodología utilizada en cuanto a las aguas subterráneas**. En V. Iribar, J. Grima, X. Sánchez-Vila (editores). Las aguas subterráneas y el Plan Hidrológico nacional. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Grupo Español.
- Custodio Gimena, E. (1997a). **Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre**. En:
- Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J. (ed). **La evaluación de la recarga a los acuíferos en la Planificación Hidrológica**. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Grupo Español. Las Palmas de Gran Canaria. 19-39.
- Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J. (ed.)(1997), **La evaluación de la recarga a los acuíferos en la Planificación Hidrológica**. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Grupo Español, Las Palmas de Gran Canaria.
- Custodio, E. (2002) **Aquifer overexploitation, what does it mean?** Hydrogeology Journal, 10(2): 254-277.
- Diputación de Alicante-IGME (2009). **Alternativas de Gestión en el Sistema de Explotación Vinalopó-L´Alicantí**. Colección El agua en Alicante.
- Elías Castillo, F. y Giménez, R. 1965. **Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España**. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura. Madrid. 293 pp.
- Estrela, Teodoro; Cabezas Calvo-Rubio, Francisco; Estrada Lorenzo, Federico (1999). **La evaluación de los recursos hídricos en el Libro Blanco del Agua en España Ingeniería del agua voló nº2** pp 125-138.
- Estrela, T. y L. Quintas. **El sistema integrado de modelización precipitación-aportación SIMPA.**, Ingeniería Civil, nº 104. pp 43-52, Madrid, 1996b
- Gobierno Regional de Murcia (1988) **El sistema acuífero del Alto Guadalentín, en El Alto Guadalentín**. Seminario sobre gestión de acuíferos sobreexplotados y comunidades de usuarios. Dirección de Recursos Hidráulicos, Murcia.
- IGME-DPA (2006). **Estudio del funcionamiento hidrogeológico y simulación numérica del flujo subterráneo en los acuíferos carbonatados de Solana y Jumilla Villena (Alicante y Murcia)**.
- IGME (2010a). **Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico: 071.031 Sierra de Crevillente. Encomienda de Gestión para la Realización de Trabajos Científico-Técnicos de Apoyo a la Sostenibilidad y Protección de las Aguas Subterráneas**. Instituto Geológico y Minero de España-Dirección General del Agua. Madrid: 1-25.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. y Simmers, I. 1990. **Groundwater recharge: A guide to understanding and estimating natural recharge**. International Contributions to Hydrogeology. I.A.H. Verlag Heinz Heise, Hannover, (8), 345 pp.
- Martínez-Santos, P., Andreu Rodes, J. M. (2010). Lumped and distributed approaches to model natural recharge in semiarid karst aquifers. Journal of Hydrology, 388): 389-398.
- Molina J.L., José Luis García-Aróstegui y José Benavente (2009). **Explotación intensiva de los acuíferos carbonatados del altiplano de Murcia**. Geogaceta, 46, 163-166.
- Murillo, J. M., Roncero, F. J. (2005). **Recarga natural y simulación de alternativas de gestión mediante el modelo "ERAS"**. Aplicación al acuífero de Peñarrubia (Alicante). Boletín Geológico y Minero, 116 (1): 97-112.
- Sahuquillo, A. (1983). **Panorámica mundial. Tipología del Uso Conjunto en Utilización Conjunta de Aguas Superficiales y Subterráneas del S.G.O.P.-U.P.V.**, M.Varela (Edt). Valencia Cap. A.1

Sahuquillo, A (1993). *Papel de los acuíferos en la regulación de los recursos hidráulicos. En "Las aguas subterráneas. Importancia y perspectivas" Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales e Instituto Tecnológico Geominero de España.* Madrid. pp. 103–117.

Samper, J. y García Vera, M.A. (1992). *Manual de usuario del programa BALAN\_8. Dpto. de Ingeniería del terreno.* E. T. S. de Ingenieros de Caminos. UPC. Barcelona.

Samper, J, M.A. García Vera, B. Pisani<sup>1</sup>, D. Alvares, A. Varela y J. A. Losada (2007). *Modelos hidrológicos y sistemas de información geográfica para la estimación de los recursos hídricos: aplicación de GIS-BALAN a varias cuencas españolas.* En Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VIII. J.V. Giráldez Cervera y F.J. Jiménez Hornero, 2007.

Samper, J., LL Huguet, J. Ares y M.A. García Vera (1999). *Manual del usuario del programa VISUAL BALAN V.1.0 Código interactivo para la realización de balances hidrológicos y la estimación de la recarga, Informe técnico para ENRESA.* Universidad de A Coruña 124 pp.

Témez, J.R, (1977) *Modelo matemático de transformación-Aportación.* ASINEL.

Toth, Józseph, 1963, *A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins: Journal of Geophysical Research, v. 68, no. 16,* p. 4795–4812.

Turrión Peláez, L.F., Martínez Arias, A., Delgado Moya, S. (2011). *Las aguas subterráneas en la gestión der la sequía: ejemplo de la Vega Madia y Baja del Segura. Confederación Hidrográfica del segura.* Murcia: 1–260.

IGME–DPA (2006). *Estudio del funcionamiento hidrogeológico y simulación numérica del flujo subterráneo en los acuíferos carbonatados de Solana y Jumilla Villena (Alicante y Murcia).*

UPV (2005). *Modelación matemática del acuífero alto Guadalentín.* IIAMA Universidad Politécnica de Valencia.

UPV. (2006a). *Modelación matemática del acuífero Ascoy Sopalmo.* IIAMA Instituto del Agua y Medio ambiente.

UPV. (2006b). *Estudio de cuantificación del volumen anual de sobreexplotación del acuífero de la unidad hidrogeológica 07.05 Jumilla–Villena.* Informe inédito.

NOTA.– En la web del IGME se puede consultar multitud de informes de estudios hidrogeológicos en la zona de este trabajo.

## Aportación MASE

A-03

<b>Autoría</b>	Diputación de Alicante, Servicio de Aguas: Luis Rodríguez Hernández, Miguel Fernández Mejuto y Juan Antonio Hernández Bravo		<b>Siglas</b> DA
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Levante español	<b>Lugar</b> Cuenca del Vinalopó	<b>Cuestiones</b> 1.1; 1.2; 1.3; 2.2; 3.2; 3.3

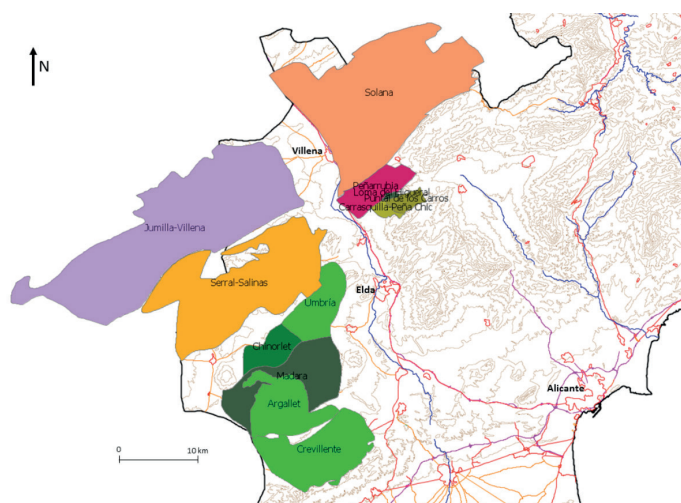
### Comentarios

## LA MINERÍA DEL AGUA EN EL VINALOPÓ

### 1. Caracterización. Balances hídricos

En el cuadro del anexo 1 se caracterizan los acuíferos con relevantes descensos piezométricos acumulados e índices de explotación superiores a la unidad en un periodo de tiempo extenso que podrían catalogarse, en principio, como "minería del agua". Serían los siguientes:

- Solana
- Jumilla-Villena
- Serral-Salinas
- Carrasquilla-Peña Chico/Loma del Higueral/Puntal de los Carros
- Quibas (Umbría/Collado-Madara/Chinorlet)
- Crevillente-Argallet
- Peñarrubia



Localización de acuíferos del Alto y Medio Vinalopó con índices de explotación elevados

Considerando los criterios que el proyecto MASE establece para la definición de "minería del agua" (periodo de recuperación en ausencia de explotaciones inferior a 20 años), el acuífero Solana quedaría excluido de la relación al ser su periodo de recuperación potencial de unos 16 años. No se excluye el acuífero Carrasquilla-Peña Chico-Puntal de los Carros-Loma del Higueral porque se ha llegado, prácticamente, al agotamiento del mismo y, en el sector Loma del Higueral, al deterioro de la calidad del agua.

En consecuencia se consideran 6 acuíferos, aunque actualmente dos de ellos con sectores hidráulicamente independientes. En todos ellos se presentan las siguientes características:

- Período de sobreexplotación superior a 35 años.
- Extracciones medias claramente superiores a la recarga media en el período que, aun habiendo disminuido sensiblemente en los últimos años, continúan con índices de explotación actual superiores a 1,5, excepto Quibas que, en conjunto, presenta índices inferiores a la unidad en los últimos 3 años. Esto es, salvo en algún sector de Quibas, no se establece una nueva situación de equilibrio sostenible con una nueva piezometría media estable tras un período extenso de vaciado.
- Vaciado o consumo de reservas de tal magnitud que imposibilita su recuperación natural, aún con cese de las extracciones en un período temporal razonable.
- En consecuencia, extracciones no sostenibles con descensos piezométricos continuados, no coyunturales debido a ciclos secos y/o a consumo de reservas temporales programados.

En el acuífero Carrasquilla-Peña Chico, la "minería del agua" prácticamente ha vaciado el mismo, imposibilitando la satisfacción de las demandas.

En el anexo 2 se recoge un resumen de las principales evoluciones piezométricas de los acuíferos mencionados.

El “agua de mina” representa actualmente el 39 % de los recursos del Alto y Medio Vinalopó (minería de 42 hm<sup>3</sup>/año en los acuíferos considerados sobre 93 hm<sup>3</sup>/año de recursos subterráneos, a los que hay que sumar los 1,27 hm<sup>3</sup> de la Mancomunidad del Canales del Taibilla (MCT) y 12 hm<sup>3</sup> reutilizados de EDAR).

De los recursos totales, 25 hm<sup>3</sup>/año medio se exportan a L’Alacantí, Bajo Vinalopó y Vega Baja del Segura, de los que 15 hm<sup>3</sup>/año corresponden al “agua de mina”. El volumen de reservas extraído desde el comienzo de las explotaciones, únicamente en los acuíferos considerados, se estima en casi 3.000 hm<sup>3</sup>.

El inicio de la “minería” se sitúa sobre el año 1963 en el que comienza la explotación del acuífero de Crevillente a través de la galería de “Los Suizos”. La mayor explotación de reservas se produjo en la década de los 70, alcanzando una media superior a 100 hm<sup>3</sup>/año. Posteriormente fue decreciendo paulatinamente, según los descensos piezométricos fueron encareciendo la captación del agua y, en algún caso, deteriorando su calidad.

## 2. Utilización del “agua de mina”

El agua de estos acuíferos es utilizada en el abastecimiento a los municipios del Alto y Medio Vinalopó, excepto Aspe y Hondón de las Nieves que reciben habitualmente agua de la MCT. También complementa el abastecimiento a Elche, en el Bajo Vinalopó y a Mutxamel de la comarca del L’Alacantí con una población conjunta equivalente de unos 200.000 habitantes. En cuanto al riego satisface del orden de 8.000 has.

## 3. Reservas útiles de los acuíferos

Para la determinación de las “reservas útiles”, concepto equivalente en este caso al de “reservas explotables del yacimiento”, se parte de la definición de reserva útil como el volumen de agua movilizable desde las actuales infraestructuras de captación sin afección significativa a la garantía de suministro a los actuales usuarios. Para su determinación es necesario definir un “nivel piezométrico límite” (NPL) en cada captación que es aquel a partir del cual la captación ve comprometida la garantía de suministro actual.

Aunque se consideran las infraestructuras de captación existentes, se entiende que admiten una cierta flexibilidad de adaptación a los descensos piezométricos en cuanto a descenso de la electrobomba, siempre que la posible modificación no requiera inversiones elevadas o trámites complejos. La limitación debida a un posible deterioro de la calidad del agua no se ha considerado por ausencia de datos que permitan su previsión.

– Para los acuíferos sin información geofísica de detalle, se construye el modelo tridimensional del embalse subterráneo a partir de la cartografía hidrogeológica, con el apoyo de la información sobre los sondeos y pozos y de la proporcionada, en su caso, por la geofísica, generalmente eléctrica o electromagnética puntual. El coeficiente de almacenamiento se estima inicialmente a partir de los “llenados” en períodos húmedos sin bombeo y/o de los “vacíaos” en los de estiaje.

Posteriormente, mediante un modelo numérico de flujo distribuido se simula el vaciado del embalse mediante la explotación desde las actuales captaciones, obteniendo de este modo la curva de embalse y, para cada captación, las reservas útiles en función de su NPL.

– Para los acuíferos con información geofísica de calidad, sísmica procedente de prospección de hidrocarburos, gravimetría, etc. e información petrológica, se ha desarrollado con el IGME una metodología que aporta un plus de calidad en la definición del modelo 3D.

La interpretación de los datos geofísicos y la utilización de modelos 3D permite una definición tridimensional de gran calidad. Los datos de laboratorio posibilitan asignar a las formaciones porosidades eficaces medidas. Las reservas se calculan entonces por métodos geométricos. Posteriormente, se contrastan aplicando la metodología anterior, con el modelo de flujo, pero ahora con datos geométricos precisos.

En el anexo 3 se presentan las curvas de embalse de los acuíferos, sus reservas útiles y alguna evolución temporal de las mismas.

– Sostenibilidad temporal de la “extracción minera”

En 4 de los acuíferos, se ha simulado la sostenibilidad futura ante diversos escenarios de explotación. En el de Peñarrubia se ha supuesto que se mantiene la situación actual hasta alcanzar el NPL de las principales captaciones. Para Peña Chico, con una explotación equivalente a la recarga media, forzada por el descenso piezométrico hasta el límite de las posibilidades del acuífero, la situación es ya insostenible al no cubrir la demanda.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Acuífero Jumilla–Villena:** En la simulación realizada con el modelo numérico, manteniendo una explotación similar a la existente en 2009 (algo superior a la actual) el primer pozo de explotación significativo se secaba los 5 años del inicio de la simulación (enero 2010) y el resto de los principales pozos de referencia a los 22, 30 y 40 años. Esto es, entre los años 2015 y 2050 se secaban los principales pozos de explotación.

**Acuífero Serral–Salinas:** En la simulación realizada a partir de 2009, considerando la recarga media estimada y una explotación similar a la actual, se pudo comprobar el diferente comportamiento del acuífero según los sectores analizados. Así, para el sector occidental, con la mayoría de los pozos de mayor profundidad, la garantía de suministro se cubre a largo plazo, apareciendo sólo algún pozo de riego que quedaría fuera de uso en el año 2018. En el sector oriental los resultados de la simulación son diferentes mostrando el desabastecimiento desde algunos sondeos ya en este año de 2014. Este hecho se corrobora con la realización reciente de profundizaciones en varios de los pozos de la zona, para conseguir una garantía de suministro a largo plazo, pero con el consiguiente coste derivado de la sobreexplotación.

**Acuífero Quibas (Umbría–Chinorlet–Madara):** En la simulación realizada desde enero de 2010, con las explotaciones actuales y la recarga media calculada para la serie de 45 años anteriores, la mayoría de los pozos existentes aguantarían a largo plazo la garantía de suministro, salvo algún pozo de riego en el acuífero Umbría, que vería reducido su caudal a 20 años vista desde el inicio de la simulación, o algún problema en periodos de sequía para alguna captación de abastecimiento a pedanías en el acuífero Chinorlet. El hecho de que la mayoría de las captaciones tengan cubierta la garantía de suministro a largo plazo en las simulaciones realizadas se debe en buena medida a la disminución de explotaciones de los últimos años, que han equilibrado en la actualidad el balance medio considerando el conjunto de los sectores del acuífero.

**Acuífero Crevillente–Argallet:** La simulación realizada cuando se hizo el modelo numérico del acuífero comienza en enero de 2010, considerando la explotación de 2009 de 17 hm<sup>3</sup>/año, claramente superior a la actual. En este contexto se ven afectados algunos de los pozos de abastecimiento ya en 2017/18. Al haberse reducido drásticamente los bombeos en los últimos años, tanto por el empeoramiento de la calidad como por los sobrecostes de elevación, la sobreexplotación ha disminuido sensiblemente, aumentando las garantías de suministro a largo plazo.

**Acuífero Peñarrubia:** El nivel piezométrico límite considerado en donde empezarían a fallar las garantías de suministro con las captaciones actuales se estima sobre 260 m.s.n.m. Actualmente la piezometría se sitúa en torno a

345 m.s.n.m., con una tendencia piezométrica decreciente de aprox. 1,6 m de descenso medio anual. Así pues extrapolando la tendencia se alcanzaría el nivel límite en unos 50 años.

**Acuífero Solana:** Aunque estrictamente no se ha incluido en los acuíferos que han sufrido minería del agua en sentido estricto, dado que la recuperación sin bombeos podría ser más rápida que en los otros casos, sí que se incluye en un contexto de sobreexplotación, por lo que se hicieron también varias simulaciones ante diversos escenarios, empezando en octubre de 2008. Para ello se consideraron las explotaciones de los últimos años incluidos en el modelo (2003–2008), que ascienden a casi 37 hm<sup>3</sup>/año, claramente superiores a los 24 hm<sup>3</sup>/año actuales. Los resultados obtenidos indican que algunos de los pozos de abastecimiento se secarían a partir del año 2031, y los principales pozos de riego en la década de los 40. No obstante, dado que las extracciones han disminuido los últimos años las garantías de suministro se incrementan sensiblemente.

#### – Tiempo de recuperación y coste de la remediación

Se ha estimado considerando su recarga media y el cese de las extracciones.

El resultado se recoge en la tabla del anexo 1.

Respecto al coste adicional para el usuario, resultaría de la diferencia entre el coste actual del agua y el que tendrá la procedente de la transferencia desde el Júcar en el azud de La Marquesa para sustitución de pozos de riego, y del de la desalada, para compensar la explotación de los pozos que actualmente exportan agua para abastecimiento a L'Alacantí.

No se debe ligar estrictamente el coste de remediación con el de la recuperación a origen de los acuíferos considerados, ya que las alternativas actuales no contemplan este objetivo.

#### – Evolución de la calidad del agua e impacto de la explotación minera en el uso. Costes de remediación.

Los acuíferos en que se ha detectado un deterioro significativo de la calidad del agua debido al consumo de reservas son los de Crevillente, Peñarrubia y Jumilla–Villena.

En el primer caso y en lo referente al abastecimiento público, la viabilidad del abastecimiento a Hondón de los Frailes y Barbarroja ha tenido que ser asegurada mediante una planta desaladora. En Peñarrubia, la potabilización se consigue mediante mezcla con agua de diversas procedencias, dentro del sistema de distribución de AMAEM (Aguas Municipalizadas de Alicante). En Jumilla–Villena hubieron de sustituirse las explotaciones próximas al límite oriental por otras desplazadas al oeste por el avance del frente salino de origen Triásico. En Loma del Higueral y Quibas, la potabilización para abastecimiento a Sax y Monóvar se consigue también mediante mezcla de aguas.

En cuanto a los costes provocados por este fenómeno, en el caso del acuífero de Crevillente equivalen fundamentalmente al coste añadido del agua debido al proceso de potabilización, cifrado en 0,40 €/m<sup>3</sup>, que equivale a unos 57.000 €/año. En Jumilla-Villena, el coste sería el de las nuevas captaciones de sustitución. Finalmente, en Peñarrubia, Loma del Higueral y Quibas, debido a la mezcla de aguas, es difícilmente cuantificable el daño colateral.

En todos los casos hay un coste, difícilmente valorable, debido a que las actuales características del agua obligan a instalaciones de captación más costosas por el material exigible a los elementos y con menor período de amortización. Esta última consideración sería extensible al uso agrícola, a la que habría que sumar el efecto de la salinidad, más que por limitación de cultivos, por el posible incremento del riesgo de salinización y alcalinización del suelo.

### - Efectos en el coste y gasto de energía en la elevación de agua.

El efecto se puede estimar, aproximadamente, mediante la relación:

$$\Delta C (\text{€/m}^3) = 5.452 \cdot 10^{-6} \cdot p \cdot \sum \Delta h_i$$

$$\Delta E (\text{MWh}) = 5.452 \cdot 10^{-3} \cdot \sum (\Delta h_i \cdot Q_i)$$

Siendo: p= precio medio del kWh. Se considera 12 céntimos de euro

$\Delta h_i$ = descenso piezométrico medio acumulado en cada acuífero (m)

$Q_i$ = caudal extraído actualmente en cada acuífero (hm<sup>3</sup>/año)

5.452\*10<sup>-6</sup> es el factor de conversión de unidades partiendo del cálculo de la potencia necesaria para elevar un metro un caudal de un l/s, con un rendimiento de la instalación del 50 %.

En la siguiente tabla se cuantifican los efectos:

Acuífero	$\Delta h$ (m)	Q (hm <sup>3</sup> /año)	$\Delta C$ (€/m <sup>3</sup> )	$\Delta C$ (€/año)	$\Delta E$ (MWh)
JUMILLA-VILLENA	118	20	0,08	1.544.006	12.867
SERRAL-SALINAS	329	8,5	0,22	1.829.582	15.247
PEÑA-CHICO	350	0,65	0,23	148.840	1.240
LOMA DEL HIGUERAL	147	0,1	0,10	9.617	80
PUNTAL DE LOS CARROS	325	0,2	0,21	42.526	354
UMBRÍA	73	1,76	0,05	84.057	700
COLLADO-MADARA	129	1,06	0,08	89.461	746
CHINORLET	42	0,03	0,03	824	7
CREVILLENTE-ARGALLET	310	6,5	0,20	1.318.294	10.986
PEÑARRUBIA	65	2,7	0,04	114.819	957
<b>TOTAL</b>	<b>1888</b>	<b>41,5</b>		<b>5.182.026</b>	<b>43.184</b>



## Costes ambientales

La minería del agua en el acuífero Serral-Salinas ha provocado el secado de la laguna de Salinas, que se alimentaba de la escorrentía del manantial de Salinas y, directamente, de los aportes subterráneos del acuífero carbonatado al detrítico en el que se asienta la laguna. Actualmente, la anulación de la recarga lateral al detrítico y el agotamiento del manantial ha causado que únicamente exista lámina de agua en períodos húmedos tras las lluvias.

A nivel de cuenca, el río Vinalopó, que en régimen natural drenaba de media del orden de 63 hm<sup>3</sup>/año de agua subterránea de excelente calidad, es ahora un colector de las aguas residuales depuradas no reutilizadas.

El incremento de salinidad en la cuenca debido a la sobreexplotación puede estimarse como:

$$\Delta S = \sum (Q_i \cdot \Delta C_i - Q_{oi} \cdot C_{oi}) \cdot \Delta t_i$$

Siendo:

$Q_i$ : caudal de extracción actual en cada acuífero (hm<sup>3</sup>/año) que es vertido al río tras su regeneración

$Q_{oi}$ : caudal de escorrentía subterránea de cada acuífero drenado por el río en régimen de equilibrio hídrico (hm<sup>3</sup>/año)

$\Delta C_i$ : salinidad media actual del agua de cada acuífero (mg/L)

$C_{oi}$ : concentración de sales en el agua de cada acuífero en régimen de equilibrio hídrico (mg/L)

En la práctica, y aún más en el Alto Vinalopó, el volumen de agua procedente de las depuradoras que es vertido al cauce es muy reducido con respecto al drenaje en régimen natural, con lo que el incremento teórico mencionado resulta ficticio.

Esta circunstancia de reducción del caudal circulante y su caracterización como agua residual regenerada causa efectos ambientales en el Medio y Bajo Vinalopó. Por una parte, el efecto de la incorporación de los manantiales salinos de Novelda incrementa notablemente la concentración de sales en el río. De otra, el incremento de la salinidad y disminución de la escorrentía afecta, en el entorno del cauce, a los acuíferos detríticos de Elda, Novelda y Vega Baja (sector Campo de Elche) relacionados hidráulicamente con aquel.

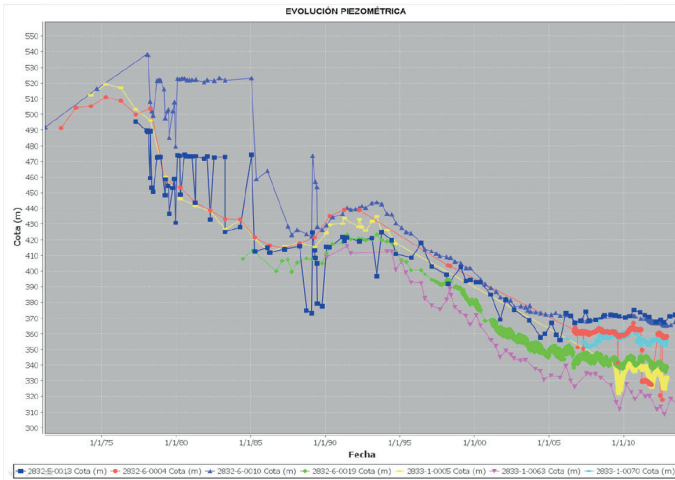
## Anexo 1. EVOLUCIÓN DE LOS ACUÍFEROS CON EXPLOTACIÓN INTENSIVA EN EL ALTO Y MEDIO VINALOPÓ

### MINERÍA DEL AGUA EN EL VINALOPÓ

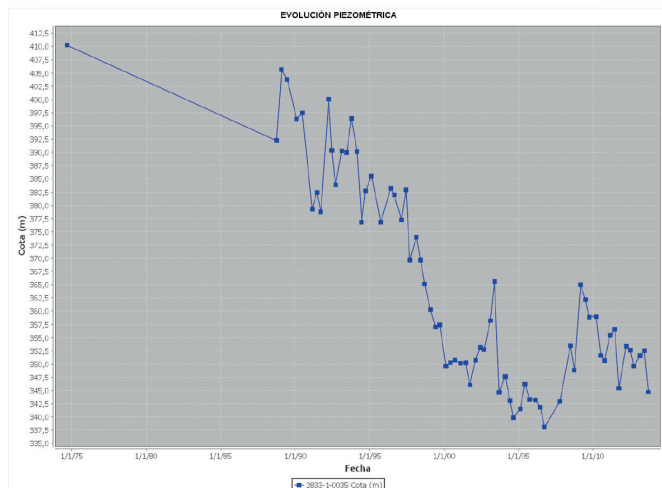
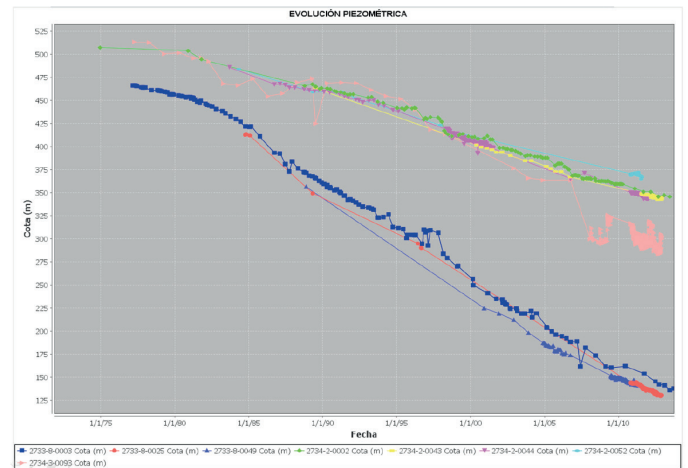
Acuífero	Nivel inicial serie piezométrica	Nivel fin descenso serie piezométrica	Descenso acumulado m	Vaciado hm <sup>3</sup>	Recarga anual media hm <sup>3</sup>	Explotaciones actuales hm <sup>3</sup>	Balance hm <sup>3</sup>	Índice de explotación	Periodo de recuperación a origen (años)	Observaciones
SOLANA	512 (abr74)	332 (nov12)	180	370	23	24	-1	1.04	16	
JUMILLA-VILLENA	456 (abr66)	338 (feb13)	118	908	5.2	20	-14.8	3.85	175	Datos correspondientes al sector Villena
SERRAL-SALINAS	466 (mar77)	137 (sep13)	329	581	4.0	8.5	-4.5	2.13	145	El descenso en el sector Pinoso es menor: 506 (ene75) a 350 (nov13) 156 m
PEÑA-CHICO	530 (1974)	180 (sep12)	350		0.30	0.65				Estabilizado (bombeo mínimo) desde 2006
LOMA DEL HIGUERAL	394 (jun89)	247 (sep12)	147	23	0.09	0.10	-0.01	1.01	19	Desde 2002 se ralentiza mucho el descenso
PUNTAL DE LOS CARROS	650 (1975)	325 (2010)	325		0.55	0.20				Estabilizado (bombeo mínimo) desde 2004
UMBRÍA	454 (jul70)	381 (sep13)	73			1.76				
COLLADO-MADARA	436 (nov73)	307 (nov12)	129	204	3.6	1.06	0.75	0.79	57	
CHINORLET	575 (1977)	533 (sep13)	42			0.03				Desde 2007 se está recuperando
CREVILLET E-ARGALLET	248 (ago58)	-62 (sep13)	310	1186	4.0	6.5	-2.5	1.63	296	Menor descenso en Argallet: 188 (jun73) a 75 (jul12) 113 m
PEÑARRUBIA	410 (sep74)	345 (sep13)	65	35	1.6	2.7	-1.1	1.69	22	

## Anexo 2. EVOLUCIONES PIEZOMÉTRICAS DE LOS ACUÍFEROS DEL ALTO Y MEDIO VINALOPÓ

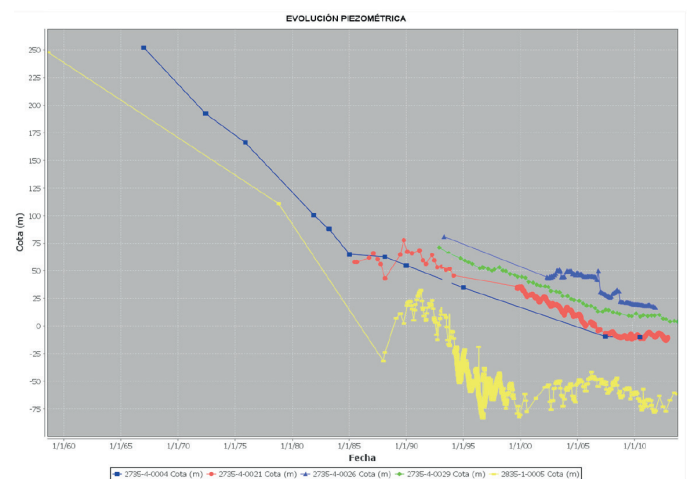
ACUÍFERO SOLANA



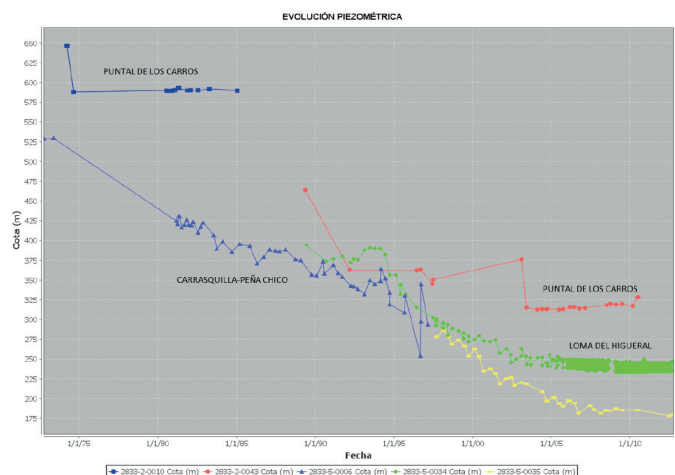
ACUÍFERO SERRAL-SALINAS



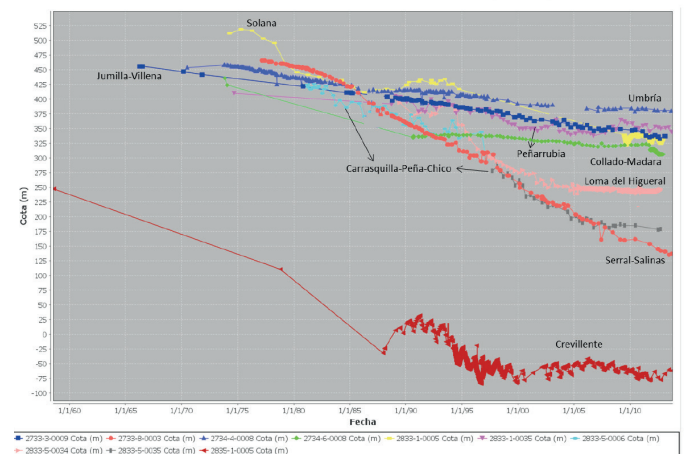
ACUÍFERO CREVILLENTE



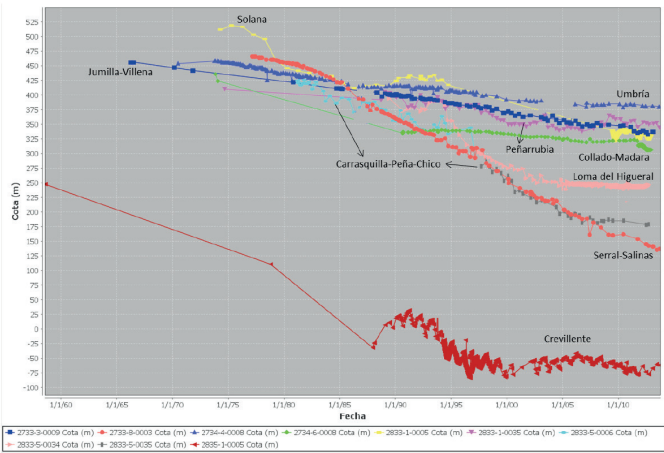
ACUÍFEROS CARRASQUILLA-PEÑA CHICO/ PUNTAL DE LOS CARROS / LOMA DEL HIGUERAL



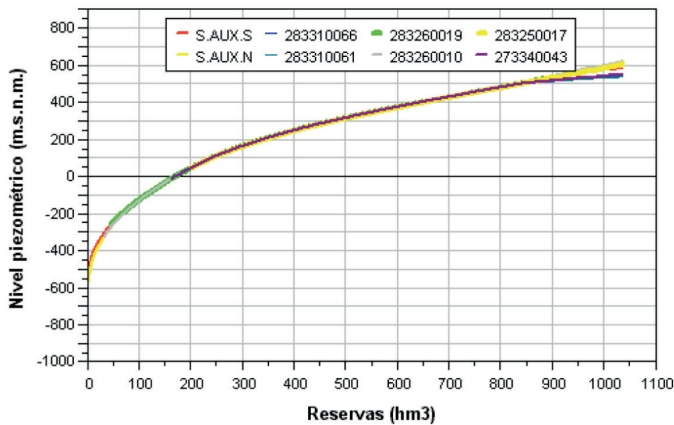
EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA ACUÍFEROS ALTO Y MEDIO VINALOPÓ (ALICANTE)



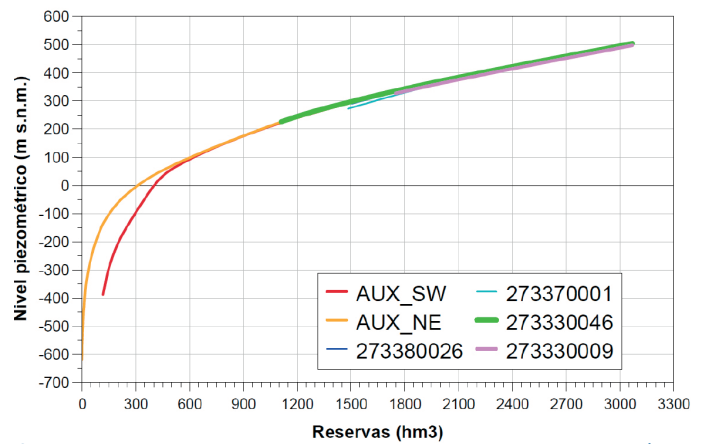
EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA ACUÍFEROS ALTO Y MEDIO VINALOPÓ (ALICANTE)



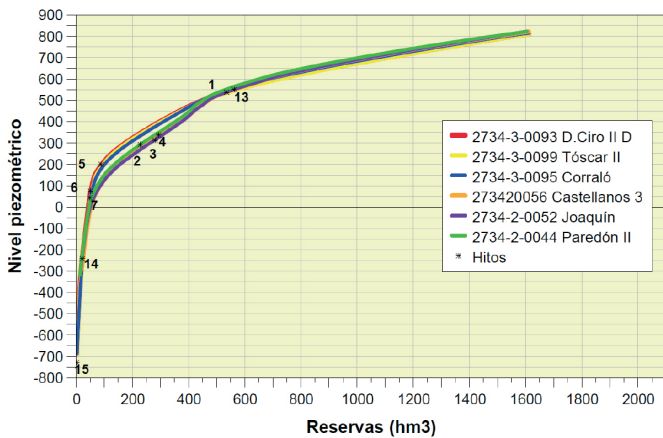
## Anexo 2. EVOLUCIONES PIEZOMÉTRICAS DE LOS ACUÍFEROS DEL ALTO Y MEDIO VINALOPÓ



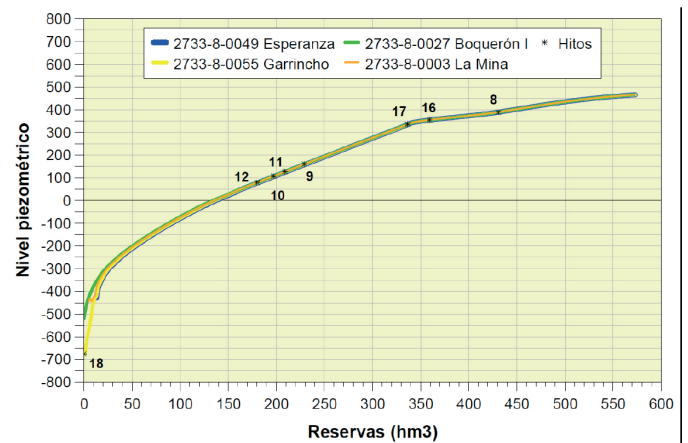
Curva de llenado con los pozos significativos del acuífero Solana



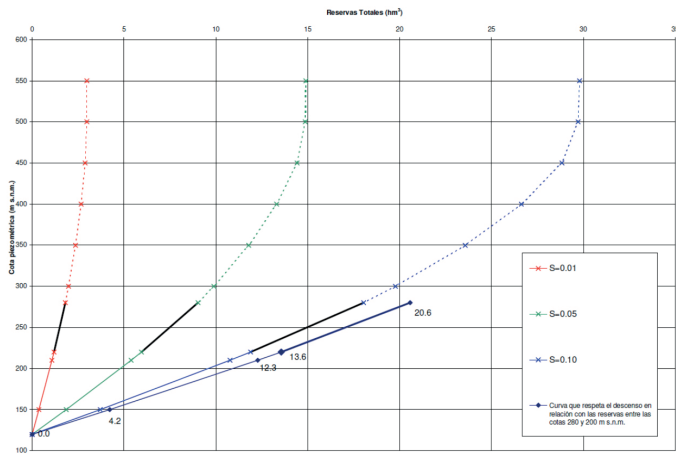
Curva de llenado con los pozos significativos del acuífero Jumilla-Villena



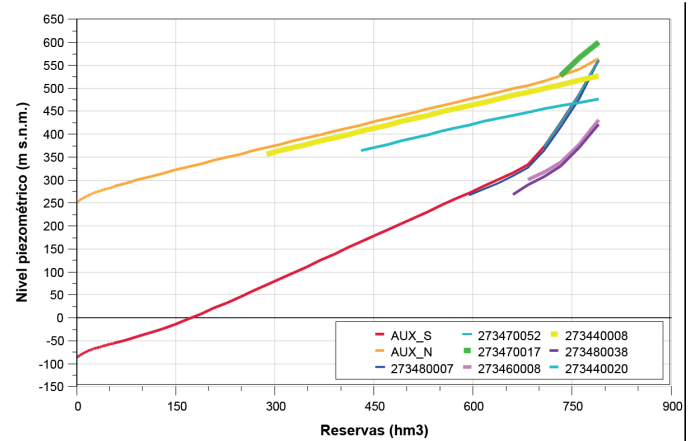
Curva de llenado con los pozos significativos del acuífero Serral-Salinas (sector Occidental)



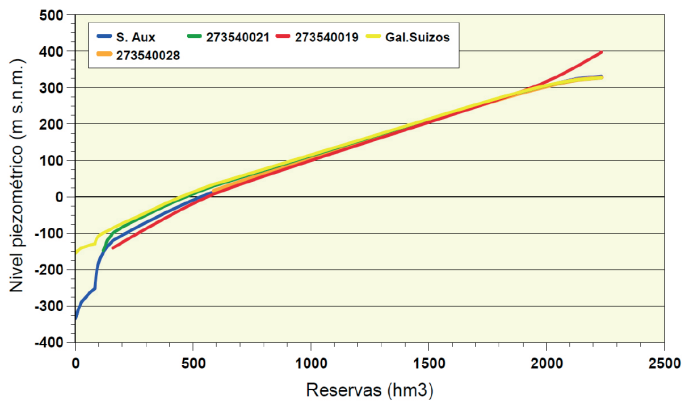
Curva de llenado con los pozos significativos del acuífero Serral-Salinas (sector Salinas)



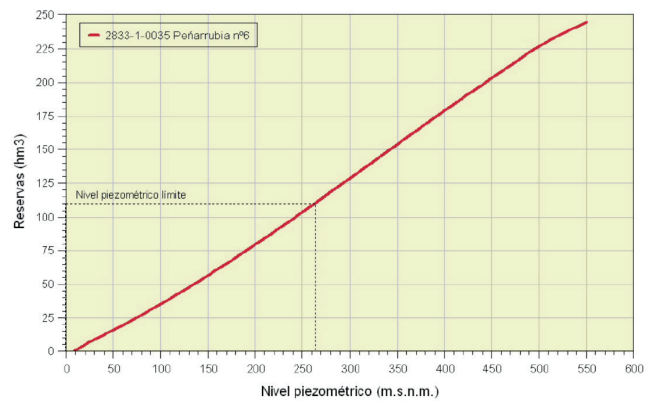
Curvas de embalse subterráneo (reservas acumuladas) para distintos valores de porosidad eficaz. Acuíferos Carrasquilla–Peña Chico/Puntal de los Carros/Loma del Higueral.



Curvas de llenado de los pozos significativos del sistema acuífero de Quibas (acuíferos Madara–Umbría–Chinorlet).



Curvas de llenado de los pozos significativos del sistema acuífero de Crevillente–Argallet



Curva de llenado del acuífero Peñarrubia

**Aportación MASE**
**A-04**

<b>Autoría</b>	Adolfo Hoyos-Limón Gil, Dr. ICCP, Economista Ex-director General de Aguas, Gobierno de Canarias		<b>Siglas</b> AHL
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Economía	<b>Lugar</b> Canarias	<b>Cuestiones</b>
<b>Comentarios</b>	Contribución editada a partir del documento de comentarios al MASE		

## BASES CONCEPTUALES DE ECONOMÍA DEL AGUA

### 1. Sobre la idea de valor (económico) del agua

Los manuales actuales de teoría económica muy raramente recurren al concepto de valor económico de un bien. En microeconomía, a los bienes se les puede atribuir precio, coste, utilidad, productividad, pero no valor. Esta fue una noción que en su forma de valor-trabajo dio mucho juego a la economía clásica, pero que la «revolución marginalista» de finales del siglo XIX dejó arrumbada y en todo caso subsistió como un vestigio analítico en la economía marxista.

En las páginas iniciales de la Historia del Análisis Económico (2.1.3.a) de Schumpeter, el eximio historiador de las ideas económicas, al exponer las aristotélicas –las primeras que nos han llegado sobre el valor de los bienes– decía (edición en castellano de Editorial Ariel, 1971): “Hemos sido tan cuidadosos con este tema [el del valor] porque elimina de una vez para siempre todas las especulaciones metafísicas acerca de los valores objetivos o absolutos para cualquier otro lugar o momento en que se presenten [en su tratado]. Negaremos, pues, la autenticidad de lo que hemos visto que era un problema espurio, y entenderemos a partir de ahora ‘por valor objetivo de una mercancía’ la magnitud recién definida [su precio real o competitivo] y nada más”.

El problema no dejó de presentar sus derivaciones. Una fue debida a la aportación seminal de Mises (The Nature of Economic Calculation en Economic Calculation in the Socialist Commonwealth. Mises Institute. Ausburg. Alabama) sobre la imposibilidad del cálculo económico en ausencia de precios de mercado. Estos postulados originaron un intenso debate entre economistas de la escuela austriaca (en especial, Hayek) y de orientación socialista (principalmente Oskar Lange), que llenaron abundantes páginas de la literatura económica de entre las décadas de 1950 y

1970. De algún modo, todo aquello desembocó en los actuales socialismos de mercado y economías de mercado socialista. Pero lo que nos puede interesar de aquellas controversias es la idea —que ya pocos ponen en duda— de que son los precios de mercado los que hacen posible el cálculo económico. De modo que o bien ese valor del agua es reconducible a precios de mercado, con lo cual sobraría como concepto, o bien no es más que una entelequia metafísica sin utilidad científica ni práctica.

Es bien conocida la denominada «paradoja del valor» que comentó Adam Smith en The Wealth of Nations (Chap 4) y que ilustró con un ejemplo del agua: «The word VALUE, it is to be observed, has two different meanings, and sometimes expresses the utility of some particular object, and sometimes the power of purchasing other goods which the possession of that object conveys. The one may be called ‘value in use;’ the other, ‘value in exchange.’ The things which have the greatest value in use have frequently little or no value in exchange; and, on the contrary, those which have the greatest value in exchange have frequently little or no value in use. Nothing is more useful than water; but it will purchase scarce anything; scarce anything can be had in exchange for it. A diamond, on the contrary, has scarce any value in use; but a very great quantity of other goods may frequently be had in exchange for it».

Hablando de ella se puede argüir que los mercados rara vez están presentes en su producción, asignación y consumo, con lo cual, ¿de qué sirve afirmar que el valor del agua es su precio de mercado si normalmente no hay mercados del agua? Cabría responder dos cosas: la primera, relativa a qué parte de ese problema queda resuelto con la invocación a la idea del valor del agua y la segunda que con respecto a los precios o tarifas del agua cabe al menos analizar hasta qué punto se apartan del óptimo social por no reflejar bien los costes marginales de su aprovechamiento o las utilidades o productividades marginales de su uso, y elucidar en la medida de lo posible las causas de esa separación.

Con respecto al valor del agua, se propone prescindir por completo de esta idea. Es posible que la apelación al con-

cepto se deba al recelo con que se miran los mercados cuando se considera algo tan básico y precioso para la vida como el agua o a un apego inconsciente –tal vez de raíz ideológica– a viejas y arrinconadas fórmulas analíticas.

Algunos tratadistas de economía ambiental han erigido todo un edificio conceptual en torno al «valor del medio ambiente», aunque parece más centrado en sus aspectos normativos que positivos. En definitiva, la idea de valor económico tiene mucho que ver con lo axiológico: recuérdese que el primer análisis registrado sobre el asunto apareció en un tratado sobre ética (Aristóteles. Ética Nicomáquea, Editorial Gredos: 1133–1135) y que su estudio giró durante siglos alrededor del «valor natural» de las cosas como fundamento de su justo precio. Pero, incluso en este plano, el asunto no fue muy allá, pues ya santo Tomás de Aquino cifraba los valores de las mercancías (quantitas valoris) en los precios que tienen asignados (Suma de Teología. BAC. Parte 2.2. Cuestión 77. Artículo 1: «Ahora bien: el valor de las cosas que están destinadas al uso del hombre se mide por el precio a ellas asignado, para lo cual se ha inventado la moneda...»), esto es, en palabras actuales, en sus precios de mercado, o sea que incluso para los escolásticos era el precio el que delimitaba el valor y no el valor el que prefijaba el precio.

Además de un elemento natural que conforma el ciclo hidrogeoquímico más importante del Planeta, el agua es un bien económico de consumo al tiempo que es un bien que debe producirse y un importante factor de producción. Como bien de consumo, al agua le acompañan los siguientes caracteres:

- Con arreglo a la terminología de Menger puede ser un bien de primer orden, es decir, un bien susceptible de ser tomado y consumido directamente de la naturaleza, aunque ello sea inusual. Comúnmente, antes de su uso, el agua debe ser captada o alumbrada, extraída, transportada, almacenada y tratada química y bacteriológicamente. Esto es, exige un proceso productivo en sentido económico.
- Por lo general, el agua es poco reemplazable en su consumo. Lo que significa que presenta bajas relaciones marginales de sustitución con otros bienes, por lo cual es un producto con demanda de baja o muy baja elasticidad–precio.
- Es relevante el hecho de que su elasticidad–renta es positiva e incluso alta, pudiendo llegar a ser mayor que uno para ciertos niveles de rentas, lo que significa que en algunos tramos de su función de consumo el agua puede manifestarse incluso como un bien de lujo.
- La rigidez de su demanda hace que los excedentes de su consumo resulten por lo general elevados. Podría suponerse incluso que, como bien imprescindible para la vida humana, tiene un excedente de demanda muy elevado.
- El agua incide apreciablemente en la calidad de la vida humana. Es un bien estrechamente ligado al estado sanitario de las poblaciones.
- El consumo de agua puede entrañar efectos externos (positivos y negativos) muy señalados.

En cuanto bien que debe producirse, el recurso hídrico aparece con peculiaridades significativas, porque a su aprovechamiento se le ajustan difícilmente los paradigmas habituales de la teoría económica de la producción, planteados básicamente desde la perspectiva de los establecimientos fabriles. Dicho lo cual, cabe apuntar que:

- Los procesos productivos relacionados con el agua –las industrias hidráulicas, por usar una terminología más económica, aunque inhabitual– pueden ser de variado tipo: dedicados al transporte y la distribución del agua, a su regulación, a la captación de aguas superficiales o subterráneas, a su desalación o depuración, etc.
- Hay ocasiones en que, desde el punto de vista técnico, las funciones de producción hidráulica son de tipo puntal. Es decir, tales que no permiten modificar la producción alterando sus factores. Por ejemplo, un pozo que deba ejecutarse con una profundidad y dimensiones del equipo de bombeo dadas, y no otras, sin que quepa modificarlas, y por tanto su producción, ni imaginar disminuciones de su profundidad a cambio de aumentos de la potencia de su equipo de bombeo o viceversa.
- Otras veces esas funciones se formulan de modo que sus medios de producción son limitativos, en términos de la teoría económica. Por ejemplo, una desaladora de agua del mar deberá promoverse para un determinado volumen de producción. Ello exige la ocupación de una determinada superficie de terreno, la edificación de una obra civil concreta y la instalación de un cierto equipo industrial. Como en el caso anterior, no habrán posibilidades técnicas de modificar cualquiera de estas exigencias a cambio de otra, aunque en este caso sí es posible cambiar el volumen de producción, alterando en la misma proporción todos los factores que contribuyen a ella.
- Estas características influyen sobremedida en la aplicación al agua de la teoría económica convencional de la producción, basada en la participación de factores relativamente intercambiables. En la producción del agua, son infrecuentes las relaciones marginales de sustitución de estos factores que no sean muy bajas o casi nulas.
- En parecida línea de ideas, muchas veces las funciones de producción se presentan en el sector del agua dependiendo de factores aleatorios o respondiendo a condiciones estacionales o meteorológicas.
- Por tanto, la teoría de costes –costes internos–, habitual en economía, tiene una precaria aplicación a la producción hidráulica. Por ejemplo, el análisis de la adaptación de la empresa en el corto plazo es de aplicación casi insignificante en la mayor parte de los casos, puesto que puede que no haya medios de producción ajustables en ese plazo.
- El caso de la adaptación a largo plazo tiene también sus particularidades. En muchas ocasiones, los factores fijos tampoco pueden responder a cambios de la producción, ni siquiera a muy largo plazo. Por ejemplo, frente a un aumento de la demanda de agua, lo más probable es que no quepa modificar las características del campo de pozos que la cubre y más aún si se trata de modificar o construir un determinado conjunto de embalses de regulación.

- En todo caso, la producción hidráulica suele mostrar efectos de histéresis de costes, es decir, que los costes del aumento de la producción son menores que los de su disminución. Por ejemplo, una explotación mediante un pozo al que se le van pidiendo aumentos de extracciones, por ejemplo mediante adaptaciones de sus sistemas de bombeo, siguen por lo regular pautas de costes con valores inferiores a los propios de un eventual proceso de disminución.
- Sin embargo, tiene bastante sentido recurrir al concepto económico de «ex ante» y «ex post» en la producción de agua. Por ejemplo, en el caso de una galería de captación los costes/m<sup>3</sup> ex ante (es decir, antes de su perforación) pueden ser elevados, pero también su coste ex post resultará prácticamente nulo. Ello tiene que ver con el hecho que la producción hidráulica se suele caracterizar por sus altas exigencias de capital, de modo que, una vez efectuada la inversión, el capital empleado deja de tener coste de oportunidad.
- En algunas ramas productivas (por ejemplo, en la desalación o en el trasvase de agua) la función de costes (ex ante y a largo plazo) puede presentarse con forma discontinua o escalonada.
- La actividad productiva relacionada con los recursos hidráulicos suele entrañar efectos externos muy marcados.

En cuanto a su papel como factor productivo es de significar que:

- El agua es un medio de producción universal. Son raras las empresas en cuya cuenta de gastos no figure alguna partida relacionada con el consumo o uso de agua, por mínima que sea.
- Muy frecuentemente, la influencia del agua en los costes productivos es baja, lo que determina que su demanda resulte muy rígida. Sin embargo, hay ramas económicas (fundamentalmente relacionadas con la agricultura) en el que el agua puede ser factor de peso en su estructura de costes. En estos casos, la demanda derivada a largo plazo puede mostrar mayor elasticidad, aunque comúnmente nunca muy alta por razón de las bajas relaciones marginales de sustitución del factor agua.
- Comúnmente, el agua sólo ofrece cierta capacidad de sustitución frente a la aplicación de técnicas más eficientes de uso, merced a la utilización de mayores dotaciones de capital o de procedimientos tecnológicos más avanzados.
- Por lo general no hay posibilidad técnica de concurrencia entre oferta y demanda de agua, lo que significa que raras veces existen mercados del agua. Por tanto, la distribución y asignación del agua a sus diversos usos se hace mediante mecanismos institucionales.

– El agua no suele ser un factor productivo homogéneo. Puede aprovecharse con calidades muy variables. A veces se produce una asignación administrativa de los recursos de agua a sus diversos usos en función de su origen y por razón de su calidad y coste. Por ejemplo, los caudales provenientes de la desalación se destinan al abastecimiento

urbano, en tanto que los de origen subterráneo más frecuentemente al riego o al consumo industrial (situación en Canarias).

- En aguas subterráneas es muy corriente la integración vertical de la producción en instalaciones de otro sector. Por ejemplo, un pozo que forma parte de una explotación agrícola o industrial.
- El uso del agua como factor de producción puede suponer efectos externos muy apreciables.

## 2. Sobre los efectos externos

La noción de coste indirecto es básicamente contable y tiene poco que ver con la de coste externo (es decir, la de efecto externo o externalidad, debida en origen a Marshall), que es económica y de suma importancia en la teoría económica del bienestar. Así, se debería contraponer costes internos a costes externos.

En un plano teórico, los efectos externos son desplazamientos o alteraciones de las funciones objetivo de los agentes económicos (por ejemplo, las funciones de producción de las empresas o las de utilidad de los consumidores) debidos a la actividad de otras unidades operantes en el mismo espacio económico. Esto es, representan repercusiones involuntarias en la actividad de unas empresas o individuos en otras empresas o individuos, repercusiones que pueden constituir costes por los que sus causantes no se ven obligado a pagar, o beneficios por los que no se puede cobrar. La cuestión alcanza toda su relevancia teórica a partir del hecho de que una economía competitiva conduce a un óptimo de Pareto, así que las externalidades, al distorsionar el marco de la competencia mercantil, acaban separando a los sistemas económicos reales de su óptimo social de funcionamiento. Esto es, son causa de divergencias entre los resultados sociales y privados de la actividad económica. Representan, pues, uno de los fallos fundamentales de las economías de mercado.

Cabe distinguir entre externalidades positivas (beneficios externos, menos importantes en el mundo del agua) y negativas (costes externos, habituales en ese mundo); las tecnológicas (muy frecuentes en la explotación del agua) y las pecuniarias (menos frecuentes); las asociadas a la producción y las vinculadas al uso o consumo de agua (ambas típicas de la explotación del agua); y los efectos externos unilaterales (más propios de las aguas superficiales y de la contaminación hídrica) y los recíprocos (normales en la explotación de aguas subterráneas).

Las externalidades son importantes en la economía del agua, lo que se debe a que las fases continentales del ciclo hidrológico constituyen cadenas de transmisión francamente eficientes de esas externalidades. Estas son privativas de las economías de mercado y no tienen cabida fuera de ese marco conceptual, de modo que las nociones de empresa y propiedad privada las acompañan necesariamente.



Por ejemplo, al imaginar varias captaciones de distintos propietarios en un mismo acuífero no es arriesgado suponer que hay interacciones entre ellas, asimilables a efectos externos. Sin embargo, cuando todas ellas pasan a pertenecer a un solo dueño, tales interacciones, aun manteniéndose idénticas en su aspecto hidrológico, habrán perdido su condición de externalidades.

Quedarán internalizadas. En la literatura económica, a este tipo de efectos se los suele denominar «de propiedad». Ahora bien, si esas captaciones, aunque de titularidad privada de distintas empresas, se ejecutan y funcionan merced a autorizaciones o concesiones públicas, presumiblemente otorgadas persiguiendo maximizar la utilidad social del conjunto de la explotación, como no hay competencia y el concepto de propiedad ha quedado diluido, surge la duda de si esas interacciones constituyen efectos externos o internos.

Así pues, muchas veces el concepto puede ser apropiado de puertas afuera de la explotación hidráulica, pero dentro de ella aparece con contornos bastante difusos. Un colofón de todo esto es que en el agua las externalidades dependen mucho del armazón legal que sostiene su aprovechamiento, es decir, del trípede normativa-administración del agua-tribunales.

Una cuestión central de la economía de las externalidades es cómo corregirlas, esto es, cómo evitarlas o, si ello resulta inviable, cómo paliar sus consecuencias económicas. En la gestión hídrica tradicional, el enfoque consistía en evitarlas o ignorarlas.

Así, en aguas subterráneas se operaba muchas veces —y tal vez se opera todavía— con arreglo a la presunción jurídica de la «no afección», es decir, en la hipótesis de que, por ejemplo, separando suficientemente las captaciones se pueden evitar las interacciones entre ellas, pero, aunque ello sea cierto, tampoco garantiza un óptimo del aprovechamiento del acuífero. La mayor parte de las veces ese óptimo se alcanza, no anulando las interacciones entre pozos, sino aceptándolas en sus proporciones adecuadas.

En el tratamiento de las externalidades, la solución de mayor calado teórico es la denominada de Pigou (pigouviana o pigoviana). Con ella se busca internalizar los efectos externos mediante impuestos girados contra quienes ocasionan costes externos, con lo cual, los costes privados de las empresas responsables de costes externos se equiparán hipotéticamente a los sociales que originan. Puede calificarse la dificultad práctica de una imposición de este tipo en el caso del agua: sería menester un seguimiento de los costes transmitidos para ajustar los impuestos consecuentes.

Sea como fuere, el asunto es de fuste en política del agua. Tras la imposición de tasas de extracción o de captación de aguas y de vertido en cursos naturales o en acuíferos,

late casi siempre un argumento o un propósito pigouviano. Aunque con medidas impositivas tampoco se garantizan óptimos sociales en la explotación hidráulica: por un lado, el impuesto sobre quienes ocasionan costes externos debería tener su contrapunto en subvenciones a favor de los que generan beneficios del mismo tipo. En el sector del agua esta objeción es de poco peso, porque en él tampoco suelen tener mucho peso los efectos externos positivos.

Pero además, en segundo término, sería menester que lo recaudado con esas tasas se dedicara a subsidiar a las empresas o consumidores afectados negativamente por el efecto causante del impuesto (teorema BST o de Buchanan-Stubblebine-Turvey: Mohring, H. y Boyd, J.H. (1980), Análisis de las «externalidades»: «interacción directa» vs. «sistemas de utilización del activo».

En: Lecturas sobre análisis coste-beneficio. Instituto de Estudios Fiscales, pag. 286) o la eliminación del efecto externo. Las tasas tienen carácter fiscal y por tanto no pueden estar consignadas a otro fin que los gastos en general de la Administración que las impone y recauda, lo que, no tiene por qué suponerse que sea el caso en España. En suma, no basta con aplicar el principio de «quien contamina paga», sino que además debe estar acompañado del que «quien resulta contaminado debe ser indemnizado».

### 3. Sobre los bienes públicos y comunes y el agua

Son bienes públicos en sentido económico —o de Samuelson, entre otras denominaciones— los de oferta conjunta, para los que no rige el principio de exclusión mediante precio. Más sintéticamente, los bienes no rivales y no exclusivos. Que un bien sea no rival significa que su consumo por una persona no reduce la cantidad de bien disponible para otras.

Que sea no exclusivo significa que no cabe la discriminación de su uso o consumo por exigencia de un precio. Por ejemplo, el alumbrado público urbano es un bien no rival porque lo que cada quien consume de él no disminuye las posibilidades de consumo de los demás; y es no exclusivo porque no cabe restringir su disfrute individual mediante el pago de un precio.

Los bienes rivales y exclusivos son los bienes privados puros. A su vez, a los rivales no excluibles se los suele clasificar como bienes comunes.

La conceptualización de los bienes públicos y comunes no deja de resultar problemático, entre otras cosas porque muchos bienes —como el agua— reúnen al mismo tiempo caracteres de públicos o comunes y de privados (algunos autores distinguen incluso bienes cuasi-públicos); pero es útil en el análisis económico y desde hace décadas ha recibido un amplio tratamiento en teoría económica.

De los bienes públicos interesa conocer una serie de particularidades muy analizadas en la teoría de la asignación de los recursos económicos. En primer lugar, su existencia impide que los mercados competitivos conduzcan a su óptimo paretiano; así, un sistema de competencia perfecta genera una provisión de bienes públicos inferior a la de máxima utilidad desde un punto de vista social. En segundo lugar, los precios óptimos de los bienes públicos deberían ser diferentes para cada consumidor, de modo que con ellos desaparece el principio de unicidad de precios que garantiza la eficiencia social del funcionamiento mercantil. Y, en tercer lugar, en términos de eficiencia económica, los bienes públicos habrían de ofrecerse a precio nulo, lo que apunta inevitablemente a que la provisión de estos bienes no puede quedar al arbitrio de la iniciativa privada, a inquirir cómo financiar su producción y quién debe hacerse cargo de ella.

Estos postulados nacen de un análisis planteado bajo la hipótesis de bienes públicos generados privadamente y en régimen de competencia. Sin embargo, suele haber cierta concordancia –aunque no total– con los que se entienden como bienes públicos en sentido económico y en sentido jurídico (bienes de dominio público, de propiedad pública y servicios públicos), de modo que es el sector público el que por lo regular se hace cargo de su producción y financiación mediante impuestos.

En sus usos normales (como factor de producción o como bien de consumo) el agua no despliega los caracteres de los bienes públicos: es de consumo rival y exclusivo. Empero, el agua en sus cursos naturales suele formar parte de una categoría especial y muy relevante de bienes públicos: los medioambientales, sobre los que la explotación del agua incide muy frecuentemente por la vía de los efectos externos. Además, en esos mismos cursos, la propia agua se suele ofrecer como un bien común.

Los efectos externos de la explotación hidráulica, además de afectar a empresas y bienes privados, puede incidir –en realidad lo hace normalmente– sobre bienes públicos y comunes, la mayor parte de las veces debido a interacciones negativas. El intento de evaluar los costes económicos de esas interacciones tropieza con dos dificultades:

1) a medida que entran en consideración los bienes públicos o comunes se va perdiendo contacto con la base referencial que supone los precios de mercado y por tanto, al alejarse de ellos las evaluaciones económicas se tornan cada vez más difíciles e imprecisas. No obstante, hay sistemas diseñados para su estimación, nacidos mayormente de las investigaciones sobre la técnica del análisis coste-beneficio.

2) sucede que una parte de las afecciones que pueden inferirse a estos bienes son económicamente no evaluables, como el coste a asignar a la desaparición de una especie biológica en peligro de extinción. Esto es un inconveniente tan serio o más que el anterior.

Por tanto, debe entenderse que la apreciación económica de los efectos externos sobre bienes medioambientales no cierra totalmente el problema de la contabilización de los efectos que se les causan. Ha de estar acompañada de una evaluación medioambiental encaminada a controlar afecciones irreversibles de carácter ecológico. En este caso, las soluciones impositivas parecen más coherentes. Los costes externos sobre los bienes medioambientales y comunes se imputan a quienes los ocasionan y se imponen a favor del sector público, como encargado de su conservación.

#### **4. Las industrias con costes crecientes y decrecientes en el largo plazo**

En lenguaje de la teoría económica, una industria es el conjunto de empresas que producen un determinado bien. En el caso del agua, el conjunto de pozos de una determinada región puede concebirse como la industria de captación de aguas subterráneas de su zona o comarca. En el mismo lenguaje, el largo plazo es aquel en el que a las empresas les es posible adaptarse al mercado mediante modificación, no solo sus costes variables, sino también de los fijos.

Un tema de análisis debido a Marshall y desde hace mucho tiempo terreno de abundantes debates teóricos, aún no concluidos, expresa que la tendencia de los costes a largo plazo de una industria (esto es, la tendencia de los costes de la industria conforme se modifican los volúmenes de producción) condiciona las posibilidades alcanzar óptimos de funcionamiento social.

A este respecto, las industrias pueden ser de costes a largo plazo crecientes, constantes o decrecientes. Las industrias de costes crecientes son aquellas en las que según aumenta su producción aparecen deseconomías externas en las empresas, pero internas a la industria, por lo general consecuencia de costes externos entre aquéllas.

Lo inverso sucede con las industrias de costes decrecientes a largo plazo (la raíz de la existencia de externalidades positivas en sus empresas o por razones técnicas que representan lo que se suele conocer como economías de escala). Si una industria es de costes crecientes a largo plazo, mostrará costes marginales conjuntos mayores que los individuales de sus empresas, con lo cual éstas, al adaptarse al principio de máximo beneficio por la vía de igualar sus particulares costes marginales a los precios de mercado, acabarán trabajando disfuncionalmente desde el punto de vista colectivo.

La producción de agua encaja mal en los paradigmas convencionales de la teoría económica de la producción. Pero las conclusiones de la adaptación a largo plazo son plenamente válidas para ella. Así, en el mundo del agua hay de hecho industrias de costes crecientes o decrecientes. Las de costes constantes son menos frecuentes, aunque puede haberlas de costes sólo ligeramente crecientes o decrecientes.

Una típica industria de costes crecientes es la extracción de aguas subterráneas. En ella, los costes marginales de industria (es decir, del conjunto de pozos de un acuífero) son superiores a los singulares de sus empresas (de sus pozos individuales). Para ilustrar el caso puede suponerse un campo de pozos que explota un cierto acuífero: a medida que va creciendo la demanda de agua se irán perforando nuevos pozos, imaginablemente cada vez menos productivos, esto es, con mayores costes de extracción. El propietario del último pozo construido padecerá, por tanto, costes relativamente altos, pero no serán todos los que ocasione, pues además desde el punto de vista colectivo deberán contabilizarse los causados en los restantes pozos del campo debidos a las afecciones de la nueva extracción sobre las preexistentes. Es decir, el coste marginal de la industria (el conjunto de todos los pozos) es mayor que el coste marginal de la empresa (el nuevo pozo).

Tenerife ejemplifica muy bien este fenómeno. Si se estudia la captación mediante galerías se ve que los costes marginales (ex ante) de extracción de caudales están muy por encima de los precios de mercado del agua. Durante décadas, los inversores hidráulicos han perseguido los niveles freáticos con galerías cada vez más profundas, pero prácticamente sin aumentos del caudal del conjunto de todas ellas. Para cada promotor, la inversión podía tener un cierto atractivo (pues obtenía un caudal), pero socialmente su resultado era bien cuestionable, pues ese caudal se obtenía en su mayor parte a costa de otros preexistentes. Un corolario del análisis de las industrias de costes crecientes es que las diferencias entre los costes marginales de industria y de empresas tienden a aumentar cuanto mayor es el crecimiento de la función de costes de la industria.

Los costes crecientes afectan a toda explotación de agua vinculada a las fases continentales del ciclo hidrológico, pues en definitiva no es más que una manifestación del principio cuasi-universal de los rendimientos decrecientes. Inevitablemente, por tanto, en toda cuenca, y a partir de determinado nivel de explotación, los costes globales de obtención del agua comenzarán a ser crecientes y a crecer tanto más cuanto mayor sea la intensidad de esa explotación. Lo que entraña que los costes singulares de cada nueva explotación serán inferiores a los colectivos que ocasiona.

Pero en el caso del agua, cuando no se afecta a las fases de ese ciclo, también son muy típicas las actividades productivas de costes decrecientes. Una muy evidente es la de canalización o distribución de agua.

En este caso, el desaprovechamiento de las naturales economías de escala de la actividad resulta antieconómico. Pero si las empresas crecen hasta dimensiones óptimas se inclinan hacia posiciones monopolísticas, lo que significa que suelen constituir actividades productivas de las que se llaman «de monopolio natural», tan frecuentes en el mundo del agua. Así, se entra en una disyuntiva sin solución posible: o se es disfuncional por la inadecuación dimensional de las empresas productivas o por implantación monopolística, lo que lleva necesariamente a que estas actividades caigan dentro de la esfera de la gestión pública y es una de las razones por las que el régimen de mercados competitivos resulta inoperativo en la gestión del agua.

Sólo cuando no hay evidentes economías de escala y se opera sin afecciones patentes al ciclo hidrológico, las actividades productivas de la industria hidráulica pueden aparecer con costes constantes. Por ejemplo, la desalación de agua del mar, que cabe ver como una industria de costes ligeramente decrecientes. Ahora, las economías de escala operan sólo hasta cierto punto y muchas veces es posible una explotación descentralizada con costes marginales próximos a los óptimos.

## 5. Análisis dinámico de la explotación de reservas subterráneas.

El análisis económico del agotamiento de recursos no renovables arrancó con un modelo propuesto hace ya más de 80 años por Harold Hotelling: *The economics of exhaustible resources*. A este paso inicial siguió, sobre todo a partir de las crisis de materias primas de la década de 1970, una cierta marea de modelos analíticos relativos a los procesos de agotamiento de reservas naturales de productos energéticos y no energéticos.

Los paradigmas de Hotelling son escasamente útiles en la minería del agua y no han aparecido otros ad hoc para ella, sobre todo en lo referente a uno de los problemas centrales de la explotación de recursos naturales: la trayectoria óptima de extracción de las reservas disponibles (the optimum course) desde un punto de vista social. La explotación de reservas de agua nunca se sumó a esa marea; si acaso, en Canarias se han abordado algunos estudios empíricos acerca del agotamiento de reservas de aguas subterráneas, pero centrados mayormente en sus aspectos hidrogeológicos.

Cabe recordar la teoría de David Ricardo de las rentas de las minas Cap 3 (Ricardo, D. (1821). *On the Rent of Mines*. In: *Principles of Political Economy and Taxación*, Chap. 3). como derivación de su teoría de las rentas de la tierra —rentas diferenciales—, que adquirió una cierta renovada vigencia a partir de esas crisis de la década de 1970. Esta teoría resulta aplicable a la explotación de las aguas subterráneas, no solo de las reservas, sino también de sus recursos.

Para ilustrar brevemente cómo se generan esas rentas diferenciales en el caso del agua, sea un acuífero explotado mediante un conjunto de pozos. Es de suponer que los primeros se habrán ubicado en los emplazamientos más favorables o de costes mínimos. A medida que crezca la demanda de agua se irán abriendo nuevos pozos, con condiciones de extracción cada vez menos favorables y por tanto más costosos. La diferencia de costes del agua entre estos últimos y los primeros puede verse como una renta a favor de los propietarios de los pozos iniciales, esto es, como una renta diferencial inducida por la presión de la demanda y el subsecuente aumento de los precios o de la productividad del agua.

En el caso de la minería del agua, el proceso es ligeramente diferente. Puede ilustrarse con las galerías de agua de Tenerife. Cuando a principios del siglo XX empezó su construcción, podían alcanzarse alumbramientos a unas decenas o a lo sumo a pocos centenares de metros de bocamina. Las galerías fueron profundizándose conforme se agotaban los primeros alumbramientos y la presión de la demanda con precios del agua crecientes permitía cubrir costes cada vez mayores de alumbramiento. En la persecución de los niveles freáticos, las primeras galerías abiertas disfrutaban del beneficio de haber cubierto parte todos sus costes con las reservas extraídas desde su inicio, lo que no era el caso de las nuevas que iban entrando en el negocio, que se veían forzadas a atravesar tramos de terrenos ya desecados por las obras que las precedieron. Como los precios del agua debían cubrir los mayores costes de estas nuevas galerías, al final iban dejando una renta diferencial a favor de las más antiguas.

Así, la explotación de recursos naturales siempre da lugar a la aparición de rentas diferenciales a favor de los propietarios de las explotaciones más favorables o afortunadas.

## 6. Sobre el equilibrio producción-precios-consumo del agua

Con arreglo a un enfoque convencional, el análisis de un sector productivo puede contemplarse desde el punto de vista de los precios de sus productos y de cómo se explican y justifican en función de las circunstancias de su oferta (a saber, de los costes de sus productos) y de su demanda (sobre todo, de sus productividades).

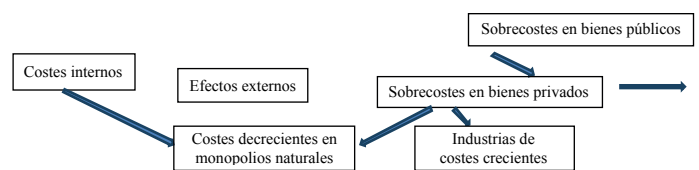
En el caso del agua, en el que están ausentes los mercados, este planteamiento ha de trocarse por el de comparar sus precios (esto es, las tarifas que franquean el acceso a su uso) con los costes de su puesta a disposición de los consumidores y de paso evaluar lo que esas diferencias entre costes y tarifas implican para los demandantes del recurso y los inconvenientes que pueden entrañar y explicarlas en términos de su funcionalidad o disfuncionalidad económica.

### 6.1. La demanda de agua

La minería del agua, concierne básicamente a la producción u oferta de agua, de modo que puede pasarse por alto los problemas de la demanda hidráulica, para enfocar principalmente los de oferta, pero no sin antes recalcar generalmente bajas elasticidades-precios de la demanda hidráulica a corto y medio plazo. Esta rigidez propicia que la demanda influya poco los precios de mercado, que son los que determinan básicamente la oferta, pero considerando que los cambios en la oferta se traducen en alteraciones directas de los excedentes de consumidores y de los beneficios de empresas que la aprovechan. Así pues, es posible que un cambio en la función de oferta no modifique la cantidad consumida de agua, pero sí, y muy apreciablemente, los niveles de utilidad y beneficios.

### 6.2. Los costes del agua

El esquema básico de análisis queda reflejado en el siguiente esquema:



En el estudio de la explotación de las aguas subterráneas, los costes significativos son los marginales.

La función de oferta de cada empresa es la de sus costes marginales y por tanto la de una mercancía es la resultante de agregar las de todas las empresas que participan en su producción, de modo que si se quiere conocer el auténtico coste social del agua en una zona determinada, ha de buscarse por el lado del coste marginal de su aprovechamiento, que representa la verdadera medida social de su desutilidad.

En el caso de las aguas subterráneas esto puede tener más o menos importancia cuando el nivel de consumo de los recursos de una región es bajo o medio, pues en ese caso lo normal es que no haya mucha diferencia entre los costes medios y marginales de explotación, pensando en costes ex ante y a largo plazo. Pero cuando se intensifica la extracción y se entra en el terreno de la explotación intensiva o de la sobreexplotación, bien sea de reservas o de recursos, los costes se hacen apreciable e inevitablemente crecientes y propician el aumento diferencias entre los costes medios y marginales. En todo caso, sea cual fuere la régimen, normal o intensivo, de una concreta explotación de aguas subterráneas, lo normal es que aparezcan notables variaciones entre los costes individuales de sus diferentes captaciones. Con frecuencia estas variaciones no son generadoras de rentas diferenciales, como nacidas de las condiciones variables y azarosas de la captación y no del crecimiento de sus costes marginales.

### 6.3. Algunos problemas en la evaluación de los costes internos

Aunque tiende a pensarse que las dificultades en la determinación de los costes del agua vienen siempre por el lado de los costes externos, lo cierto es que no pocas veces resulta tanto o más problemática la estimación de los costes internos. Ello puede juzgarse a la hora de abordar estudios coste-beneficio relacionados con inversiones hidráulicas. A título de ejemplo se mencionan cuatro.

El primero, quizás el menos importante y sobre el que pueden encontrarse menos referencias en la literatura especializada, concierne a cómo evaluar un recurso que puede presentarse en condiciones de calidad muy variables, es decir, en cómo conferir dimensión económica a esa variación de calidades. Falta experiencia de hasta dónde puede llegarse en este terreno por la vía del análisis de las desutilidades asociadas a las bajas calidades del agua o el de los costes del tratamiento y depuración de los caudales disponibles, pero estos parecen ser los planteamientos con arreglo a los cuales enfocar el asunto.

El segundo gira en torno a los costes asociados a los niveles de garantía de los proyectos de abastecimiento de agua. En muchos casos, los costes asociados al fallo del suministro pueden ser ingentes, por lo que contribuyen apreciablemente y en términos probabilísticos a los de la explotación en proyecto. Sin embargo, este asunto es más propio de las aguas superficiales que de las subterráneas.

El tercer problema tiene que ver con la dificultad de definir los costes marginales en muchas explotaciones de aguas subterráneas, incluso a nivel conceptual. En ocasiones, las dificultades atañen a problemas de menor cuantía, como por ejemplo los asociados a la aparición de funciones discontinuas o puntuales de producción, pero pueden implicar problemas de mayor entidad teórica y práctica. Para determinar en la práctica el coste marginal de la explotación de un determinado acuífero mediante un campo de pozos no pueden darse reglas fijas. Quizá pueda recurrirse al procedimiento del «nuevo pozo».

Se trata de proyectar en el acuífero un pozo más, el más favorable posible, para anticipar sus funciones de producción y costes. Si a la función de producción se le restan los caudales que el nuevo pozo detraería por afección a los ya abiertos, se obtendría el coste del m<sup>3</sup> adicional extraíble del acuífero, es decir, el coste marginal de su explotación. Si los pozos previos se usan para cubrir consumos diferentes, con productividades también diferentes, entonces habrían de estimarse las desutilidades que esas afecciones implicarían y, en vez de restar caudales, sumar a la función de costes del nuevo pozo esas desutilidades. Este procedimiento debe abordarse desde una adecuada base hidrogeológica y técnica. Cuando el análisis se refiere a la extracción de reservas, de manera que los caudales apro-

vechables tiendan al agotamiento, los caudales y costes deben sustituirse por los valores actuales de unos y otros, deducidos mediante el oportuno procedimiento de descuento, al modo que se práctica en los modelos de Hotelling y los que han seguido sus pasos. De cualquier modo, suele ser útil disponer de datos de los costes individuales de las diferentes captaciones o de cualquier medida estadística de su dispersión y evolución en el tiempo, porque ello posiblemente permitirá apreciar si hay crecimientos sensibles de costes y, en todo caso, si existen rentas diferenciales importantes.

El cuarto problema concierne a la tasa de descuento temporal. En la producción de agua priman los gastos en capital fijo, las más de las veces generados por inversiones a muy largo plazo. Así, la tasa de descuento temporal adquiere importancia suma a la hora de contabilizar sus costes ex ante. Pero esta tasa no es fácil de concretar. Por ejemplo, si se trata una inversión privada habrá de estar relacionada con un tipo de interés, ¿pero qué tipo de interés? En los mercados financieros abundan los productos, cada uno de ellos con su particular rentabilidad, en general bastante variable en el tiempo en función de las coyunturas de su mercado. En todo caso, esos tipos se manifiestan como una consecuencia de factores diversos, el más importante de los cuales puede ser el plazo de la inversión. Por lo general el tipo crece con el plazo.

Tal circunstancia se refleja en las llamadas curvas ETTI (estructura temporal del tipo de inversión), disponibles en la literatura especializada para diferentes conceptos (curvas cupón-cero, rendimiento interno de la deuda anotada, etc.), mas no debe olvidarse que esos análisis corresponden a productos financieros de bajo riesgo de insolvencia y muy líquidos (por lo general hay mercados activos secundarios de todos ellos), cosas ambas bien ajenas por cierto a la inversión hidráulica. Por tanto, a esos tipos de interés a largo plazo (que en la actualidad en España puede situarse entre el 5,0% y el 5,5% para plazos de 10 años y quizás de un 6% para los 20 años) debería sumársele una prima por riesgo, ¿pero cuál?

Hay grandes diferencias entre las ETTI de la deuda pública de los diferentes países en función del riesgo que aprecien los inversores a la hora de adquirir sus títulos. Por ejemplo, las que se dan entre las ETTI cupón-cero de España y Alemania, con una relación de más de 2 (La estructura temporal de los tipos de interés de Juan Mascareñas, Universidad de Madrid, pág. 11).

El problema de la tasa de descuento se complica cuando trata de inversiones públicas o del análisis de la perspectiva social de cualquier tipo de inversión. Las tasas con las que se opera son las conocidas como tasas marginales sociales de descuento, como la TMSPT (tasa marginal social de preferencia temporal, que representa la tasa a la que la sociedad está dispuesta a ceder consumo actual a cambio de consumo futuro) y la TMSRI (tasa marginal social de

rendimiento de la inversión, que responde al rendimiento de las inversiones públicas alternativas, es decir, el coste social de oportunidad de la utilización del capital por parte del sector público). La definición de estas tasas es un asunto complejo y está ampliamente documentada en la literatura especializada. Hay propuestas concretas sobre los valores aplicables, que curiosamente varían mucho.

Por ejemplo, la Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión (Fondos Estructurales-FEDER-Fondos de Cohesión e ISPA, 2003) recomienda una tasa del 5%, pero el Banco Mundial recomienda el 10% y el 12% el Banco Interamericano de Desarrollo. En España, Souto (Souto, G. (2001), Trabajo y capital en la evaluación pública de proyectos, Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, Serie Investigaciones) recomendó el 5,5%, Melchor Guzmán Guerrero (Estimación de la Tasa Social de Descuento en España: Aplicación a la evaluación de inversiones públicas en la agricultura. Economía Agraria.

Ministerio de Agricultura) contempla tasas de entre el 5 y el 7%. Las diferencias entre esos índices, en especial, el de la UE con respecto a la del Banco Mundial, tiene que ver con el método de aproximación a la tasa: la más baja está basada en la preferencia social temporal y la otra en el coste de oportunidad del capital. Pero debe subrayarse que todos estos valores corresponden a propuestas previas a la actual crisis económica. La tasa de descuento depende de la situación económica de cada país.

A falta de un análisis riguroso, cabe asumir que ahora en España no deberían usarse tasas inferiores al 7-8% para las inversiones públicas. Los vigentes índices de paro y de pobreza nacionales tendrían que encarecer la preferencia temporal por el futuro frente al presente. No obstante, el coste de oportunidad del capital habrá disminuido, lo cual sólo quiere decir que las diferencias entre los índices basados en la preferencia temporal y en el coste de oportunidad del capital se habrán reducido.

**Aportación MASE**
**A-05**

<b>Autoría</b>	Adolfo Hoyos-Limón Gil, Dr. ICCP, Economista Ex-director General de Aguas, Gobierno de Canarias		<b>Siglas</b> AHL
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Economía	<b>Lugar</b> Canarias	<b>Cuestiones</b> 1.1; 1.2; 1.3; 2.2; 3.2; 3.3
<b>Comentarios</b>	Contribución editada a partir del documento de comentarios al MASE		

## REFLEXIONES HISTÓRICO-ADMINISTRATIVAS SOBRE EL PAPEL DE LA POLÍTICA HIDRÁULICA EN ESPAÑA Y SU INFLUENCIA SOBRE LA ACTUAL GESTIÓN DE LAS AGUAS Y DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Desde finales del siglo XIX, el peso de la «política hidráulica» en España ha sido tal que, sin evocarla, mal cabe entender la normativa, la organización administrativa, la acción pública inversora y en suma todo el aprovechamiento de sus aguas, que no viene a ser más que la emanación de esa política. Se entiende que el agregado de fines e instrumentos que forma el cuerpo a la política hidráulica se ha ido entretejiendo durante un siglo con la urdimbre de medios y objetivos generales de la política económica nacional, y lo ha hecho en forma muy estrecha con algunas políticas sectoriales y en ocasiones con la gran Política general del país. Se aportan algunas pinceladas sobre la estructura de fines y medios que sustenta y da sentido al aprovechamiento de recursos hídricos en España.

En materia de fomento, la atención del Estado en el siglo XIX se centró principalmente en la red de carreteras y caminos y en las instalaciones portuarias. La red de ferrocarriles y las obras hidráulicas se abandonaron a la iniciativa privada, que funcionó mal que bien en el caso de los ferrocarriles, con capital extranjero y subsidios, pero de ninguna manera en el del agua. La postergación de las obras hidráulicas en el siglo XIX partía de la idea de que la reforma agraria liberal resultante de las desamortizaciones y la subsecuente privatización de la tierra serían por sí mismas suficientes para dinamizar el campo español y atraer los capitales exigidos por la mejora de su productividad. Ello, y la cortedad de recursos presupuestarios públicos, determinaron que la creación de infraestructura hidráulica y las inversiones en riego se abandonaran a la iniciativa privada. El Estado limitó su actividad a la derogación del marco institucional heredado del Antiguo Régimen y a dotar al país de una organización legal encaminada a hacer a la iniciativa privada el motor del regadío (Leyes de aguas de 1866 y 1879, Ley de canales y pantanos de 1870 y Ley de auxilios a subvención a los canales y pantanos de riego de 1883).

Entre otras cosas, las altas exigencias de capital de la inversión hidráulica motivaron que la confianza en esa iniciativa quedara pronto defraudada. En esta tesitura, a finales del XIX irrumpió en el escenario político nacional el «regeneracionismo hidráulico» de Joaquín Costa y sus epígonos, que trajo una expresión altamente vehemente y retórica de los problemas del campo nacional, acompañada de un cuerpo de propuestas sobre política de riegos, concebida como la piedra angular de la redención nacional. En estas propuestas el protagonismo absoluto le correspondía al Estado.

El «costismo» ejerció una notable influencia en varios movimientos políticos del primer tercio de siglo XX. Se veía la política hidráulica como «la expresión sublimada del conjunto de la política económica de la nación» cuya razón última era la creencia de que con ella se podrían fomentar cambios no traumáticos en las estructuras agrarias (de la propiedad de la tierra) sin necesidad de implantar políticas favorables a una reforma realmente distributiva de su propiedad. Josep Joan Mateu González (Política hidráulica e intervención estatal en España (1880-1936): una visión interdisciplinar) escribió que «el regeneracionismo, con Joaquín Costa a la cabeza, proporcionó en la coyuntura finisecular una teoría del desarrollo o filosofía de la modernización (resumida en el conocido eslogan “Agua, carreteras y escuelas”) que, a partir de la noción de política hidráulica, pretendía resolver todos los problemas que acuciaban a España.

En este sentido, la construcción de una red nacional de pantanos y canales y, concretamente, la expansión de las tierras irrigadas, tenían asignados tres grandes objetivos. El primero era de carácter técnico-productivo, pues mediante una intensificación de los usos del suelo debía obtenerse un sustancioso incremento de la productividad y de los rendimientos de tal forma que la agricultura española pasase a ser competitiva. En segundo lugar, el aumento de valor de las tierras posibilitaría un incremento de la contribución territorial que permitiría solucionar los problemas económicos y financieros del erario público, aquejado por un déficit presupuestario crónico. En tercer lugar, al emplear la agricultura de regadío un mayor número de trabajadores y teniendo en cuenta la tendencia natural en regadío al fraccionamiento de la propiedad

(que favorecería la paulatina transformación del jornalero en pequeño propietario), se estaría ante un magnífico freno al éxodo rural, con lo cual se resolvería la cuestión social. En última instancia, la alianza entre el campesinado (pequeños y medianos agricultores familiares) y ciertos sectores modernizadores de las clases medias urbanas, implícita en esta propuesta, supondría, desde una perspectiva política, la liquidación del régimen oligárquico-caciquil de la Restauración y la consolidación definitiva del Estado liberal-democrático real en España. Pretensiones tan desmesuradas hicieron que la política hidráulica de Costa tal vez haya acabado viéndose como la cortina tras la que se pretendía esconder la falta de voluntad política de promover reformas estructurales de los regímenes de propiedad y explotación del campo español.

Del entusiasmo de Costa nació el Plan de Obras Hidráulicas de Gasset (1902), que prácticamente no pasó del papel y al que se achacan serios desenfoques técnicos (R. Tamames, *La Política Hidráulica en Estructura Económica de España. Volumen I: introducción, sector agrario*. Biblioteca Universitaria Guadiana. 10ª edición), y la Ley Gasset de 1911 que regulaba un procedimiento de ejecución de las grandes obras hidráulicas por cuenta exclusiva del Estado, planteamiento que el tiempo se encargaría de consolidar definitivamente.

Las doctrinas de Costa encontrarían su hábitat natural en las dos dictaduras del siglo XX español, pues propugnaba aquella teoría política de signo tecnocrático que precisaban y podían fomentar regímenes conservadores. La dictadura de Primo de Rivera adoptó una postura fundamentalmente técnica frente a la cuestión agraria e intentó fomentar una política hidráulica coordinada y efectiva con la creación en 1926 de las Confederaciones Sindicales Hidrográficas. Nacieron como organismos autónomos del Estado, respondiendo a una concepción de unidad en la gestión hídrica y buscando conciliar los intereses –muchas veces contrapuestos– entre los distintos usos del agua: agrícolas, energéticos, navegación interior y de abastecimiento a poblaciones.

Pero, falto de recursos y tiempo, las realizaciones prácticas fueron limitadas, de modo que hasta la Segunda República, no hubo en el terreno de los hechos otra política agraria en España que la hidráulica. El régimen republicano se planteó abiertamente el problema del campo español y se embarcó en su transformación mediante la Ley de Bases de la Reforma Agraria de septiembre de 1932. En materia hidráulica, su aportación más notable fue el Plan de Obras Hidráulicas de Lorenzo Pardo, en el que por primera vez se hacía luz oficial sobre el problema de los desequilibrios hidrológicos entre las cuencas de las vertientes atlántica y mediterránea, a los que se sumaban la gran diferencia de productividades del regadío en unas a otras y la consecuente necesidad de promover trasvases entre ellas. Además, con el propósito de organizar la investigación hidrológica sistemática, se creó el Centro de Estudios Hidrográficos.

En materia de realizaciones, el «gran salto adelante» de la política hidráulica y de regadío tuvo lugar, sin embargo, bajo el régimen franquista. Esta política se impulsó con decisión, al promoverse con criterios sociales conservadores, pero con relativa abundancia de recursos económicos en la medida de lo permitido por la precaria Hacienda del país y con visión técnica y organizativa relativamente eficaces. Estuvo acompañada por una legislación sobre colonización y se impulsó con arreglo al principio de que el Estado quedaba a cargo de todas las inversiones, tanto de las relativas a los embalses y canales como de las acequias que llevaban el agua a las tierras. El agricultor había de atender solo al acondicionamiento y mejora de sus parcelas. Las superficies irrigables, que tras décadas de propaganda sobre política hidráulica había crecido solo un 6% entre 1920 y 1950, aumentaron otro 52% en los 20 años siguientes. Este impulso todavía se mantuvo hasta finales del siglo XX, cuando se regaban ya 3,4 millones de ha en España. Por tanto, las superficies irrigadas más que se triplicaron en el siglo. Entre 1940 y 1970 se multiplicaron por diez las capacidades de los embalses del país, con macro-iniciativas como el Plan Badajoz, el Plan Jaén y los Riegos de Aragón.

Hasta la Segunda República, los magros productos de la política de riegos contrastaron con la notable expansión de la producción hidroeléctrica, cuya la potencia instalada creció desde los 32 MW a más de 1000 MW entre 1901 y 1933.

La política de riegos recibió un duro golpe en 1962 a raíz de un informe económico del Banco Mundial (se publicó en España, pero censurado) que era claramente crítico con la política oficial de regadíos, a la que reprochaba la carestía de la irrigación como medio de aumentar la productividad agraria, la deficiente organización de los planes de regadío, la falta de estudios rigurosos sobre la rentabilidad de los proyectos y la exclusión de la iniciativa privada de ellos. Este informe abrió las puertas a la crítica de los planes oficiales de riego y supuso a medio plazo un primer freno a los programas oficiales de inversiones hidráulicas.

Posteriormente, a la democracia le tocó la responsabilidad de la promoción de los trasvases intercuenas, cuyos proyectos fueron gestándose en medio de controversias públicas cada vez más intensas y agrias. Con ello llegó a España la época de los problemas hidráulicos. Aragón, Castilla-La Mancha, Murcia, Canarias... fueron escenarios de conflictos en torno al agua, en algunos casos con efectos sobre la política regional. La mirada crítica sobre la política de embalses y riegos y la oposición a ella adquirieron persistencia y continuidad. Representó lo que se llamó el «finicostismo» (J. Rodríguez de la Rúa (1963), *Evolución y tendencia de la Política Hidráulica*. Revista de Obras Públicas. Abril) pero la democracia trajo también la época de la renovación de la legislación de aguas y de la planificación hidrológica, impulsadas ambas en medio de esperanzas, pero con resultados a medio plazo probablemente no demasiado lisonjeros.



La política hidráulica española de este último medio siglo ha conseguido señaladas realizaciones prácticas, pero también, y un poco en línea con el informe de los expertos del Banco Mundial, ha padecido desenfoques evidentes:

1) la promoción de obras hidráulicas sin consideración del balance costes-beneficios; 2) la tendencia al sobredimensionamiento de las infraestructuras y al excesivo consumo de agua; 3) el olvido de las consecuencias medioambientales de los planes de infraestructuras; 4) la propensión hacia inversiones en la que priman los costes de capital por encima de los de otro tipo; y, 5) la asimétrica distribución de la ayuda pública en materia hidráulica, pues se ha priorizado siempre la regulación de aguas superficiales, en detrimento de la política de aguas subterráneas.

Una cuestión relacionada con la anterior, son los sesgos propios en las evaluaciones económicas de las inversiones públicas hidráulicas. España carece de una práctica sistemática y consistente de análisis de las inversiones hidráulicas y en realidad de la de cualquier tipo de inversión pública. Lo cierto es que con frecuencia en estos análisis –cuando se formulan– se observa una cierta tendencia a minusvalorar los costes y sobre todo las tasas de descuento de las inversiones. Probablemente en estas actitudes se dé una cierta confluencia inconsciente entre los intereses relacionados con la demanda hidráulica, a los que no suele importar la infravaloración de las inversiones, pues no han de reintegrarlas, y cierta inclinación administrativa en el mismo sentido por virtud de la cultura y tradición «costista» de la Administración hidráulica española.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-01

<b>Autoría</b>	José Albiac Murillo, Dr. en Economía Universidad de Zaragoza Carles Sanchis Ibor Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (CVER) Universitat de València		<b>Siglas</b> JA
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Levante español	<b>Lugar</b> Vinalopó	<b>Cuestiones</b> 2.1; 3.1
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

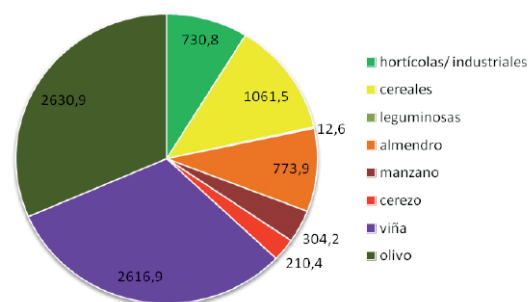
### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

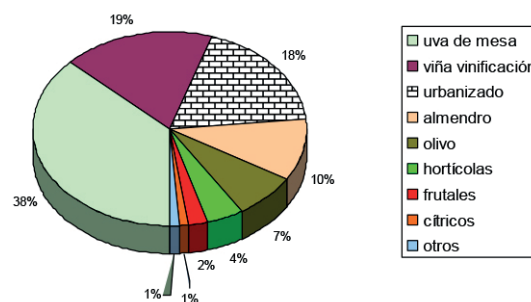
La explotación intensiva del acuífero Villena-Benejama ha sido un factor de progreso para el desarrollo económico de la comarca del Alto Vinalopó, así como para las comarcas del Bajo y Medio Vinalopó o la propia ciudad de Alicante, abastecida desde hace décadas a través del Canal del Cid. El desarrollo económico de los valles del Vinalopó se ha basado en la utilización del agua subterránea para el regadío, aunque en los últimos años va tomando mayor importancia económica el suministro de agua para uso urbano en la comarca y en toda la cuenca del Vinalopó.

El agua para regadío en la comarca del Alto Vinalopó es de unos 37 hm<sup>3</sup> que generan unos ingresos de unos 12 millones de euros y unos beneficios de unos 6 millones de euros (principalmente olivar y viñedo para vino, y en menor término cereales, almendros y hortalizas). En la comarca del Vinalopó Medio se utilizan para regadío unos 65 hm<sup>3</sup> que generan unos ingresos de unos 72 millones de euros y unos beneficios de unos 43 millones de euros (principalmente viñedo). Sin embargo en las últimas décadas, y singularmente en el caso del medio Vinalopó, aproximadamente un 18% del agua de riego se destina al abastecimiento de viviendas diseminadas que poseen pequeños huertos, olivares o almendros.

CULTIVOS REGADOS ALT VINALOPÓ 2006 (ha)



Superficie regada (has)



Cultivos regados en el Vinalopó Mitjà 2007 sobre un total de 10.022 ha

La utilización intensiva del acuífero Villena-Benejama no es sostenible, ya que ha habido un descenso de la tabla del acuífero de unos 150 metros en los últimos treinta años. La recarga de unos 20-30 hm<sup>3</sup>/año es muy inferior a las extracciones de unos 40-60 hm<sup>3</sup>/año. Otro factor importante son las extracciones cada vez mayores para regadío en la zona de Yecla, que afectan al acuífero de Villena-Benejama.

### 2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?

En el Alto Vinalopó no parece que se presenten situaciones de riesgo inminente y los costes de riego presentan cifras que garantizan la rentabilidad de las explotaciones. Incluso parece que es posible la extracción de agua del acuífero jurásico localizado bajo el acuífero cretácico que se explota actualmente.

En el Vinalopó Medio hay comunidades de regantes que se están enfrentando a situaciones límite por los elevados costes de riego o la aparición de problemas de salinización. Tan sólo las entidades que reciben agua procedente del Alto Vinalopó presentan costos que garantizan la viabilidad de la actividad agrícola. Las que dependen de recursos locales presentan graves problemas para mantener la actividad agrícola.

En este sentido es significativo detallar el caso de Aspe, donde el elevado coste de extracción del agua, unidos a la salinidad de los volúmenes captados, han generado un masivo abandono de las explotaciones de uva de mesa. Hoy día se riega una cuarta parte de la superficie que estaba en producción a inicios de los años ochenta, en el que las parcelas regadas totalizaban cerca de 2.800 hectáreas. A finales de la citada década, comenzó a experimentarse una reducción del área regada y del consumo de agua (Rico Amorós, 1994). Esta tendencia se agudiza a partir del año 1992, cuando las subvenciones europeas destinadas al arranque del viñedo estimularon el abandono definitivo de las explotaciones de uva de mesa menos rentables. Así y todo, todas estas tierras han continuado contribuyendo al mantenimiento de las entidades de riego, con la esperanza puesta en la llegada de caudales trasvasados o de los volúmenes concedidos en 1987 en la EDAR del Rincón de León. Otras zonas vecinas, como el Hondón de las Nieves, experimentan procesos similares, aunque en menor intensidad.

En 2007, en Aspe, el coste final por unidad de volumen y por unidad de superficie era de 0,33 €/m<sup>3</sup> y de 825 €/ha respectivamente. No obstante, considerando las pérdidas en red, estimadas en torno a un 25% por los responsables de la entidad, el coste por unidad de volumen ascendía a 0,43 €/m<sup>3</sup>. En el Hondón de las Nieves el coste de riego por

unidad de volumen y superficie era en 2007 de 0,36 €/m<sup>3</sup> y 581 €/ha y en Monforte del Cid, donde la superficie de riego decrece a un ritmo bastante más lento, los costes son de 0,33 €/m<sup>3</sup> o 1.342 €/ha.

En el caso de Monóver, con costos cercanos a los 0,22 €/m<sup>3</sup>, hay comunidades como la del Hondón-Monovar donde el agua aplicada a los cultivos suele presentar conductividades eléctricas superiores a los 2 mS/cm, que no resultan recomendables para la conservación de los suelos. De hecho, con posterioridad al riego se suelen apreciar concentraciones salinas en superficie.

El uso que hoy día presenta mayor potencial futuro es la utilización del agua para el suministro de centros urbanos y para el aprovisionamiento de segundas residencias, lo que garantiza la rentabilidad de las extracciones.

### 2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?

Como se señala en la sección anterior, las extracciones son rentables económicamente por lo que parece que la minería del agua del acuífero Villena-Benejama va a continuar, sin embargo, existen serias dudas respecto a la viabilidad de la actividad agrícola que depende de los acuíferos del Medio Vinalopó.

### 2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** resultante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

El balance puramente económico de la explotación intensiva del acuífero es claramente positivo, y seguirá siendo rentable en el Alto Vinalopó. En el caso del Vinalopó Medio, dependerá del mantenimiento de las transferencias procedentes del Alto Vinalopó, de la elevación de aguas residuales depuradas o aguas desaladas desde Alicante, o de la transferencia de recursos del Júcar. El déficit estimado por el CVER en la comarca del Alto Vinalopó en 2007 es 0, pero alcanza los 22 hm<sup>3</sup> en el caso del Medio Vinalopó.

### 2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

El agua puede tener características de bien privado (exclusión y rivalidad en el consumo), bien comunal (no exclusión y rivalidad) y bien público (no exclusión y no rivalidad). El agua tratada potable en redes de distribución tiene característica de bien privado; el agua de riego tiene característica de bien comunal, en especial el agua subterránea; y el agua en el medioambiente tiene característica de bien público.

Una solución de mercado tiene en cuenta un balance puramente económico que incorpora las redes de distribución

en las que el agua es bien privado, y puede incluir el agua de riego que debe convertirse previamente en bien privado (como en Australia). El agua en el medioambiente al ser un bien público se ignora en la solución de mercado, y es tratada como una "externalidad" del mercado.

Otra solución es buscar el bienestar social, que incluye los aspectos económicos y medioambientales (beneficio privado + beneficio "social" medioambiental). Para ello es necesario valorar el agua en las actividades económicas y en los usos medioambientales que sostienen los ecosistemas. Las decisiones de asignación en las redes urbanas pueden tomarse a través del mecanismo de mercado, pero el enfoque en el regadío y medioambiente ha de ser institucional porque en bienes comunales o públicos es necesaria la cooperación de los grupos de interés para lograr la acción colectiva de cuidar el recurso. Este enfoque institucional es el que está vigente en España con los grupos de interés involucrados en las confederaciones para la toma de decisiones y su cumplimiento.

**2.1.6. ¿Qué papel juegan las subvenciones directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.**

Las subvenciones directas o indirectas pueden jugar un papel importante para mejorar la gestión del agua, aunque también pueden tener efectos negativos. Por ejemplo las subvenciones a las inversiones en tecnologías de agua: plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de desalación, modernización de regadíos. Ahora bien las inversiones en tecnologías de agua compensan los problemas de escasez y degradación de agua, pero no pueden lograr una gestión más sostenible del recurso (Vorosmarty et al. 2010 en Nature), porque ello requiere la cooperación de los grupos de interés en un marco institucional adecuado.

En el Alto y Medio Vinalopó, durante los últimos 15 años, se han efectuado importantes inversiones –subvencionadas al 40% o al 100%, según el caso–, destinadas a la presurización de la red de riego y al incremento de la capacidad de embalse de las entidades de riego. Estas inversiones han comportado una reducción moderada de recursos extraídos por algunas entidades, pero fundamentalmente han tenido un efecto social, al mejorar significativamente las condiciones de vida de los agricultores. Asimismo, el aumento de la capacidad de embalse ha permitido que algunas entidades reduzcan los costes de bombeo, al limitar las extracciones a los periodos horarios de tarifas bajas.

Las subvenciones de la PAC representan una parte pequeña en los ingresos del regadío de la zona (frutas y hortalizas), por lo que su utilización para influir en la gestión del agua solo puede ser marginal.

**2.1.7. ¿Se considera el valor económico de las reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.**

El problema para utilizar el agua virtual para mejorar la gestión del agua es que el instrumento de política sería diseñar medidas de comercio exterior, lo que es bastante cuestionable. La mejora de la gestión debe ser local a nivel de subcuenca, lo que exige la acción colectiva de los grupos de interés de esa subcuenca. Esta cooperación local no se puede conseguir con políticas de comercio exterior.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

**3.1.1. ¿Cuál es el beneficio social obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.**

El beneficio social obtenido hasta el momento es la parte de beneficios privados de las actividades económicas, que se rigen por el mercado de bienes producidos (cultivos de regadío y suministro a redes urbanas).

**3.1.2. ¿Hay proteccionismo en la producción y subvenciones en relación con la minería del agua?. ¿Qué papel juega?.**

Como se ha señalado, el proteccionismo y las subvenciones de la UE al sector agrario tienen una influencia limitada en los tipos de cultivo de la zona (frutales y hortalizas), con lo que no son un instrumento muy importante para mejorar la gestión del agua.

**3.1.3. ¿Qué reacción social existe en cuanto a los problemas ambientales ocasionados?. ¿Son estos conocidos o reconocidos?.**

Las reacciones sociales en la zona no favorecen los aspectos medioambientales, sino que los perjudican. Los agentes sociales de la zona quieren conseguir recursos hídricos adicionales, en especial transferencias de agua del canal Júcar-Vinalopó y del trasvase del Ebro con inversiones subvencionadas.

El actual debate sobre el canal Júcar-Vinalopó muestra el comportamiento estratégico de los grupos de interés de la zona. Los regantes de la Ribera del Júcar utilizan el agua para riego que los regantes del Vinalopó rechazan al considerarla agua de baja calidad, aunque la consigan a un coste subvencionado. Estos regantes del Vinalopó piden hacer un nuevo canal desde el Júcar medio en Corte de Pallás o en Antella. ¿Porque van a ceder los regantes de la Ribera

del Júcar agua de mayor calidad del Júcar medio, en lugar de agua de menor calidad del bajo Júcar que ellos utilizan para riego?.

**3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en cambios en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?.**

El conflicto social es evidente y no es fácil de resolver por la evolución que ha tenido la gestión de los recursos hídricos en la zona (path-dependency). La demanda urbana en la ciudad de Alicante es de unos 42 hm<sup>3</sup>/año, abastecidos con agua superficial de los canales del Taibilla (22 hm<sup>3</sup>) y de aguas subterráneas (20 hm<sup>3</sup>).

Las plantas desaladoras de Aguamarga pueden suministrar actualmente toda la demanda de la ciudad de Alicante (45 hm<sup>3</sup>/año), por lo que la ciudad de Alicante podría prescindir del suministro de agua subterránea del Vinalopó, dejando disponibles 22 hm<sup>3</sup>. Esta cantidad es justamente el volumen de vaciado anual del acuífero de Villena-Benejama. Por otra parte el canal Júcar-Vinalopó podría llegar a suministrar un volumen de recursos adicionales de 80 hm<sup>3</sup>/año a la cuenca del Vinalopó. El total de recursos adicionales de desalación previstos en la provincia es 100 hm<sup>3</sup>, que junto a los recursos adicionales procedentes del Júcar suman 180 hm<sup>3</sup>, por lo que todas las demandas actuales de la cuenca van a estar cubiertas con holgura.

El motivo de los conflictos sociales no es la escasez de agua, sino que los grupos de interés quieren conseguir agua al menor coste y con la mayor calidad posible. Las plantas desaladoras de Alicante funcionan por debajo del 20 por cien de capacidad porque el coste del agua a plena capacidad es de unos 0,5–0,6 euros/m<sup>3</sup>. Los usuarios prefieren el suministro de agua subterránea o de los canales del Taibilla, que es mucho más barata, aunque continúe el vaciado de acuíferos en el Vinalopó. La expansión de bombeos para riego en la zona de Yecla también perjudica al sistema de acuíferos del Alto Vinalopó.

Esto demuestra que incluso una vez realizadas las inversiones en tecnologías de riego, los problemas de gestión insostenible del agua continúan. La clave es conseguir la cooperación de los grupos de interés a través de instituciones adecuadas para conseguir una gestión sostenible que cuide del recurso y proteja los ecosistemas dependientes.

**3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre generaciones futuras?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?.**

Los grupos de interés y sus representantes son plenamente conscientes de la problemática ética y moral de la gestión de los recursos hídricos, ya que ha habido una tradición histórica importante de gestión razonable del agua.

Los problemas éticos y morales son similares en muchas zonas áridas y semiáridas del mundo, que experimentan una situación muy seria de degradación de los recursos. Una muestra de esta degradación son las extracciones subterráneas en el mundo, que han pasado de 310 a 730 km<sup>3</sup>, con un vaciado de acuíferos que alcanza los 150 km<sup>3</sup> (Wada et al. 2010, Konikow 2011). El conseguir una gestión más sostenible de los recursos hídricos no es tarea fácil, como muestra esta situación de progresiva degradación de los recursos hídricos en la mayoría de las cuencas áridas y semiáridas.

Ahora bien en España, a diferencia de la mayoría de los países, tenemos una ventaja importante para lograr una gestión más sostenible del agua. Se trata de la gran tradición de gestión del agua mediante la cooperación de los grupos de interés. Para esta cooperación es necesario un marco institucional, que ya existe en las autoridades de cuenca y cuyo nombre original "Confederación Sindical Hidrográfica" señala claramente el objetivo de acción colectiva.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-02

<b>Autoría</b>	Francisco Alcón, Dr. En Economía Departamento de Economía Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena		<b>Siglas</b> FA
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Campo Cartagena	2.1; 2.3; 3.2
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

Si. Si pero bajo mayores niveles de organización para potencial su control.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

Si

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

Lo sigue y seguirá siendo

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

El balance económico es positivo dado que la productividad del agua en el levante español es positiva. La evolución dependerá de la disponibilidad de recursos superficiales a menor coste que los subterráneos.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

El valor del agua si que es considerado por los agricultores pero no por la administración dado que no recupera el coste de la sobreexplotación. Considerando el valor económico total y que los usuarios internalicen las externalidades ambientales.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando?.¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Hasta mi conocimiento las subvenciones están destinadas a la inversión en infraestructuras de control y tecnologías ahorradoras de agua. En general las subvenciones generan pérdidas de eficiencia y deberían minimizarse en la medida de lo posible. Por lo tanto las subvenciones deberían estar proporcionadas con los beneficios que reportan los beneficiarios al conjunto de la sociedad. Como por ejemplo manteniendo los ecosistemas y sus funciones.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de la reservas de agua consumidas en el cómputo del **agua virtual** que se exporta?.¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

Que yo sepa no. Siempre que se haga de una manera integral (importaciones y exportaciones) si. Estimando el valor del agua en función del grado de sobreexplotación.

## 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?

El uso de precios asociados a los costes de suministro me parece apropiado, lo que en situaciones de escasez se incrementarían. Hacerlo de manera eficaz implica la consideración de todos los costes asociados al suministro.

2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el **control de precios del agua al consumidor**, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?

El papel de la administración es gestionar los bienes públicos estableciendo normas de uso dado que de otra manera, en situaciones de escasez, la no existencia de normas estaría abocada a la sobreexplotación. Mas que ofrecer agua a un precio prefijado debería distribuir el agua cobrando el coste de la administración. Es necesario e imprescindible.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una **limitación al desarrollo** o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?

El precio va asociado a la disponibilidad, que será el verdadero factor limitante. El sector más afectado sería la agricultura, cuya viabilidad se vería comprometida en épocas de escasez.

2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en que condiciones de escasez y/o calidad acude a la **adquisición de agua** ofertada por un sistema público o privado?

En general, en el levante español, el coste del agua subterránea suele ser superior al del agua superficial suministrada por la administración y su calidad suele ser inferior. Por ello, el usuario siempre preferirá el agua superficial. La excepción a esta situación es el agua desalada.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el **coste real** del agua que utiliza, tanto el directo como el total?

El valor del agua tiene varios componentes, tanto de mercado como de no mercado. El usuario considera en su balance solamente el de mercado.

2.2.6. ¿Qué **precio/costes** del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?

El precio del agua depende de los costes de extracción y de distribución. Cada usuario es particular porque las infraestructuras de suministro son distintas, también el nivel de tecnificación, así como el grado de eficiencia en el uso.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los **impactos ambientales**?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?

A mayor grado de externalidad, mayor sobreexplotación y mayores costes de extracción. Considerando el valor de no uso, el de la no sobreexplotación.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?

El coste del agua y su calidad dependen de las características del acuífero y de su nivel de sobreexplotación. Sin sobreexplotación las aguas más profundas, mas caras son de mayor calidad. No. No que yo sepa.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?

El agua subterránea se suele mezclar con la superficial para incrementar su calidad y no reducir los rendimientos de los cultivos, pero no veo que la mezcla tenga incidencia en el costes sino todo lo contrario, el coste incidirá sobre la mezcla.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

3.2.1. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?

No lo se. Creo que el nuevo plan de cuenca proponía el uso colectivo de los acuíferos sobreexplotados pero no se hasta qué nivel de implantación se ha llegado.

3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor **asociacionismo** entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?

Si.

3.2.3. ¿Se consigue con el **asociacionismo**, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?

Si está bien gobernado sí.

3.2.4. ¿Qué experiencia existe de **asociacionismo**, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.

Las comunidades de regantes son un buen ejemplo de asociacionismos y uso colectivo de un bien. Están muy bien implantadas en el levante español y funcionan bien. Lo importante que es que exista transparencia y comunicación entre todos los agentes implicados.

3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la **Sociedad Civil** en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?.

La sociedad civil podría tener una opinión al respecto si estuviera informada de ello y de las consecuencias del uso insostenible del agua subterránea. La falta de conocimiento.

3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?.

Las asociaciones ecologistas tratan de dar a conocer la problemática de la sobreexplotación.

3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?.

El nivel de desinformación generalizado.



## Aportación MASE

Q-03

<b>Autoría</b>	Bartolomé Andreo Navarro, Dr. en Geología Universidad de Málaga		<b>Siglas</b> BA
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Levante español	<b>Lugar</b> Almería-Málaga	<b>Cuestiones</b> 1.1; 1.3; 2.3
<b>Comentarios</b>	Contribución editada a partir del documento de comentarios al MASE		

## 1. Cuestiones hidrológico-hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?. Valorarlo.

En la información recibida conjuntamente con este cuestionario se hace referencia a la dificultad de definir “minería del agua”, aunque se considera que esto ocurre “cuando se produce o se ha producido un consumo continuado de reservas de agua dulce subterránea, de modo que tras un supuesto cese de las extracciones se requiera al menos una generación humana (20 a 25 años) para que en el mejor de los casos se pueda producir una recuperación del acuífero y su medio ambiente asociado, en cantidad, calidad y funciones físicas y ecológicas.”

Mi primer comentario es precisamente sobre la necesidad de definir claramente “minería del agua”, con criterios lo más objetivos posible, y de elaborar un listado de los acuíferos que realmente están siendo o han sido objeto de minería del agua. Sin duda este proyecto contribuirá a ello.

En segundo lugar, creo que hay pocos acuíferos en España (incluso los más explotados) que no serían capaces de recuperar su situación piezométrica inicial o muy próxima a ella en un plazo de 20-25 años, si cesara la explotación de la que son o han sido objeto.

En acuíferos del SE de España (Murcia, Alicante) se han llegado a medir descensos de centenares de metros como consecuencia de la explotación continuada durante el último tercio-cuarto del siglo pasado. En muchos casos, el descenso progresivo del nivel piezométrico ha ido acompañado de un deterioro de la calidad química porque los acuíferos tienen un substrato evaporítico. Precisamente este empeoramiento de la calidad ha actuado en algunos casos como factor auto-limitante de que la explotación fuera mayor (hay algunos trabajos de Tomás Rodríguez Estrella, José Miguel Andreu, Antonio Pulido, entre otros, que pueden ilustrar esto).

En algunos acuíferos de la provincia de Málaga se han llegado a medir descensos piezométricos de un centenar de metros que se han recuperado en 1 ó 2 años de pluviometría abundante, incluso, manteniendo las condiciones de explotación por encima de la denominada recarga media (tengo alguna publicación al respecto).

Por tanto, la recuperación piezométrica es realmente posible en 20-25 años. En esto influiría, además de la recarga –y por ende la pluviometría (menor en el SE de España)–, el tamaño o las dimensiones de los acuíferos, muchos de ellos con extensiones de decenas y centenares de km<sup>2</sup> (los de miles de km<sup>2</sup> son menos abundantes). No obstante, hay algunos acuíferos en los que se han hecho obras de captación como galerías (por ejemplo, en el acuífero de Crevillente), donde precisamente la realización de estas obras impedirían volver a la situación piezométrica natural. A este respecto, la tesis de José Miguel Andreu Rodes (Univ. Alicante) y trabajos posteriores pueden ser de interés.

Aunque los niveles piezométricos llegaran a recuperarse, las actuaciones humanas que se han hecho en los acuíferos y en su entorno (urbanización, infraestructuras, agricultura, industria, etc.) y los problemas de contaminación asociados impiden retornar a las condiciones originales de calidad del agua. La calidad del agua sería más difícil recuperarla en 20-25 años. Del mismo modo, acuíferos como el de la Mancha (véanse los trabajos de Ramón Llamas, Pedro Emilio Martínez Alfaro y colaboradores, entre otros), donde existen ecosistemas asociados, probablemente sería necesario más tiempo, no tanto para recuperar el nivel piezométrico original, como para restaurar los humedales y los ecosistemas.

Otro ejemplo podría ser el Campo de Dalías, donde los trabajos de los equipos del IGME y de Antonio Pulido han demostrado que durante mucho tiempo ha existido algo parecido a la minería del agua, pero un proyecto en el que he participado recientemente demuestra que los niveles se han recuperado, al menos en algunos acuíferos que dejaron de ser explotados, aunque la calidad del agua deja mucho que desear. De esto deben tener información en la Oficina del IGME de Almería.

En definitiva, por muy explotados que estén o hayan estado los acuíferos, muchos de ellos podrían volver a la situación piezométrica inicial si se dejaran sin explotar, aunque sería más difícil recuperar la calidad del agua y las condiciones ambientales naturales.

Con respeto a la calidad, si se quiere hacer referencia únicamente a los problemas asociados a la minería del agua, entonces quizá habría que considerar sólo el deterioro de la calidad debido a la extracción continuada en el tiempo de las reservas de agua y dejar de lado los problemas de calidad debidos a una mala ordenación del territorio o uso inadecuado del suelo. Esto último ocurre en el Campo de Dalías, por ejemplo y, en general, en las áreas donde ha sido importante la actividad agrícola sobre materiales acuíferos.

### 1.1.2. ¿Que **acuíferos** sufren explotación minería del agua subterránea?

Con la definición preliminar que se ha proporcionado creo que pocos acuíferos se pueden considerar como sujetos a la minería del agua, tal como he indicado en la respuesta anterior.

En la provincia de Málaga y prácticamente toda Andalucía no hay acuíferos que sean objeto de minería del agua, aunque hay algunos –de reducidas dimensiones– que se explotan intensamente.

### 1.1.3. ¿Que **peso** tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?

La minería del agua podría tener un peso mayor si se cumplen las previsiones de cambio climático que pronostican un aumento de las condiciones climáticas extremas en el ámbito mediterráneo, sobre todo en el caso de los acuíferos de grandes dimensiones. Si las sequías inherentes al clima mediterráneo se vuelven más prolongadas en el futuro, las reservas de agua subterránea podrían jugar un papel más relevante.

Igualmente, ante situaciones de contaminación extrema y de catástrofe o de emergencia, el peso de la minería del agua también podría aumentar.

### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del **papel del agua** subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

Ilustro la respuesta con ejemplos que conozco directamente.

En varios municipios de la Costa del Sol (provincia de Málaga), el abastecimiento de agua generado por el “boom” turístico que se inició en la década de 1970 del pasado siglo y por el desarrollismo urbanístico que ha sido continuo prácticamente hasta la actualidad se ha cubierto con agua

subterránea. Es el caso de los municipios de Torremolinos, Benalmádena y Mijas, aunque en los dos últimos se utilizan actualmente aguas superficiales, debido al aumento de la demanda. Al principio, se aprovechaba el agua de los manantiales, después se hicieron sondeos de algunas decenas de metros, más tarde de un centenar y actualmente se perforan sondeos de varios centenares de metros. El agua subterránea ha jugado un papel determinante en la economía de estos municipios centrada principalmente en el turismo.

En el norte de la provincia de Málaga hay acuíferos carbonáticos de pequeñas dimensiones (apenas varios km<sup>2</sup>) que están claramente sobreexplotados. Ejemplo de ello son las sierras de Archidona (tiene propuesta de Declaración de Sobreexplotación), Humilladero, Mollina y Arcas.

En tiempos históricos estos acuíferos se utilizaban para regadío y abastecimiento urbano. Desde hace décadas, se utilizan únicamente para abastecimiento urbano y no para regadío. El papel de las aguas subterráneas ha sido decisivo para el desarrollo de estos municipios. Sin embargo, en los últimos años el urbanismo desaforado está llevando a algunos de estos acuíferos hacia lo que podría ser minería del agua, acompañado de una pérdida de la calidad del agua, en unos casos por aumentos de los contenidos en sulfatos y cloruros del substrato evaporítico y en varios de ellos por aumento de la concentración de nitratos de las actividades agropecuarias que se realizan en los bordes.

La ciudad de Antequera, la segunda más importante de la provincia, se abastece íntegramente de aguas subterráneas del acuífero del Torcal. Las aguas de este acuífero, cuya piezometría muestra periodos plurianuales de descensos continuados, ya no se utilizan para regadío y se destinan únicamente para abastecimiento de la población, polígonos industriales e incluso riego de campo de golf. Es un buen ejemplo del papel del agua subterránea en el desarrollo de un municipio.

De lo indicado en los párrafos precedentes hay información en el Atlas Hidrogeológico de la provincia de Málaga, particularmente en el tomo 2, que se puede descargar en el enlace web <http://cehuma.uma.es/atlas.asp>

### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los **tiempos** previsibles de **recuperación** del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a que nivel y con qué circunstancias?. Comentarlos.

Creo que en 2 ó 3 décadas los acuíferos se recuperarían sus niveles piezométricos, pero las condiciones originales de calidad del agua serían muy difíciles de recuperar en muchos casos. Como he dicho antes, convendría distinguir entre los problemas de calidad asociados a la minería del agua y los derivados del uso del suelo y de la ordenación del territorio.

### 1.1.6. ¿Que grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

Los balances hidrogeológicos constituyen una técnica no exenta de limitaciones, bien conocidas por otra parte. En España se ha abusado históricamente de las técnicas de balance de agua del suelo, para estimar unos valores medios anuales de la recarga anual. Sin embargo, es bien conocido que estas determinaciones basadas en fórmulas empíricas tienen limitaciones.

En tiempos recientes ha habido avances significativos en las técnicas de modelización hidrogeológica y estimación de la recarga mediante técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas.

Las deficiencias en las estimaciones de la recarga han inducido a errores en la planificación hidrológica. Si a esto unimos las deficiencias en el control de las extracciones, entonces, la incertidumbre aumenta y, consecuentemente, la gestión del agua no se realiza de forma adecuada.

En España todavía hay muchos sondeos que no están equipados con contadores para control de las extracciones. Esto constituye realmente un verdadero problema a la hora de llevar a cabo una gestión adecuada del agua subterránea.

### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene **adecuado para conocer y evaluar el problema existente**?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.

En España, el conocimiento hidrogeológico ha aumentado mucho pero sigue siendo insuficiente. No abundan los acuíferos cuyo funcionamiento hidrogeológico se conoce en profundidad, aunque de la mayor parte de ellos se tiene una idea general o aproximada, más propia de una fase de reconocimiento o exploración hidrogeológica. De la recarga a los acuíferos existen grandes lagunas todavía y del control de las extracciones hay una gran parte por hacer.

### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el **destino del agua subterránea** (urbano, turístico, riego)?.

El agua subterránea tiende a utilizarse cada vez más para abastecimiento urbano, particularmente la almacenada en acuíferos carbonatados, dada su buena calidad. En el futuro debería tenderse a dejar el agua subterránea de buena calidad para abastecimiento urbano y la de peor calidad para regadío. Esto se está haciendo en muchos municipios de Andalucía, particularmente en áreas con el norte de la provincia de Málaga. Para regadío tiene a utilizarse agua de peor calidad química y, en algunos casos, agua residual depurada.

En muchos municipios de Andalucía se ha producido un cambio en el uso tradicional del agua subterránea para

regadío por el abastecimiento de complejos urbanísticos, turísticos, hoteleros y de campos de golf. En mi opinión, es mucho más ético un aprovechamiento racional del agua para regadío que para el urbanismo desahogado y especulativo que se ha producido en algunos sitios. Esto último sólo sirve para esquilmar los recursos y no crea riqueza y ni desarrollo sustentable.

## 1.3. Aspectos ambientales

### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

Las consecuencias ambientales han sido la desaparición o alteración de la dinámica de los ecosistemas asociados.

En el ámbito hidrológico, el análisis y estudio de cartografías históricas, fotografías aéreas y de imágenes satélite ayuda a estimar algunas de las consecuencias. No obstante, también debe haber consecuencias en la biodiversidad asociada que requerirían una metodología propia.

En algún caso, la explotación de agua primero y el abandono de la actividad extractiva posterior, junto con la mala ordenación del territorio, puede dar lugar a la aparición de zonas húmedas permanentes donde antes no las había o eran efímeras. La laguna de las Norias en el Campo de Dalías o las lagunas de la desembocadura del Guadalhorce (Málaga) son ejemplos de esto.

### 1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

En cuanto a la cantidad de agua (ascenso de nivel piezométrico) los daños ambientales podrían ser recuperables. Sin embargo, en el caso de que haya actividades contaminantes (agrícola, industrial) se podría producir contaminación de los suelos o del acuífero y la elevación de la lámina de agua asociada a una eventual recuperación podría tener efectos negativos sobre el ecosistema, porque contribuiría a propagar la contaminación y sus efectos nocivos sobre la cadena trófica y la biodiversidad.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.

Si la situación de escasez es de origen natural, por falta de precipitaciones, y no por mala gestión o por abastecimiento desproporcionado, la gestión del agua en esas circunstancias de sequía no debería de producir una evolución marcada en el medio ambiente, a medio y largo plazo. No obstante, si las situaciones de escasez se tornan continuadas en el tiempo y de duración progresivamente creciente, por ejemplo como consecuencia del cambio climático, entonces la evolución del estado del medio ambiente sí podría verse afectado por la gestión del agua.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las **externalidades**, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso? ¿Hay diferentes precios según la calidad? ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?

Los precios se establecen generalmente según la cantidad de agua que se consume. La calidad no suele ser un criterio en el establecimiento de la tarifa. Hasta donde yo conozco, la experiencia es escasa.

En la ciudad de Málaga ha habido históricamente agua de mala calidad para abastecimiento urbano como consecuencia de la descarga de manantiales salinos a uno de los embalses que se utilizan con esta finalidad. La gestión del agua se ha hecho siempre mezclándola con aguas de mejor calidad, sin que ello tuviera reflejo en la factura del agua. En la actualidad este problema se ha mitigado con la construcción de una planta desalobradora, construida con fondos públicos. Esto tampoco ha tenido una repercusión directa en la factura del agua.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?

Hay una observación adicional que quiero hacer en relación con la facturación de las empresas gestoras de agua. Las empresas no suelen premiar el ahorro de agua y el consumo racional. Es más, cuando se produce una disminución del consumo y, por tanto, de la facturación, las empresas suelen aumentar las tarifas para enjugar los déficit presupuestarios.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-04

<b>Autoría</b>	José Miguel Andreu Rodes, Dr. en Geología Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universitat d'Alacant		<b>Siglas</b> JMAR
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Levante español	<b>Lugar</b> Vinalopó	<b>Cuestiones</b> 1.1; 1.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?.

Creo que en la Cuenca del Vinalopó sí hay minería, o al menos la hubo hace algún tiempo. Son varios los acuíferos que se explotaron de forma intensiva durante varias décadas y, a pesar de que en una gran parte su explotación se ha reducido considerablemente, no se ha conseguido que sus niveles se recuperen.

#### 1.1.2. ¿Qué **acuíferos** sufren explotación minera del agua subterránea?.

Actualmente no tengo información exhaustiva, si bien, acuíferos como Solana (antes parte del denominado Yecla–Villena–Benejama) y Crevillente, creo que todavía mantienen un balance desequilibrado, al igual que probablemente Peñarubia.

#### 1.1.3. ¿Qué **peso** tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

En aquellos acuíferos que siguen teniendo problemas su peso actual es alto, ya que, todavía no hay otros efluentes capaces de aportar esos volúmenes con el objeto de reducir la sobreexplotación. En principio, se pensaba que el trasvase Júcar–Vinalopó sería la solución.

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del **papel del agua subterránea** en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

En el Vinalopó el papel del agua subterránea ha sido fundamental, prácticamente todas las transformaciones históricas de terrenos de secano a cultivos intensivos de regadío de esta zona estuvieron basados en la explotación de las aguas subterráneas, ya que, no existía otro tipo de aguas. La calidad de las aguas era aceptable para casi todos los usos. Con el tiempo, y de forma general, tanto la cantidad

como la calidad de los recursos disminuyeron, por lo que el papel del agua subterránea ha disminuido, en muchos casos. Así se produjeron cambios en la procedencia del agua tanto para abastecimiento (sustituyendo el agua de pozo por aguas de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla) y en agricultura con el aprovechamiento de las aguas residuales.

#### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los **tiempos previsible de recuperación** del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a que nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.

Resulta bastante complejo establecer los tiempos, pero es seguro que desaturaciones de más de 200 m como las que en muchos acuíferos de la Cuenca del Vinalopó se han producido necesitarían varias décadas. La recarga en esta parte de la península es escasa, debido a lo poco que llueve, pero especialmente por su variabilidad. Hemos podido constatar en algunos ejemplos, en los que hemos hecho un seguimiento continuo en los últimos años, que en esta región existen años en que no se produce prácticamente recarga y otros en que es bastante elevada; sin embargo, estos últimos son mucho menos abundantes que los primeros.

#### 1.1.6. ¿Qué grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

Creo que han ido mejorando con el tiempo, pero todavía habría que mejorar más. En el caso concreto de la recarga, son muchos los ejemplos en que su estimación se basa únicamente en una sola metodología, y actualmente existen diferentes técnicas para su evaluación que podrían ser comparadas. En el caso de las extracciones, que podría suponerse que es más sencillo también resulta complejo conocerlas.

1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene **adecuado para conocer y evaluar el problema existente?**? ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?

Creo que no se dispone de un grado de conocimiento adecuado sobre los acuíferos de esta región. La información geológica requiere de una actualización. La delimitación y geometría de muchos de ellos no se ha revisado desde el PNIAS, efectuado en la década de los setenta. Considero que este aspecto es de especial importancia para poder cuantificar tanto la recarga como las reservas de los mismos. Por otro lado, el control las redes de piezometría y calidad de aguas son reducidas en muchos casos. En definitiva, sería recomendable un esfuerzo para mejorar la información de base, ya que de lo contrario, la aplicación de herramientas más sofisticadas no mejora los resultados.

1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el **destino del agua subterránea** (urbano, turístico, riego)?

A grandes rasgos a lo largo del tiempo se ha producido una reducción muy considerable de la demanda agrícola, la cual fue especialmente importante en la década de los años 90, debido al abandono de numerosas hectáreas de cultivo. Por su parte, la demanda de agua urbana-turística ha experimentado un crecimiento como consecuencia de propio crecimiento de la población y de la expansión turística costera. En este sentido, parte de los caudales bombeados en la Comarca del Vinalopó se exportan fuera de la comarca, especialmente hacia la parte costera del Alacantí. Es muy posible, que esta demanda en los últimos años esté también estabilizada, como consecuencia de la situación coyuntural por la que pasamos.

## 1.3. Aspectos ambientales

1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?

Las principales consecuencias en esta comarca ha sido el secado de numerosos manantiales y, por lo tanto, de la afección a pequeñas zonas húmedas y ambientes riparios asociados a los mismos, como consecuencia de las caída piezométricas. Como ejemplo más destacado, la laguna de Salinas quedó seca, al parecer por la pérdida de los aportes de los manantiales de los relieves que la bordean.

El propio río Vinalopó y su afluente Tarafa han reducido su caudal como consecuencia de la pérdida del agua procedente de manantiales. Realmente, no hay una estimación real de las consecuencias y de los daños ambientales. Todas estas afecciones se produjeron en la década de los años 60 y 70, en donde, tanto el estado de conocimiento como la sensibilidad con respecto al medio ambiente era muy diferente al actual.

1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?

La recuperación de las afecciones conllevaría la restitución de los acuíferos a una situación de régimen natural, lo cual lo veo improbable a corto plazo.

1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

Creo que no.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-05

<b>Autoría</b>	Ramón Aragón Rueda, Geólogo Instituto Geológico y Minero de España, Jefe de la Oficina en Murcia		<b>Siglas</b> RA
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Segura	1.1; 1.2; 1.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?. Valorarlo.

Efectivamente, en la cuenca del Segura existe minería del agua subterránea tal como se ha definido este concepto al inicio del presente Proyecto.

Hasta tal punto que incluso el propio Plan hidrológico de cuenca que acaba de ser aprobado por el Consejo Nacional del Agua en su reunión de 26/12/2013 deja muy claro que la única posibilidad de alcanzar los objetivos medioambientales de las MASub es la eliminación de la elevada sobreexplotación de las aguas subterráneas, y ello únicamente se consigue si el PHN contempla la aportación de nuevos recursos externos desde otras cuencas. Se proroga su cumplimiento para el año 2027 con objeto de poder asumir el elevado coste económico que supone para el Estado y los usuarios la realización de estas transferencias intercuenas.

En mi opinión todo esto plantea dos cuestiones: 1) ¿se seguirá manteniendo la sobreexplotación actual hasta 2027 con las repercusiones, entre otras, de impactos hidrológicos, químicos, ambientales, etc. que ello comporta? ¿Qué determinaciones adoptarán los planes de ordenación de los acuíferos declarados sobreexplotados, que normativamente tienen que realizarse en breve plazo? 2) ¿Y si el PHN no contempla los trasvases?.

Supongo, además, que la eliminación de la sobreexplotación tendrá prioridad en el caso de aquellas masas que tengan impactos más importantes, por lo que entiendo que no se debería dar un tratamiento igualitario para todas.

#### 1.1.2. ¿Qué acuíferos sufren explotación minería del agua subterránea?

En el Plan hidrológico de la cuenca del Segura están relacionados todos ellos, incluso con los índices de explotación calculados, además de ser tratados también en el Libro de la Sobreexplotación de la cuenca del Segura (Instituto Euromediterráneo del Agua, con la colaboración del IGME).

Básicamente son los situados en el Altiplano de Murcia, el valle del Guadalentín, la zona costera de Mazarrón–Águilas y algunos de la zona sur de la provincia de Albacete. Existen algunos otros casos puntuales como por ejemplo el “Triásico de Los Victorias” en el Campo de Cartagena.

#### 1.1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

En la mayoría de los casos el agua subterránea es prácticamente el único recurso disponible para el regadío, aunque en el valle del Guadalentín también se dispone del trasvase Tajo–Segura.

No creo cometer un gran error si estimo que el peso de la minería del agua subterránea en la disponibilidad de recursos subterráneos de agua es del orden del 50%.

Hay que tener en cuenta que la extracción de agua subterránea en esta cuenca se destina en su casi totalidad a regadío, pues el abastecimiento urbano e industrial está atendido por la Mancomunidad de los Canales del Taibilla.

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

Aunque existen referencias de hace más de cien años de perforaciones en el Campo de Cartagena para captación de agua subterránea, el papel verdaderamente importante se adquiere desde la década de los años sesenta del siglo pasado con el desarrollo de las bombas de elevación de agua en pozos y sondeos.

Se puede afirmar que al menos la mitad del regadío existente en la cuenca se mantiene con agua subterránea, pero esta proporción se eleva en gran medida en las épocas de sequía, tan frecuentes en esta zona (del orden de 3-4 años secos por década), pues a la escasez de recursos superficiales que se produce entonces hay que añadir la coincidencia climática en la cabecera de la cuenca del Tajo, desde donde parte el trasvase Tajo-Segura. En estos periodos casi el 100% de los recursos para regadío son de procedencia subterránea.

En cuanto a la calidad, hay que decir sin embargo que, excepto en la parte alta de la cuenca del Segura y en zonas de la media, donde la calidad del agua subterránea es excelente, en el resto de la cuenca, bien por motivos naturales o por explotación intensiva, las aguas son de contenido salino alto, con algunos problemas para su aplicación directa al regadío.

**1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a que nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.**

Como he comentado anteriormente y se indica en el Plan hidrológico y en el Libro de la Sobreexplotación, no es razonable a efectos prácticos plantear la recuperación total (entendida como alcanzar el estado natural anterior al inicio de la explotación) de los acuíferos que soportan minería de sus reservas, pues teniendo en cuenta el elevado volumen de agua extraído con respecto a su renovación anual durante tan largo período de tiempo (30-40 años) y la reducida tasa anual de recarga, el tiempo de recuperación superaría en la mayoría de los casos al de una generación humana.

Si se tiene en cuenta que el valor medio anual de la relación extracciones/recursos en la mayoría de los acuíferos más importantes de la cuenca que soportan minería del agua está comprendido entre 3 y 6, se podría estimar que se requeriría del orden de un siglo para su recuperación total. Estas cifras se incrementarían muy notablemente en los casos de Tobarra-Tedera-Pinilla y Pino (sur de Albacete) y de Ascoy-Sopalma (Altiplano de Murcia), en los que el valor de la tasa anterior se sitúa entre 15 y 30.

Una cuestión fundamental que habría que resolver es la del nivel de recuperación a alcanzar en cada acuífero.

En mi opinión, y dejando claro que cada caso debe ser objeto de un análisis integral, la regla general sería la de establecer una situación hidrodinámica que, en primer lugar detuviera el deterioro de su estado, y a continuación que permitiera suprimir los impactos negativos ocasionados, para, finalmente y si ello es posible, recuperar las funciones ecológicas en estado natural de funcionamiento.

**1.1.6. ¿Que grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.**

No se ha estudiado el grado de incertidumbre.

En mi opinión, la incertidumbre que tengan estos datos no afecta de manera significativa (a nivel de planificación y gestión de los recursos hídricos) a las conceptualizaciones y evaluaciones, pues se observa gran coherencia entre los valores estimados de recarga de los acuíferos, extracciones encuestadas, descargas medidas y evoluciones piezométricas e hidrométricas.

En algunos casos en los que se han llevado a cabo estudios de investigación (por ejemplo, tesis doctorales en el Campo de Cartagena) o ensayos experimentales (por ejemplo, ensayos por el IGME en parcelas de regadío en la Vega Media), se ha podido comprobar una adecuada similitud de resultados.

Ello no implica que no sea recomendable efectuar los análisis correspondientes para conocer la posible incidencia del grado de incertidumbre en la consideración de escenarios de toma de decisiones.

**1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.**

Teniendo en cuenta las matizaciones del concepto "adecuado", creo que el grado actual de conocimiento global es suficiente para la caracterización de la problemática existente, que queda reflejada en el documento de planificación "Esquema de Temas Importantes".

No obstante, existen lagunas y deficiencias de conocimiento que se indican en el Programa de Medidas del Plan hidrológico, para las que se ha programado el correspondiente plan de actuación.

Hay que dejar muy claro que se pueden diferenciar netamente dos campos de actuación: uno de ellos es el de la planificación hidrológica, para el que serían válidos los comentarios antes expuestos referentes al grado adecuado de conocimiento; el otro es el científico, en el que serían abordables muchas cuestiones que requieren de estudios de investigación detallados y complejos.

**1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.**

Mayoritariamente es para regadío, tanto para zonas regadas exclusivamente con aguas subterráneas como para complementar aquellas otras dotadas con aguas superficiales. En épocas de sequía las aguas subterráneas se constituyen casi en el único recurso existente.



El abastecimiento urbano y turístico se efectúa con los recursos que gestiona la Mancomunidad de Canales del Taibilla, que utiliza el trasvase Tajo-Segura, aguas de la cuenca del río Taibilla, aguas del río Segura, aguas marinas desaladas y, en muy poca medida, aguas subterráneas de unos pozos.

Como excepción se encuentran las localidades de Jumilla y Yecla, que se abastecen con aguas subterráneas, y algunos núcleos rurales pequeños de población diseminados en la cuenca.

## 1.2. Calidad del agua subterránea

**1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?**

En la costa, intrusión marina. En el interior, intrusión salina por lixiviación de sales de los bordes y muro de las formaciones acuíferas en los casos en que dichos límites los constituyan rocas con mayor o menor contenido de sales (facies Keuper, materiales margo-arcillosos con evaporitas del Mioceno, etc.).

El tratamiento consistiría en la reducción de la explotación y en la reordenación espacial de las captaciones.

**1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?. Comentarlos.**

En el Campo de Cartagena, mezcla de agua de diferentes niveles acuíferos en la vertical.

En el Alto Guadalentín, está muy documentada el aporte de CO<sub>2</sub> (y consiguiente aumento de algunos elementos químicos) procedente del sustrato metamórfico por descenso de la carga hidráulica.

En el Sinclinal de Calasparra, se ha producido en las épocas en que se han autorizado bombeos de emergencia por sequía la entrada al acuífero de las aguas circulantes por el río Segura, con el que existe una estrecha relación río/acuífero. Aunque no se ha detectado contaminación en los análisis efectuados por CHS, es evidente que en el caso de que sus aguas contuvieran un contaminante, el acuífero se vería afectado.

Teóricamente, también podrían contaminarse las aguas de los acuíferos cuando la extensión de los conos de bombeo alcanzase zonas con la presencia de focos de contaminación en superficie, pero esto requiere estudios puntuales para su confirmación.

**1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de **calidad** del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?.**

Como ya he comentado, el uso casi exclusivo del agua extraída de los acuíferos es para cubrir demandas agrícolas, por lo que los efectos consisten en su afición a los cultivos a los que se destinan y que son puestos de manifiesto continuamente por los agricultores: elevada salinidad y, también, inadecuados niveles de sodio.

**1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala **calidad** del agua subterránea, si es ese el caso?.**

Código de buenas prácticas; designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos. Aunque en realidad estas medidas son para la fertilización y abonado.

Lo más normal es que los agricultores traten de mezclar las aguas subterráneas de elevada salinidad con otras de mejor calidad (subterráneas, superficiales o del trasvase). También (sobre todo en el Campo de Cartagena) instalan plantas de tratamiento de estas aguas para disminución de sales por ósmosis inversa. Muchas de estas plantas no disponen de los permisos pertinentes.

## 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

En cuanto a los impactos ambientales generales me remito al documento adjunto que aporporto.

Su conocimiento más o menos detallado puede consultarse en el Plan hidrológico aunque su valoración económica es objeto de estudio por parte de CHS, si bien creo que todavía no se ha podido estimar.

Puntualmente existen estudios rigurosos de distintos departamentos universitarios que concretan las consecuencias ambientales en determinados acuíferos, como es el caso del Mar Menor/acuífero cuaternario del Campo de Cartagena y otras zonas húmedas y saladares.

Como caso curioso cabe mencionar el efecto “positivo” que tendría la explotación intensiva del acuífero sobre el Mar Menor, pues disminuirían las aportaciones de nutrientes procedentes de los cultivos de superficie, que al infiltrarse en el acuífero terminan descargando en la laguna por transferencia lateral subterránea, y de este modo se minimizaría el problema de eutrofización que presenta este humedal.

### 1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?

Como he comentado en apartados anteriores, los daños ambientales producidos por la reducción (e incluso anulación en muchos casos) de las aportaciones subterráneas a los cursos de agua superficial y ecosistemas serían recuperables en la medida en que fuera viable la recuperación de los niveles piezométricos, cuestión complicada en esta cuenca por la gran magnitud del descenso producido por el largo tiempo de explotación intensiva y los elevados volúmenes extraídos, como he indicado anteriormente.

La única solución para ello que se plantea en el Plan hidrológico es el trasvase de caudales externos a la cuenca y/o la reducción de la explotación, con el gran coste económico, social y laboral que ello implica.

Otra cuestión que apunto desde mi estricta opinión personal es la idoneidad o no de un modelo de desarrollo que se ha basado en unos recursos naturales insuficientes y que en modo alguno son sostenibles en el tiempo, que si bien ha generado una riqueza evidente habría que analizar su distribución y su aplicación a otros elementos productivos que diversificaran las fuentes de producción y contribuirían a disminuir la fragilidad y vulnerabilidad del sistema creado. ¿Podría incluso hablarse de una "burbuja" del regadío? Es una simple reflexión que hago como ciudadano que carece de los elementos suficientes para enjuiciarlo.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

Aunque existe un Plan de Sequías elaborado por CHS que establece los acuíferos a utilizar en caso de sequía y el volumen de extracción a obtener de los mismos, las especiales condiciones de esta cuenca (con déficit estructural de recursos) implican que incluso en ellos se produzcan afectaciones al medio ambiente como consecuencia de intensas explotaciones, siendo las más frecuentes la reducción de aportaciones al caudal de base de los ríos e incluso inversión del gradiente, si bien es cierto que debido precisamente a esa relación, la recuperación de niveles piezométricos se produce con rapidez cuando cesan los bombeos, por lo que no cabría de hablar de efectos permanentes en el medio ambiente.

Un caso singular sería el del acuífero de la Vega Media del Segura, donde como consecuencia de las extracciones se ha producido subsidencia del terreno con fenómenos de asientos diferenciales que han provocado numerosos daños a las infraestructuras, como está bien documentado en los estudios, publicaciones y artículos del IGME.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

#### 4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?

No tengo información suficiente al respecto, pues es un tema que compete a la CHS.

En mi opinión, las dificultades deben de proceder de la inaplicabilidad de ciertas normas a los usuarios que siguen conservando sus aguas en el régimen privado, además de que, en algunos casos, existen derechos reconocidos que superan los recursos de ciertos acuíferos.

#### 4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?.

En anteriores apartados he indicado que en el Plan hidrológico de la cuenca del Segura, aprobado por el Consejo Nacional del Agua en 26/12/2013 (y pendiente de su aprobación definitiva por el Consejo de Ministros) se ha considerado la vía de excepciones por daños y costes desproporcionados (y en el caso de la recuperación de la calidad química, por imposibilidad hidrogeológica natural de llevarla a cabo en menor plazo según las simulaciones que han realizado). Se establece que la única posibilidad de alcanzar los objetivos medioambientales en las MASub es la eliminación de la elevada sobreexplotación de las aguas subterráneas, y ello únicamente se consigue si el PHN contempla la aportación de nuevos recursos externos desde otras cuencas. Se prorroga su cumplimiento para el año 2027 con objeto de poder asumir el elevado coste económico que supone para el Estado y los usuarios la realización de estas transferencias intercuenas.

Por otro lado, no se han aprobado los planes de ordenación/planes de actuación de los acuíferos/masas de agua subterránea que han sido declarados sobreexplotados, incumplándose a este respecto la normativa vigente, lo cual es indicativo de la extrema dificultad de consensuar con todos los usuarios alguna posibilidad de actuación. Estas dificultades proceden básicamente de la inexistencia de fuentes alternativas de suministro para atender las necesidades creadas, así como de la dramática alternativa de reducción de la demanda (reducción de cultivos). Tampoco se ha contemplado la quizá inevitable (y probablemente necesaria, vistas las alternativas) a medio plazo reconversión del modelo productivo.

4.2.3. ¿Qué se hace de para **salvaguardar los beneficios** obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.

Creo que se hace bien poco.

Las posibilidades de intervención pública en un sistema de libre mercado que tienda hacia la eliminación de subvenciones (como parece que establece la Unión Europea) son reducidas. Como en todos los sectores de la sociedad, es básico el nivel educativo de los ciudadanos y su cultura empresarial, pues es evidente que la competitividad en el tema agrícola tiene que alcanzarse con la innovación de productos y en el desarrollo de una potente industria agroalimentaria. Es probable, no obstante, que algunos grandes productores inviertan en innovación de productos y métodos pero, en general, creo que se podría mejorar.

Es posible que lo más conveniente fuera la potenciación de instrumentos de mercado con un nivel adecuado de regulación pública.

4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con que apoyos?

En mi opinión, tiene voluntad. En cuanto a las posibilidades de reconducir la situación, ya se han comentado en apartados anteriores las extraordinarias dificultades existentes en esta cuenca con un déficit hídrico muy elevado y donde existe un grado muy alto de depuración y reutilización de aguas residuales, desalación de aguas salinas y salobres e incluso de reutilización de excedentes de regadío mediante el “reuso” de estos sobrantes en la vega baja del Segura.

4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?

4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?

Carezco de información respecto a estas dos cuestiones.

4.2.7. ¿Qué papel juega la **administración pública** ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?

Se lanzan campañas de concienciación y sensibilización social para incrementar el ahorro en el consumo de agua y se limitan los derechos de los regadíos.

En el Plan de actuación ante Sequías, elaborado por CHS, se especifican detalladamente los diferentes grados de actuación de la administración ante los distintos estados de déficit de recursos, escenarios que se establecen de acuerdo con unos índices de estado definidos para los sistemas cuenca, trasvase y general.

4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza** del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?

Mediante la implicación de los usuarios en la gestión de sus propios recursos. Ahora bien, este objetivo solo puede ser alcanzado mediante una adecuada educación de los usuarios, que abandonen los intereses individuales y comprendan que solo con un espíritu colectivo de intereses comunes podrán mantener su común fuente primordial de riqueza como es el acuífero del que se surten.

Todo esto es muy difícil de conseguir por el propio espíritu y carácter del ciudadano, por lo que la Administración debe elaborar unas reglas generales de gestión y protección de los recursos hídricos y fomentar el tanta veces proclamado y casi nunca alcanzado asociacionismo de usuarios.

Según se contempla en el Plan Hidrológico, se va a llevar a cabo un intento de participación y concertación social en el caso del establecimiento de los caudales ambientales en determinadas masas de agua.

4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser **muy diferidos**, de decenas de años?

Específicamente ante este hecho, creo que no se aplican instrumentos.

4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los **derechos legales** frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulativo de la calidad?.

Creo que en primer lugar debe primar la racionalidad, por lo que los derechos legales tendrían que adaptarse a los planes de ordenación de acuíferos sobreexplotados que la Administración hidráulica tiene que aprobar cuanto antes.

Desde el punto de vista jurídico, es de suponer que se plantearían problemas de prevalencia de normas legales que protegen, por un lado, los derechos concedidos, y por otro la capacidad de gestión de la Administración.

**4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios** de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?**

Es evidente que la información suficiente para responder a esta cuestión la tiene la CHS.

Creo que no están desarrolladas apenas estas asociaciones de usuarios, incluso en los numerosos acuíferos que han sido declarados sobreexplotados, en los que es obligatoria su constitución.

Su papel debería ser fundamental para la gobernanza del agua, como he comentado anteriormente, pero con un adecuado asesoramiento experto y la debida tutela de la Administración.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-06

<b>Autoría</b>	Adrián Baltanás, ICCP Ex-director general de Obras Hidráulicas, Ministerio de Medio Ambiente Ex-director general de AQUAMED		<b>Siglas</b> AB
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	General	Península y Levante español	2; 3; 4
<b>Comentarios</b>	Enfoque general		

### PLANTEAMIENTO

Debe hacerse constar, en primer lugar, que mi ámbito de actividad profesional ha sido fundamentalmente el de la planificación hidrológica y la gestión pública de infraestructuras hidráulicas, pero que carezco de experiencia directa en la gestión de sistemas acuíferos. Por ello, gracias a la flexibilidad con que está concebido el Proyecto MASE, entiendo que la aportación más útil que puedo hacer ha de plantearse en un ámbito general, tanto desde el punto de vista territorial como sectorial, y comenzando por el propio objetivo y contenido del Proyecto.

En la V3 de la memoria del Proyecto (4. Conceptos de soporte), se observa que “es muy difícil distinguir entre minería del agua subterránea propiamente dicha y efectos dinámicos asociados a la explotación intensiva de los acuíferos”, la habitualmente denominada “sobreexplotación”, que la indicada V3 considera “un concepto mal definido, con frecuencia teñido de de connotaciones negativas no siempre fundamentadas, y por lo tanto dudoso científicamente”.

Mi apreciación, efectivamente, es que, aunque podamos encontrarnos ante dos formas de aprovechamiento hidrogeológico teórica o científicamente diferentes –“minería del agua” y “explotación intensiva o sobreexplotación”–, puede decirse que los efectos prácticos, generalmente, son análogos en cuanto al uso del recurso, en cuanto a sus impactos y en cuanto a la normativa que regula todo ello. Tampoco hay que olvidar, por otro lado, que la mayor parte de las veces se recurre al término de sobreexplotación por pura economía expresiva en relación con unas estrategias hidrogeológicas que siempre tienen los efectos indicados.

Ésta es una de las dos bases sobre la que está concebida la presente nota; la otra tiene que ver con la tesis que el Proyecto MASE tiene como objetivo contrastar: si la minería o sobreexplotación hidrogeológicas, de acuerdo con la misma V3, se justifican –o no se justifican– por los “beneficios netos que permiten el desarrollo de las sociedades” y porque hacen “posible evolucionar hacia otros modos de aprovisionamiento hídrico y producción que hagan sosteni-

ble la situación”.

Esta disyuntiva –si la minería del agua está o no justificada en determinadas situaciones, que limito a las cuencas españolas– remite a dos tipos de consideraciones:

- Qué hubiera ocurrido en las zonas de influencia de acuíferos sobreexplotados o sometidos a explotación intensiva o minería –Levante, Canarias, La Mancha u otras– si no se hubieran establecido tales estrategias de aprovechamiento, y cómo hubiera afectado ello al desarrollo de esas zonas. Creo que este planteamiento ucrónico está muy sujeto a valoraciones subjetivas, sin perjuicio de las conclusiones objetivas que deban extraerse de la evolución de los sistemas acuíferos afectados.
- Cuál debe ser la actitud frente a la posibilidad de mantener o adoptar en otros acuíferos españoles ese tipo de estrategias de aprovechamiento intensivo, con el fin de no limitar el desarrollo de determinadas zonas.

Respecto a esta segunda cuestión, que sin duda es la de mayor interés, mi opinión es negativa. Dado nuestro nivel de desarrollo, me parece difícil admitir la existencia de territorios españoles cuyo crecimiento sostenible no pueda garantizarse mediante recursos hídricos que no provengan de un aprovechamiento intensivo de los sistemas acuíferos.

En efecto, por un lado, siempre podemos, desde luego, disponer de recursos sostenibles para garantizar las necesidades urbanas. Por otro, en cuanto a los consumos actuales de los sectores agrario, industrial u otros, que se abastecen con acuíferos en régimen de explotación intensiva, también tendremos alternativas sostenibles de suministro para aquellas actividades económicas que no sean inviables por el coste de los otros factores de producción o por la competencia del mercado. Y, finalmente, también resulta difícil imaginar que el crecimiento o desarrollo de alguna zona dependa exclusivamente de poner en explotación intensiva nuevos acuíferos, sin que existan recursos alternativos sostenibles para una actividad económica verdaderamente viable.

En consecuencia, creo que deben concentrarse los esfuerzos en recuperar los acuíferos ahora mismo sobreexplotados de acuerdo con los planteamientos de la Directiva Marco (DM) y restante normativa europea, de forma gradual y haciendo uso del amplio régimen de excepciones previsto a este respecto.

Análogamente, en las situaciones en que sean necesarios nuevos recursos hidrogeológicos para corregir desequilibrios actuales o atender a crecimientos justificados de la demanda, el aprovechamiento debe plantearse también con arreglo a los mismos principios. Naturalmente, ello no obsta para que España pueda impulsar cambios normativos que contribuyan a la flexibilidad de la normativa europea sin riesgo real para la sostenibilidad del recurso.

Las consideraciones o sugerencias que siguen deben entenderse pues en el sentido de avanzar hacia la consecución de estos objetivos. Son muy conocidas, pero no por ello deben dejar de reiterarse; la verdadera dificultad reside en llevarlas a cabo, y para ello se necesita sobre todo la voluntad política de hacerlo.

Por lo ya expuesto, en lo que sigue se utilizarán indistintamente los términos de sobreexplotación, explotación intensiva o minería del agua, a sabiendas de que responden a conceptos técnicamente diferentes, pero con resultados similares, en mi opinión, a efectos de la sostenibilidad hidrogeológica en nuestro país.

## **CONSIDERACIONES MÁS GENERALES PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD HIDROGEOLÓGICA**

### **1. Sobre la gestión pública del agua**

Antes que nada, no parece ocioso recordar un principio fundamental: el agua es un recurso básico para la sociedad, y por consiguiente deben ser los poderes públicos los que garanticen su disponibilidad y su protección, de acuerdo con nuestro sistema de distribución de competencias entre las tres Administraciones y con la participación pública y de los usuarios y la colaboración del sector privado en todo lo que no ponga en riesgo las garantías públicas de un bien tan esencial.

A este principio responde la ley de 1985 cuando integra en el dominio público todos los recursos hídricos, superficiales y subterráneos; y por ello, aunque con diversos vaivenes normativos, también el agua desalada se ha incorporado posteriormente al mismo dominio público.

La Administración Hidráulica –inter o intracomunitaria– tiene asignadas sin duda unas funciones especialmente relevantes en este marco legal, y por tanto creo que una medida general básica para mejorar la sostenibilidad hidrogeológica debe ser la reforma y refuerzo de dicha Administración, a fin de que disponga de todas las capacidades y medios requeridos por dichas funciones.

Por otra parte, las aguas subterráneas denominadas privadas constituyen una dificultad adicional para la gestión pública, en la que se dan dos situaciones distintas. De acuerdo con el régimen general, el aprovechamiento de estos recursos está regulado por unas disposiciones transitorias, al término de las cuales no existirá ya la titularidad privada; por ello creo conveniente adoptar cuantas iniciativas vayan dirigidas a la paulatina desaparición del régimen privado a favor del público, sin perjuicio lógicamente de respetar los derechos que procedan.

La situación de Canarias es distinta porque su legislación específica sobre aguas privadas no prevé la desaparición de éstas. Mi conocimiento de esta situación es muy limitado, por lo que no me parece oportuno opinar sobre ella; en consecuencia, todas las consideraciones que se hacen en la presente nota que puedan resultar contradictorias o incompatibles con la regulación de las aguas privadas en Canarias se entiende que no son de aplicación a esta Comunidad Autónoma.

Sin perjuicio de ello, creo que siempre será positivo que la Administración Hidráulica y el sector público en general amplíe su campo de actuación e influencia en la gestión del agua, por las mismas razones que en el resto de España.

### **2. Sobre la necesidad de un pacto del agua**

No es necesario insistir en este momento sobre la conflictividad social, económica, ambiental o política inherente a la gestión del agua en general y de los recursos subterráneos en particular. Muchas de las consideraciones hechas en esta nota son buena prueba de la misma.

Pienso por tanto que, en el pacto institucional para el agua que tantas veces se reclama desde muchas instancias, es imprescindible incluir cuestiones básicas relativas a la gestión del recurso, al régimen económico y a la Administración Hidráulica.

Sin un acuerdo en torno a este asunto, lo más amplio posible entre fuerzas políticas y administraciones públicas, me parece extraordinariamente difícil conseguir un aprovechamiento verdaderamente sostenible –social, económico y ambiental– de nuestros recursos hídricos.

### **CONSIDERACIONES TÉCNICAS, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

En este apartado se sigue el mismo orden de los capítulos generales que recoge el cuestionario del Proyecto MASE, sin mantener los epígrafes específicos de cada capítulo, pero haciendo referencia a gran parte de las cuestiones suscitadas en el cuestionario.

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### a) Importancia de los recursos subterráneos

Las aguas subterráneas procedentes de una explotación intensiva constituyen una parte importante de los recursos disponibles en las zonas de escasez hídrica. Por ello, la planificación hidrológica debe recoger las medidas para la recuperación de los acuíferos afectados, de forma gradual y acogiéndose a las excepciones establecidas por la DM para atenuar el impacto territorial que pueda generar el reequilibrio de los mismos. Estas medidas deben comportar por tanto la aportación de recursos alternativos sostenibles –del tipo que sean– siempre que se trate de usos urbanos; en cuanto a los sectoriales, será la viabilidad económica de cada caso la que decida sobre la continuidad de la actividad correspondiente y la aportación de nuevos recursos.

### b) Destino de las aguas subterráneas

Sin perjuicio de todo el casuismo existente, la tendencia en las zonas de escasez –que además debe ser fomentada– es a constituir sistemas de recursos cada vez más amplios, que atienden a diferentes tipos de demandas y en los que se integran recursos subterráneos, superficiales, reutilizados o desalados. Se puede conseguir así una mayor seguridad de suministro, unos costes del agua más distribuidos y unos precios de la misma más homogéneos.

### c) Conocimiento hidrogeológico

Dentro de las medidas de recuperación de acuíferos incluidas en la planificación hidrológica, los programas de investigación constituyen, obviamente, una necesidad prioritaria.

### d) Acuíferos salinizados

En aquellos acuíferos que, con arreglo a las previsiones de la DM, puedan resultar irre recuperables por salinización, existe la posibilidad de aprovecharlos mezclando sus recursos con agua desalada en función de la salinidad admisible por el uso correspondiente, siempre que ello no suponga un empeoramiento de la calidad del acuífero.

### e) Impactos ambientales

Es obvio que la explotación intensiva de acuíferos tiene impactos ambientales, entre ellos la reducción o anulación de las descargas naturales y zonas húmedas, la salinización y la contaminación química interna. Por ello, se insiste una vez más, las medidas de recuperación viables de acuerdo con la DM han de incluirse en la planificación hidrológica.

## 2. Cuestiones económicas

### a) Explotación intensiva y desarrollo económico

De lo ya expuesto en el Planteamiento de la presente nota, cabe extraer, en mi opinión, varias conclusiones sobre la relación entre explotación intensiva y desarrollo:

- A los efectos presentes, lo que interesa en el momento actual de la experiencia sobre los acuíferos que han sido sobreexplotados es, principalmente, cuál ha sido su evolución hidrogeológica y cuáles sus impactos sobre el medio natural.
- La influencia que hayan podido tener en el desarrollo de algunos territorios –que sin duda habrá sido positiva en más o menos casos, especialmente en los más atrasados– sólo tiene ahora un interés relativo de cara a plantearse de nuevo este tipo de estrategias hidrogeológicas, porque lo que parece muy improbable es la existencia actual en España de territorios cuyo desarrollo no sea posible por falta de recursos hídricos sostenibles.
- Por supuesto que la falta de agua puede limitar determinadas actividades económicas. La cuestión es que si, en un determinado territorio, una determinada actividad no puede soportar el coste de un suministro hídrico sostenible dicha actividad tampoco es sostenible, pero, dado el nivel de desarrollo alcanzado por España, vuelvo a insistir en que es difícil pensar que, debido a ello, dicho territorio no pueda desarrollarse.

### b) Precios y costes

Las consideraciones siguientes son especialmente de aplicación a las zonas con problemas importantes de escasez –como todas las seleccionadas por el Proyecto MASE–, pero son válidas para todo tipo de recursos:

- Por su naturaleza de bien básico, la Administración Hidráulica ha de regular de forma efectiva los precios del agua, situación de la que estamos muy alejados. Este objetivo debe alcanzarse más a través de sus funciones de control que como suministrador de recursos, lo que no significa ni que renuncie a sus fuentes actuales de suministro de cualquier tipo ni que en casos necesarios ponga en servicio nuevas fuentes.
- La planificación hidrológica y las Administraciones públicas deben garantizar –de acuerdo con las competencias de cada una– las necesidades urbanas de agua de calidad, mancomunando los servicios cuando sea necesario para conseguir economías de escala y precios suficientemente homogéneos.
- El agua es sin duda un factor limitante de determinadas actividades económicas, pero la viabilidad de éstas no depende normalmente de sus costes o precios, sino de otros factores de producción –como es el caso de la agricultura más productiva– o de los precios de la producción –el caso inverso de la agricultura más tradicional–.

–Es imprescindible llevar a la práctica el principio de recuperación de costes, que ahora no sólo es una mera declaración retórica en nuestra legislación sino incluso contradictoria con el régimen económico de la misma. Es un proceso –como el de la recuperación de acuíferos– que también debe hacerse de forma gradual y acogiéndose a las excepciones previstas por la DM.

–Lo anterior exige, obviamente, una reforma total de dicho régimen económico de la Ley de Aguas, que, con carácter de legislación básica, establezca las funciones de la Administración Hidráulica –inter e intracomunitaria– para el control de precios en el dominio público y en las aguas privadas, y regule la recuperación de costes en todas las actuaciones de las tres Administraciones relativas a los que la DM denomina servicios del agua.

– Los planes de prevención de sequías han de establecer los criterios de valoración con los que los usuarios prioritarios han de compensar a los concesionarios que vean limitados sus derechos, así como los correspondientes, en su caso, a las transacciones de aguas privadas.

#### c) Aspectos ambientales y de calidad

–Creo que los precios del agua no reflejan para nada las externalidades ambientales, porque tampoco hay nada que lo exija en la práctica, sólo la declaración retórica legal antes señalada. Es una razón más para urgir la reforma del régimen económico a que acabo de hacer referencia, que por otro lado, en este aspecto, tendrá la dificultad de regular de forma razonable y gradual el cálculo de los costes ambientales.

–Por supuesto que los precios del agua deben recoger el factor calidad, y así habría de regularse en la reiterada reforma de su régimen económico.

–En el caso, cada vez más frecuente, de mezcla de recursos distintos parece lógico que el control sanitario definitivo se haga sobre la mezcla resultante, por lo que la normativa debería modificarse para recoger estas situaciones.

#### d) Mercados

–Hay que diferenciar dos tipos de mercados: el de la cesión de derechos concesionales –referido a las transacciones de recursos concesionales de todo tipo– y el de las aguas subterráneas privadas.

–Creo que ambos tipos están bastante fuera de control. El segundo lo está por la propia naturaleza jurídica de las aguas privadas, y ya se ha subrayado en este sentido la conveniencia de que este régimen converja cuanto antes en todo lo posible con el régimen general de las aguas públicas.

–En cuanto al primer tipo de mercado, además, y muy especialmente en las zonas de escasez, se hacen transacciones ilegales de agua al margen de la normativa sobre cesión de derechos concesionales, cuyo alcance y localización no se conocen adecuadamente.

–En definitiva, la Administración Hidráulica tiene que de-

dicar un esfuerzo especial al conocimiento y control de ambos tipos de transacciones, y a la sanción de las hechas ilegalmente.

–Sin perjuicio de todo lo anterior, la normativa sobre cesión de derechos debe revisarse para impedir que sea un instrumento de especulación económica –que garantiza ingresos periódicos a título prácticamente gratuito– y para asegurar que la Administración Hidráulica controla efectivamente el proceso, todo lo cual deberá informar además los planes de prevención de sequías antes señalados.

### 3. Cuestiones sociales y éticas

–A estos efectos hay que distinguir entre los usuarios servicios urbanos, agricultores, industrias u otros–, las asociaciones –ecologistas, consumidores u otras– y la ciudadanía en general.

–Creo que la participación de todos ellos en la gestión del agua por parte de la Administración Pública debe ampliarse, profundizarse y hacerse más efectiva de acuerdo con las directrices de la DM, superando los planteamientos limitativos de nuestra legislación tradicional en la materia.

–Los titulares de aguas privadas siempre tienen la opción de incorporarse al régimen de usuarios concesionales; como ya se ha reiterado, cualquier iniciativa para facilitar este proceso debe ser bienvenida. Sobre la situación singular de Canarias, ya he indicado que mi conocimiento de la misma es muy limitado, pero que me parece positiva en principio la ampliación del ámbito público.

–La preocupación social por la protección de los recursos hídricos mejora muy lentamente, y con resultados a menudo contradictorios. Asuntos, entre otros, como el uso racional del agua, los impactos ambientales, las infraestructuras o la recuperación de costes son fundamentales para una gestión sostenible. Por ello, no sólo tienen que ser objeto de campañas de información pública, sino que tienen que estar presentes, desde la educación infantil, en todo el ciclo formativo de los futuros ciudadanos adultos.

### 4. Cuestiones legales y administrativas

#### a) Refuerzo de la Administración Hidráulica

Frente a la tendencia general de intentar corregir el funcionamiento defectuoso de las políticas públicas con reformas legales o nuevas leyes, creo que la gestión del agua puede ser el mejor ejemplo de que lo prioritario es, antes que nada, reforzar la Administración Hidráulica –inter e intracomunitaria–, renovar su organización con personal cualificado de todas las disciplinas, dotarla de los presupuestos necesarios –financiados entre cosas con la recuperación de costes de los servicios prestados– y emplearla intensivamente en el control, inspección y sanción de infracciones relativos a los aprovechamientos concesionales



y de aguas privadas y a las transacciones económicas correspondientes.

#### b) Comunidades de usuarios

Para corregir las situaciones de explotación intensiva de acuíferos, es asimismo prioritario dedicar todos los esfuerzos posibles a la constitución de comunidades de usuarios, que colaboren con la Administración Hidráulica en la elaboración de los planes de ordenación y en el control de su ejecución.

#### c) Regularización de aprovechamientos

Las irregularidades existentes en los aprovechamientos hidrogeológicos son de muy diferente naturaleza, desde las infracciones flagrantes a las situaciones de ilegalidad. Parece oportuno por tanto establecer un tratamiento diferenciado para tales irregularidades, efectivo para la sostenibilidad del acuífero y equitativo para la atribución de responsabilidades a los usuarios concesionales o titulares de aguas privadas.

#### d) Régimen de aguas privadas

A riesgo de reiterarme, insisto una vez más en la conveniencia de las iniciativas legales viables a favor de adelantar el final del régimen de aguas privadas o de ir haciéndolo convergente con el concesional –al margen del caso singular de Canarias–.

#### e) Sequías

La actuación de la Administración Hidráulica es particularmente importante en la gestión de las sequías, de acuerdo con lo establecido en los planes de prevención de las mismas, que deben actualizarse periódicamente y, por otra parte, incluir directrices para valorar las compensaciones económicas derivadas de los derechos intervenidos a concesionarios y titulares de aguas privadas.

#### f) Reforma del régimen económico

Como ya se ha subrayado anteriormente, es urgente reformar en profundidad el régimen económico de la Ley de Aguas, para conseguir una aplicación efectiva del principio de recuperación de costes en todos los que la DM denomina servicios del agua y para revisar las funciones de la Administración Hidráulica en el control de las cesiones concesionales y las transacciones de aguas privadas.

#### g) Simplificación procedimental

Creo muy conveniente hacer una revisión crítica de la legislación de aguas, especialmente la reglamentaria, con objeto de simplificar, al menos, los procedimientos concesionales y de titularidad privada y los sancionadores.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-07

<b>Autoría</b>	Julio Berbel, Dr. en Economía Universidad de Córdoba		<b>Siglas</b> JB
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Levante español	<b>Lugar</b> Almería	<b>Cuestiones</b> 2.1; 2.2; 2.3
<b>Comentarios</b>	Contiene información gráfica		

## 2. Cuestiones económicas

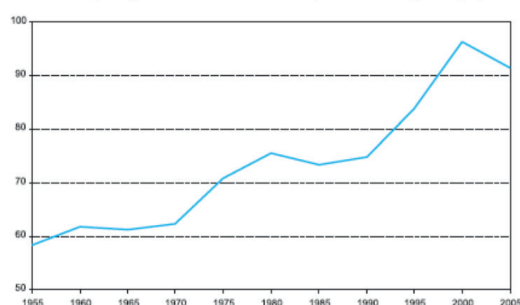
### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

#### 2.1.1.a ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un factor de progreso económico y bienestar?.

Entendemos por “minería del agua” la extracción continuada de un volumen agua de un acuífero superior a sus recursos medios renovables. Como consecuencia se produce un agotamiento progresivo de las reservas de agua que está relacionado con la sobreexplotación de acuíferos.

Para analizar las dimensiones económicas de este problema tomaremos Almería como ejemplo general y específico del Levante español vemos que la mayor parte de la provincia y su desarrollo se ha basado en la explotación de dos sectores: turismo y agricultura. No obstante en el caso de Almería, la provincia ha basado su crecimiento en la agricultura principalmente siendo la minería históricamente y el turismo más recientemente otras actividades relevantes aunque según todas las evidencias<sup>2</sup> la actividad motora del desarrollo ha sido la agricultura intensiva.

Evolución del PIB per cápita de Almería sobre el de España entre 1955 y 2005 (en porcentaje)



Ferraro y Aznar, U. C. (2008). El Distrito Agroindustrial de Almería. Cajamar

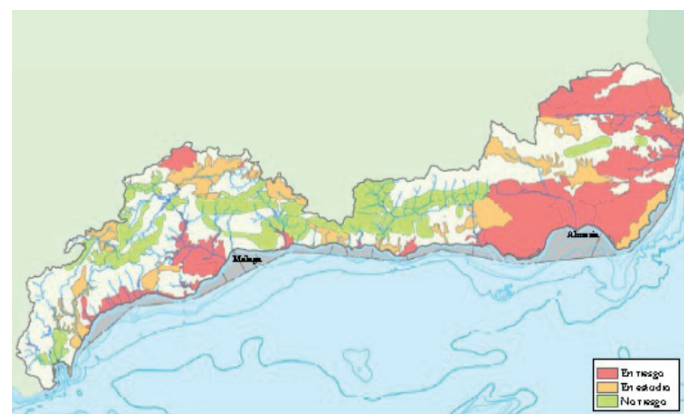
<sup>2</sup>García, F. J. C., Torrente, R. G., & Herrera, J. M. (2002). Claves para la interpretación del modelo económico almeriense basado en la agricultura de alto rendimiento. *Mediterráneo económico*, (2), 283-311.  
Herrera, J. M. (2003). El papel de la agricultura intensiva en la economía de la provincia de Almería. *Revista de humanidades y ciencias sociales*, (19), 13-38.  
Aznar-Sánchez, J. A., & Sánchez Picón, A. (2010). Innovación y distrito en torno a un “milagro”: la configuración del sistema productivo local de la agricultura intensiva en Almería. *Revista de historia industrial*, (42), 157-193.

La agricultura desde inicios de los 90 ha sido el vertebrador, creando eslabonamientos hacia atrás por ser muy intensiva en inputs, etc. y hacia adelante, generando actividad vinculada a la manipulación y comercialización de la producción hortícola (envases y embalajes, maquinaria de manipulación, transporte, etc.)

#### 2.1.1.b ¿Es sustentable?.

La alta competitividad del sector y las economías de escala y de tipo ‘clúster’ ha conducido a una mayor demanda de agua y desde la década de los 80 se puede decir que la explotación de acuíferos empieza a no ser sostenible

Fig. 2: Masas de agua subterránea en Demarcación Mediterránea Andaluza



Fuente: Junta de Andalucía. Agencia Andaluza del Agua. Informe sobre repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas.

([www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Estado\\_Y\\_Calidad\\_De\\_Los\\_Recursos\\_Naturales/Agua\\_Continetales/dma/previo\\_planificacion\\_cuenca\\_mediterraneo/repercusiones.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Agua_Continetales/dma/previo_planificacion_cuenca_mediterraneo/repercusiones.pdf))

Ejemplos de situaciones con sobreexplotación evidente pueden ser las que muestran las figuras siguientes de algunos acuíferos de Almería:

Fig. 3: Nivel piezométrico "Cubeta de El Saltador"

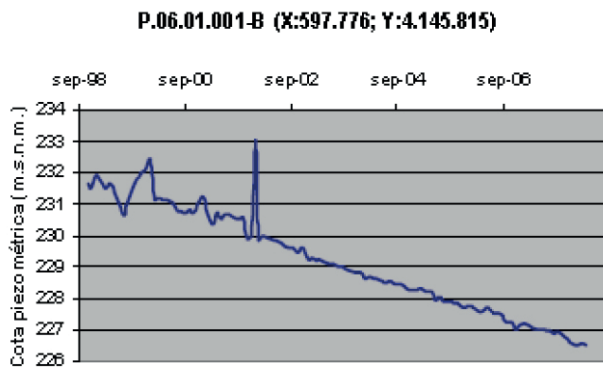
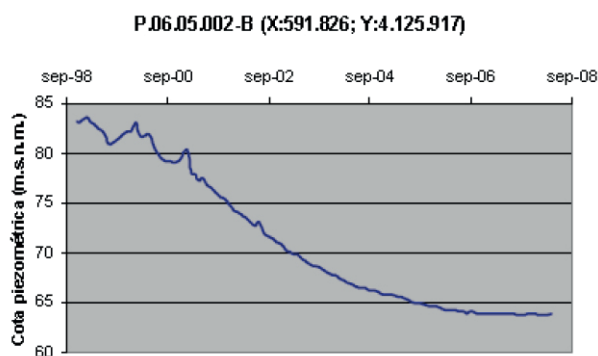


Fig. 4 Nivel piezométrico "Cubeta de Ballabona-Sierra Lisboa-Río Antas"



2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) estrangular el desarrollo y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

El coste del agua supone tan solo el 2,5% de los costes totales (ver tabla 1 a continuación). Así, el suministro hídrico se continúa realizando complementado con el aporte de los acuíferos naturales complementado por a partir de las desaladoras y depuradoras instaladas en la provincia.

Tabla 1: Resumen de costes de producción invernaderos en Almería

Gastos cultivo invernadero	2009-10	%	2010-11	%	2011-12	%
Gasto corriente						
Mano de obra	22.077	39,8%	22.541	40,0%	22744	40,2%
Semillas y plantones	4.523	8,2%	4.716	8,4%	4822	8,5%
Fertilizante	3.911	7,1%	3.973	7,0%	3925	6,9%
Fitosanitarios	3.257	5,9%	3.308	5,9%	3149	5,6%
<b>Agua</b>	<b>1.379</b>	<b>2,5%</b>	<b>1.429</b>	<b>2,5%</b>	<b>1448</b>	<b>2,6%</b>
Resto de insumos	7.015	12,7%	7.052	12,5%	7116	12,6%
<b>Total gastos corrientes</b>	<b>42.162</b>	<b>76,1%</b>	<b>43.019</b>	<b>76,3%</b>	<b>43.204</b>	<b>76,3%</b>
<b>Total gastos amortización</b>	<b>13255</b>	<b>23,9%</b>	<b>13.380</b>	<b>23,7%</b>	<b>13.443</b>	<b>23,7%</b>
Total gastos cultivo	55.417	100,0%	56.399	100,0%	56.647	100,0%

Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería Campaña 2011/2012". Cajamar. Almería. 2013

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un impulsor del desarrollo económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

Fig. 5. Evolución de la superficie de invernaderos. Producción y rendimiento por hectárea. Índice 1975=100

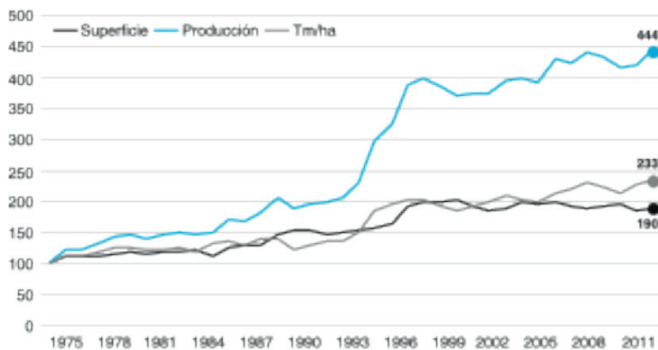
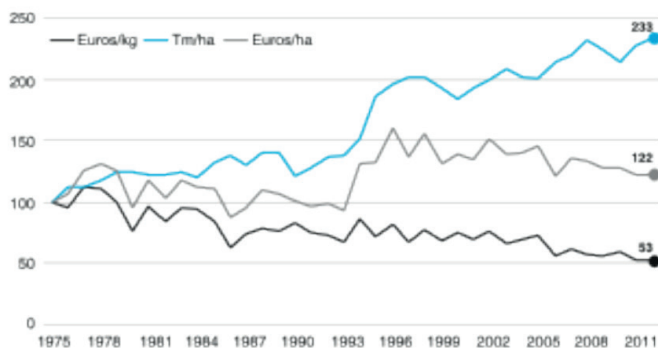


Fig. 6. Rendimientos y rentabilidad de la producción hortícola en términos medios. Índice 1975=100. Fundación Cajamar, 2013



Fuente: Fundación Cajamar "Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2011/2012". Cajamar. Almería. 2013

Puede verse que desde el año 1975 que se inicia la explotación masiva de los acuíferos el aumento de producción se compensa parcialmente con la bajada de precios aunque hay un aumento de la productividad en euros/ha. La renta del agricultor se ha mantenido gracias al aumento constante de la eficacia y la mejora del valor añadido de la producción.

2.1.4. ¿Cuál es el balance económico resultante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

La sobre-explotación de acuíferos en principio es un resultado de los problemas de gobernanza. Los agricultores del Levante usan en primer lugar las fuentes legales de agua; aguas superficiales, pozos con autorización administrativa, aguas residuales tratadas y si las tres primeras no son suficientes se recurre a desalación y aguas subterráneas no legales (sin autorización)<sup>3</sup>.

La administración responde a la sobreexplotación con un aumento de oferta:

- recursos superficiales propios (hasta el límite de las cuencas que ya no tienen más capacidad)
- recursos superficiales importados (trasvases intercuenas)
- aguas reutilizadas
- desaladoras

Pero este puede no ser suficiente para la demanda creciente o simplemente para cubrir el exceso de demanda.

Agotadas las tres primeras fuentes convencionales de recursos (superficiales propias de la cuenca, importación de otras cuencas y reutilización) solo queda la fuente no convencional e 'ilimitada' de la desalación. Pero el coste y la calidad del agua hacen que el uso de aguas subterráneas sea preferido por los regantes a esta fuente alternativa.

2.1.5. ¿Se ha considerado el valor del agua y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

Es frecuente por último emplear a productividad aparente del agua (margen neto/Consumo) como una aproximación al valor del agua este método puede sobrevalorar el recurso al asociar la productividad a este factor ignorando otros factores (gestión, tecnología, capital, etc). Desde el punto de vista más estricto el valor del agua subterránea puede estimarse por dos vías:

- a) Coste de una fuente alternativa, que en este caso dada la existencia de desaladoras se puede hacer igual al coste (no al precio) del agua desalada
- b) Valor del agua en cuanto a renta del recurso, es decir en la creación de valor del sector, ¿Cuánto le correspondería al 'factor agua'?. Un reciente estudio de la Universidad de Córdoba estimaba este valor en función del mercado de agua vinculado al trasvase Negratín-Almanzora en un valor cercano a 0,45 €/m<sup>3</sup> que sospechosamente coincide con el precio del agua desalada.

En resumen, un estimador del valor del agua en Almería puede estar entre 0,45 y 0,90/m<sup>3</sup> a la entrada del invernadero. No obstante este punto puede estar sometido a cierto debate.

<sup>3</sup>Gómez Gómez, C. M., & Pérez Blanco, C. D. (2012). Do drought management plans reduce drought risk?. A risk assessment model for a Mediterranean river basin. *Ecological Economics*, 76, 42-48.

### 2.1.6. ¿Qué papel juegan las subvenciones directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

La agricultura del Levante no tiene subvenciones directas significativas. Otro caso diferente puede ser la zona del La Mancha (Acuífero XXIII) con el maíz pero queda fuera del objeto de este análisis.

En cuanto a la subvención indirecta, podemos comentar lo siguiente:

- La horticultura y fruticultura del Levante y Mediterráneo español tiene una protección muy limitada en frontera ya que los acuerdos preferenciales con países terceros (Israel, Turquía, Marruecos, etc.) hacen que exista un cierto grado de competencia en los mercados europeos a donde se dirige la mayoría parte de la producción.
- Existen ayudas a la comercialización e industrialización y otras actividades (I+D y otras) pero estas tiene un peso mucho más reducido que en otros sectores europeos (olivar, cereales, ganadería).
- La extracción de agua subterránea no cuenta con ayudas ni subvenciones aunque existen ayudas al uso del agua desalada.

### 2.1.7. ¿Se considera el valor económico de las reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?.

No.

¿Es importante?.

Sí.

¿Cómo se puede tener en cuenta?.

Por la vía de controles estrictos de extracción, el precio no es el instrumento adecuado. Hay que usar métodos de gobernanza (constitución de comunidades de usuarios) y controles cuantitativos. Nos encontraríamos con el típico caso de la 'tragedia de los comunes'.

## 2.2. Precios del agua subterránea

### 2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el precio del agua al usuario que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

El agua es gratuita (régimen concesional) y que su precio viene dado por los costes de extracción, que sólo parcialmente están relacionados con su escasez.

\*Molle, F., & Berkoff, J. (2007). Irrigation water pricing: the gap between theory and practice [Vol. 4]. Cabi.  
Berbel, J. and J.A. Gómez-Limón (2000). The impact of water-pricing policy in Spain: An analysis of three irrigated areas, Agr. Water Manage., 43 (2), 219-238.

La tarificación (en mi opinión) no es el instrumento adecuado para control de extracción en zonas muy productivas. Muchos autores defiende que la demanda de agua en zonas que han llegado a estar sobre explotadas está relacionada con la alta rentabilidad del sistema por lo que el precio no sirve para controlar la extracción<sup>4</sup>. Cuando el agua tiene un valor marginal cercano a 1 euro/m<sup>3</sup>, no se puede plantear subir el precio del agua hasta ese nivel ya que eso implicaría que para que la demanda reaccione, se transfiere renta del agricultor a la administración, hasta el punto de afectar gravemente a la viabilidad de las explotaciones. No obstante, el hecho de que el precio no es el instrumento adecuado no quiere decir que no haya que usar instrumentos económicos. El agua subterránea debe pagar un canon que permita financiar la administración del agua en sus labores de vigilancia, control y en algunos casos asumir la unidad del ciclo hidrológico. Esto requiere una reforma legislativa.

### 2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el control de precios del agua al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

En mi opinión el papel de la administración del agua es de control administrativo. No creo que su papel sea la de suministrar agua a precios políticos que inevitablemente tienden a estar subvencionados (desaladoras pagan un 50%, canon de regulación en alta de aguas superficiales de CCHH pagan un 70% (muy variable este dato). Las aguas subterráneas no están sujetas a canon. Para evitar esto, el papel debe ser de control, y ese control es parte de los costes del recurso, de modo que debe existir una tasa que financie este servicio.

### 2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una limitación al desarrollo o son otros los reales limitantes actuales?.

El agua subterránea no tiene precio, es gratis. Lo que se paga es el coste de su captura y distribución (un 60-80% energía), y el resto otros conceptos. El precio se define como el resultado del equilibrio entre oferta y demanda, concepto que no existe en general en el agua en España con muy contadas excepciones que hay que tomar con mucha precaución.

¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

Existe una paradoja en la legislación española ya que los sectores industriales y urbanos tienen en el caso del agua superficial una prioridad tan elevada (99,8% de garantía) frente a los sectores agrarios que el mayor valor de la tasa que pagan (canon de regulación de 1:3 o de 1:4) en realidad es una subvención perversa del sector agrario al urbano-industrial. En el caso del agua subterránea, no existe precio público ni concepto homologable como el que se ha comentado para el agua superficial. En el caso de aguas

subterráneas, la garantía suele ser más alta para todos sus usuarios, y la regulación de las extracciones en años críticos (aplicación efectiva de la prioridad de usos) es mucho más complicada.

**2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?.**

El agua superficial en zonas costeras suele ser de mejor calidad y menor coste que el agua subterránea. Por tanto lo racional es agitar primero el recurso mejor (y más barato) antes de acudir al recurso subterráneo, más caro y de peor calidad.

**2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.**

El que dispone de agua propia no reconoce este hecho en las cuentas de explotación, ya que su propiedad se limita a un derecho administrativo sobre la 'cosa común' y aunque reduzca sus extracciones, esto no incide en el balance global de recursos hídricos de manera significativa. No es una decisión económica racional sino ética la que le obliga a respetar los derechos de uso de agua a lo legalmente y ambientalmente sostenible. El único valor que se refleja en la contabilidad es el coste de extracción, transporte y distribución que se compone de los gastos de energía, personal y otros conceptos pero no hay un precio del recurso propiamente dicho, que es gratis conceptualmente.

**2.2.6. ¿Qué precio/costes del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.**

El precio desde el punto de vista del concepto debe ser una consecuencia de los mercados que no existen de manera transparente ni con el volumen suficiente como para que las escasas transacciones disponibles reflejen un precio de mercado que tenga un sentido económico como indicador del valor del recurso. Hablaríamos de mercados bilaterales, locales y coyunturales. En cambio sí que existen datos de costes pagados por el agua servida, sobre todo cuando intervienen comunidades de regantes, que es una figura ampliamente extendida en la agricultura española y frecuente en las zonas de Levante. Una reciente encuesta de agricultores de Almería muestra los siguientes resultados en cuanto a coste pagados por el agua servida.

Tabla 2: Coste del agua en Almería (Oct 2012)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
€/ha_pago fijo	18	15,00	20,00	19,61	1,240
€/m <sup>3</sup> _tarifa volumetrica	44	0,22	0,47	0,41	0,060

Fuente: Castillo, Giannocaro y Berbel (2013) 'Análisis descriptivo de encuesta CAP-Trade'. Sin publicar. La media observada es de 41 cent/m<sup>3</sup> que es una figura muy semejante a las que citan otros autores

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.**

Los costes (no los precios) no reflejan ninguna externalidad, son costes exclusivamente privados y relacionados con energía y otros costes de extracción y transporte.

Efectivamente deberían reflejarlo, como mínimo los costes de control y vigilancia para hacer efectiva una mínima gobernanza del recurso.

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

Los agricultores discriminan por calidad, aunque esta puede no tener relación con el coste. Por ejemplo, el agua superficial puede ser más barata y a pesar de eso de mejor calidad que la subterránea desde el punto de vista químico. No se dispone de trabajos publicados que relacionen calidad y precio.

Existe un componente de la calidad de servicio que es la garantía de suministro, en este sentido si que hay trabajos que estiman el valor asociado a una mejora de la calidad de suministro pero esto no tiene una relación directa con la pregunta<sup>5</sup>.

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

Los agricultores discriminan por calidad, aunque esta puede no tener relación con el coste. Por ejemplo, el agua superficial puede ser más barata y a pesar de eso de mejor calidad que la subterránea desde el punto de vista químico. No se dispone de trabajos publicados que relacionen calidad y precio.

Existe un componente de la calidad de servicio que es la garantía de suministro, en este sentido si que hay trabajos que estiman el valor asociado a una mejora de la calidad de suministro pero esto no tiene una relación directa con la pregunta<sup>5</sup>.

**2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el coste/precio teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.**

En agricultura esto no se está reflejando.

<sup>5</sup>Rigby, D., Alcon, F., & Burton, M. (2010). Supply uncertainty and the economic value of irrigation water. *European Review of Agricultural Economics*, 37(1), 97-117.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-08

<b>Autoría</b>	Juan José Braojos Ruíz, Ing. Tec. Obras Públicas Hidrólogo jubilado, Consejo Insular de Aguas de Tenerife		<b>Siglas</b> JJB
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Canarias	<b>Lugar</b> Tenerife	<b>Cuestiones</b> 1.1
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea.

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea? Valorarla.

La explotación de las aguas subterráneas en las islas realizada mediante galerías y pozos (varios de ellos con galerías de fondo) ha conllevado en muchos casos la captación de recursos y reservas en una misma explotación.

Entendiendo pues por agua subterránea tanto la de reserva como los recursos y bajo el punto de vista estricto de la procedencia actual del total de los recursos hídricos, en todas las islas del Archipiélago puede afirmarse que existe minería del agua, aunque con matices.

En las islas de Tenerife, La Palma, Gran Canaria y El Hierro un gran porcentaje de los recursos hídricos disponibles proceden de las explotaciones de las aguas subterráneas.

En el resto de las islas –La Gomera, Fuerteventura y Lanzarote– el porcentaje es mucho menor por lo que la “minería del agua” apenas es representativa.

Otra cuestión es la actividad extractiva. Actualmente las labores para la extracción de aguas subterráneas están prácticamente paralizadas por lo que también puede afirmarse que, en la actualidad, la actividad en la minería del agua subterránea es muy baja en esta isla de Tenerife y prácticamente nula a escala insular.

#### 1.1.2. ¿Qué **acuíferos** sufren explotación minera del agua subterránea?.

Bajo la consideración de agua subterránea tanto la de reserva como la de recurso, en estos momentos cualquier tipo de acuífero insular está sufriendo explotación minera pues incluso el agua de bastantes acuíferos colgados que aportan únicamente recursos tiene salida al exterior a través de pequeñas galerías.

En lo relativo a las labores extractivas, la única actividad existente se localizaría en los acuíferos profundos, al menos en la isla de Tenerife.

#### 1.1.3. ¿Qué **peso** tiene la minería del agua en la **disponibilidad de recursos de agua**?.

En el cuadro siguiente se aportan las disponibilidades hidráulicas de la isla de Tenerife en 2010, clasificadas de acuerdo a la forma de su captación o producción.

De acuerdo a tales datos puede afirmarse que el 81% de la disponibilidad hídrica en Tenerife procede de explotaciones de aguas subterráneas asociadas a la minería del agua.

	<b>caudales (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>%</b>
galerías convencionales	101,87	51,6
galerías–pozo	0,76	0,4
pozos canarios	32,23	16,3
pozos sondeos	20,30	10,3
galerías–nacientes	4,79	2,4
manantiales	5,03	2,5
EDAM (desaladoras de a.m.)	21,16	10,7
aguas superficiales	2,03	1,0
reutilización a. depuradas	9,31	4,7
<b>TOTALES</b>	<b>197,48</b>	

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

Históricamente puede decirse que la minería del agua subterránea tuvo su inicio en la isla de Tenerife a mediados del siglo XIX, cuando varias "Sociedades de Investigación" perforaron en las inmediaciones de manaderos superficiales pequeñas galerías que no hicieron sino desplazar el lugar del alumbramiento sin lograr incrementos sustanciales de caudal. No obstante, su contribución a la oferta fue decisiva pues se puso en disponibilidad, mediante las conducciones precisas, caudales hasta esa fecha inaprovechables dada la lejanía e inaccesibilidad de algunos de sus manaderos de procedencia.

En 1900 se estima que el 75% del agua procedía de estas explotaciones. A partir de 1925–1930, fechas en las que tiene lugar realmente la explotación del acuífero basal, se alcanza el 95% manteniéndose ese porcentaje durante los años de la guerra y posguerra civil española. A partir de mediados de 1940 sigue incrementándose hasta alcanzar a finales de los años sesenta del pasado siglo el 98,6%, fechas éstas coincidentes con el máximo caudal de extracción en las explotaciones de aguas subterráneas: 7.000 L/s.

A partir de ese momento, el descenso del caudal conjunto de las explotaciones, la desalación de agua de mar, la reutilización de las aguas residuales depuradas y también aunque en mucha menor medida el incremento en el aprovechamiento de aguas superficiales han dado lugar a una disminución progresiva de dicho porcentaje, que en estos momentos se estima en el 80%.

El principal problema de la calidad de las aguas se deriva de la contaminación volcánica. A medida que van drenándose reservas, las galerías han de penetrar más y más en el subsuelo, alumbrando por tanto aguas vez más profundas, lo que significa, mayor contaminadas por el vulcanismo (es muy notoria, por ejemplo, la presencia de elevadas concentraciones  $\text{CO}_2$  o de flúor en ellas).

Un segundo problema de calidad es el producido por la intrusión marina que afecta a los pozos de acuíferos costeros. En tercer lugar, la contaminación de acuíferos debida al vertido en el subsuelo de efluentes humanos. Todo ello ha obligado a crear centros localizados –públicos y privados– para la desalinización de aguas subterráneas de baja calidad.

#### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y en qué circunstancias?. Comentarlo.

Probablemente, la completa recuperación de los niveles del acuífero basal solo puede contemplarse –si acaso– en

horizontes seculares. En las condiciones más favorables, tal vez se produciría hacia el año 2200 o 2300. Lo cual se afirma con base en los análisis del modelo matemático que dispone el CIATF. Véase lo que al respecto se dice en el informe de enero 2011 (a partir de su pág. 63) en el caso hipotético de completa paralización de las extracciones y en un supuesto de recarga máxima:

#### *Hipótesis de recarga máxima T (figura 4.15)*

- El comportamiento general es muy diferente al de la hipótesis de recarga mínima: los gráficos son más azulados, lo que indica que los niveles tienden a subir más que a bajar, porque la recarga media es parecida a la del pasado reciente y se eliminan las extracciones.
- Las variaciones de nivel son, en general, menores que en la hipótesis de recarga mínima.
- Hasta el año 2040 los niveles medios tienden a subir salvo en nueve sectores en que bajan. Probablemente se debe a la influencia de la anulación de las extracciones.
- Entre 2040 y 2100 los niveles en la Dorsal NE siguen subiendo mucho y un buen número de sectores del resto prácticamente se han estabilizado (en blanco). Sin embargo, en Cañadas y alrededores se producen descensos del orden de 20 m, porque la recarga es inferior a la del periodo histórico anterior a 2005 (ver gráfico superior derecho de la figura 3.5)
- Entre 2100 y 2150 siguen subiendo los sectores de la Dorsal NE y sus medianías y bajando los de Cañadas y alrededores.
- Entre 2150 y 2200 sigue la tendencia a subir en dicha Dorsal y Cañadas sube ligeramente probablemente como resultado del reajuste de los sectores circundantes. Los sectores que circundan Las Cañadas presentan aún descensos de 2 a 4 m.
- Por lo tanto, tampoco en este caso se han estabilizado los niveles, aunque se diferencia del anterior en que el número de sectores que continúan bajando es mucho menor, unos 10 frente a más de 20, y en general con menores descensos.
- En la hipótesis de recarga máxima el funcionamiento es diferente que en la mínima, porque la recarga media es parecida a la del periodo histórico de referencia 1976–07 (figura 3.5, gráfico superior derecho). Por lo tanto, los niveles tienden a subir como consecuencia de la anulación de las extracciones

Aunque cesara la explotación en la práctica nunca podrían recuperarse los primitivos niveles del acuífero pues éste es como un inmenso depósito en cuyas paredes se han practicado centenares de agujeros correspondientes a las galerías que han llegado hasta sus niveles saturados; agujeros prácticamente imposibles de cerrar en su totalidad.

Aunque en determinadas galerías actualmente en explotación de la isla de La Palma y de la de Tenerife se han llevado a cabo "cierres" con resultados positivos, tales operaciones habría que realizarlas en todas las galerías –



secas en la actualidad o con agua alumbrada– que tuvieron alumbramiento e incluso en algunas que no dispusieron de aquel pero que pudieran haberlo tenido si hubieran alcanzado la zona saturada antes de su abatimiento.

### 1.1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

En Tenerife se han llevado a cabo en estas últimas décadas inventarios de disponibilidades hidráulicas (apoyados en amplias campañas de aforos oficiales) casi todos los años.

Así pues, año a año se evalúan las aportaciones de todas y cada una de sus galerías, pozos y nacientes. El primer inventario de recursos hidráulicos de la isla arrancó en 1972, y desde entonces para acá se ha mantenido una actividad regular de seguimiento del estado de estos recursos y de sus obras de captación, un seguimiento que desde hace década y media se ha convertido en sistemático y de frecuencia prácticamente anual.

En cuanto a la infiltración efectiva o agua de recarga y restantes parámetros hidrológicos, se han estudiado con suma minuciosidad.

Así, por ejemplo, las evaluaciones de la infiltración efectiva se llevan a cabo mediante un modelo distribuido de la hidrología de superficie de la isla de Tenerife (MHSup)<sup>6</sup> que discretiza la isla en una malla compuesta por 51.645 celdas de 200 m • 200 m, relacionadas entre sí en función del camino que sigue el flujo de las aguas superficiales; el MHSup a su vez es la entrada del mencionado Modelo de Flujo Subterráneo (MFSUB).

Por tanto, puede confiarse razonablemente, al menos en la isla de Tenerife, en el grado de conocimiento de la hidrología general de la isla.

### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.

Sí. El grado de conocimiento que se tiene acerca de la situación hidrológica de la isla es adecuado para diagnosticar en general su problema de recursos hidráulicos, además de su evolución en un futuro a corto y medio plazo.

### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.

El cuadro de abajo proporciona una adecuada visión panorámica de la evolución a largo plazo del consumo insular de aguas blancas:

## CONSUMOS DE AGUAS BLANCAS (hm<sup>3</sup>/año)

	1974 (SPA-15)	1991 (PHTF)	2010 (balance)
agricultura	161	109,2	78,1
abasto urbano	41	62,7	74,9
turismo		14,1	18,1
industria	6	5,3	4,3
servicios			1,3
campos de golf			1,2
	208	191,3	177,9

Con respecto a los consumos de 1974, el abasto urbano incluía el turismo y los servicios. No se cuantificaron los consumos de campos de golf porque en aquellos años en la isla había sólo uno que además no se regaba o se regaba en escasa medida. Tampoco existían aprovechamientos de aguas depuradas.

En los datos del 2010, los datos relativos a servicios incluyen diferentes demandas (puertos, aeropuertos, instalaciones militares, riegos de jardines extraurbanos, consumos en grandes obras de infraestructura, etc.) que estrictamente no pueden clasificarse como urbanos, agrícolas o industriales. Como se ha dicho, en 1974 y 1990 estaban posiblemente incluidos dentro del abasto urbano. Ha de tenerse en cuenta en todo caso que 23,2 hm<sup>3</sup>/año de los consumos señalados en 2010, estaban cubiertos por aguas desaladas y superficiales. Tal como se tienen controlados los usos del agua en la isla sería posible –aunque trabajoso en extremo– separar los consumos que se sirven de caudales con este origen, y sería muy trabajoso porque comúnmente en la isla las aguas no van directamente desde su punto de obtención al de destino, sino que previamente pasan por canales en los que se mezclan caudales de distinto origen y con destinos diferentes.

Así que seguir a un caudal determinado en su recorrido por esos canales reclama no poco esfuerzo de análisis de datos. Debe entenderse, al respecto, que la superficie de isla está cubierta por una densa red de distribución de agua formada por varios centenares de canales y conducciones muy interconectados entre sí y con el sistema insular de embalses. A esta red vierten la mayoría de las obras de captación, y de ella se surten por lo general los consumos importantes y la mayoría de los menos importantes.

Para simplificar las cosas, por tanto, en el propósito de separar los consumos a cargo de aguas desaladas y superficiales, bastaría con suponer que estas segundas van preferentemente a agricultura (en una proporción del 80%) y aquellas primeras casi totalmente a consumos no agrícolas.

<sup>6</sup>La hidrología de superficie de la isla de Tenerife. Juan J. Braojos Ruiz. Febrero 2012

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-09

<b>Autoría</b>	Joan Corominas Masip, Ing. Agrónomo Ex-director de la Agencia Andaluza del Agua Ex-ingeniero de aguas del Instituto Andalucía de Reforma Agraria Col. Proyecto Guadalquivir-Plan Almonte Marismas		<b>Siglas</b> JC
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Andalucía	Guadalquivir y Almería	1.3; 2.1; 2.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico-hidrogeológicas

### 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

La ampliación de las redes de control que se han implementado durante el proceso del primer ciclo de planificación hidrológica han permitido conocer la situación de la mayor parte de los principales acuíferos: los que podrían entrar en la categoría de "uso intensivo" además de una disminución fuerte, y continuadamente creciente, de sus reservas presentan generalmente un deterioro de su calidad con importantes aumentos del contenido de nitratos en sus aguas; las descargas naturales han desaparecido, o mermado fuertemente, ocasionando cambios, con pérdida de biodiversidad y estrés, en los ecosistemas hídricos que de ellas dependían.

**1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.**

En muchos acuíferos los deterioros ambientales son difícilmente recuperables. Cuando el uso intensivo de los acuíferos va ligado a actividades agrarias de media o baja rentabilidad será prácticamente imposible una recuperación, y como mucho podrá aspirarse a mejoras en algún componente: calidad del agua, cambio en las pautas de extracción que permitan la mejora de algún ecosistema asociado.

En los acuíferos que abastezcan a sistemas urbanos, industria, turismo o agricultura intensiva si debería acometerse un plan de recuperación a medio plazo (15-20 años) substituyendo extracciones subterráneas por aportes de recursos no convencionales: aguas regeneradas y desalación.

**1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.**

El concepto de escasez siempre es relativo y dependiente de valores culturales, sociales, económicos y ambientales, teniendo su traducción en el sistema normativo y de gobernanza del agua de que se dote la sociedad.

En el modelo español de gestión del agua, desarrollado a lo largo del último siglo, el concepto de escasez ha justificado la minería de recursos hídricos, tanto superficiales (sequías económicas con inatención de demandas excesivas) como subterráneos en los que se ha producido la extracción minera en sentido estricto.

El deterioro de nuestros ríos y acuíferos ha sido patente (más o menos la mitad de las masas de agua de nuestros ríos, y en mayor medida de los acuíferos, no están en el buen estado requerido por la DMA).

El proceso de deterioro de las masas de agua es paralelo, y de parecido soporte de valores (quizás falta de ellos) que el producido con la especulación del suelo. La "burbuja del ladrillo" ha parado, al menos por el momento, esta, pero no sé qué evento catastrófico puede evitar la primera.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

En el desarrollo de la actividad económica intensiva del turismo y de la agricultura de regadío dedicada a la horto-fruticultura (de forma relevante en los invernaderos) el agua, especialmente la subterránea en el litoral, ha sido uno de los factores (sine qua non) que han permitido el desarrollo del modelo económico y de transformación del territorio. Como consecuencia ha aumentado muy rápidamente la producción de bienes económicos, el empleo, la población y la ocupación del suelo para actividades intensivas. Se ha conseguido mayor desarrollo económico, pero la "cultura de frontera" que ha propiciado se ha traducido con fuertes déficits de desarrollo social. Probablemente este modelo no será sustentable (por muchos más factores que la minería del agua), pero los objetivos de los agentes políticos, económicos y sociales, deberían preocuparse para introducir los cambios que permitieran reconducir el sistema hacia mayores cotas de sostenibilidad.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

El agua en la economía del levante español no es un factor limitante del desarrollo económico. Representa del orden del 0,5% de los costes del sector turístico y entre el 1,5 y 5% de la agricultura intensiva.

Aumentar el peso de nuevos recursos no convencionales sobre el mix actual de recursos hídricos, podría, como mucho, duplicar las tasas anteriores y sería asumible dentro de un proceso de mejora de la calidad de los bienes producidos, frente a la cantidad (tanto en turismo como en agricultura).

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

El agua subterránea sigue, y seguirá, jugando un papel importante en el desarrollo económico del levante mediterráneo y de las islas. Lo que se trata es de no matar la "gallina de los huevos de oro", disminuyendo paulatinamente la presión excesiva sobre los acuíferos, para lo que hay margen temporal suficiente para llevarlo a cabo en el modelo actual de minería.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** resultante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

El balance económico es positivo: el desarrollo de los territorios del litoral es evidente en las últimas 4 décadas, pero lo mismo no ha conseguido que la mayor parte de estos territorios hayan superado la media de renta "per cápita" española (modelos intensivos en mano de obra con escasa cualificación: turismo, agricultura y construcción).

Hay que valorar positivamente que en la actual crisis el turismo y la agricultura intensiva han acusado poco sus efectos, aunque el sector de la construcción (muy ligado al primero) haya tenido un desplome colosal.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

Como corresponde a un modelo minero el valor del agua se considera muy alto y con gran apetencia para apropiarse de ella, pero a la hora de fijar sus costes únicamente se señalan los de su extracción y distribución. No se traducen en valores económicos las externalidades ambientales, ni incluso los mayores costes futuros por aumento de la altura de bombeo consecuencia del descenso continuado de niveles.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Las subvenciones sobre los recursos hídricos en general son perversas, tanto para su asignación económica eficiente como para el medio ambiente. En el caso español las aguas subterráneas no tienen una subvención directa sobre sus costes de captación, pero tienen una subvención indirecta, difícil de justificar, de que no pagan ningún canon por la concesión del recurso (salvo en la ley andaluza) y por las externalidades de deterioro de las masas de agua que su extracción produce.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de la reservas de agua consumidas en el cómputo del **agua virtual** que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

Los análisis sobre el agua virtual son muy recientes (con valoraciones dispares según la literatura científica, muy ligadas a los efectos de la globalización de los mercados). En el cálculo de la Huella Hídrica y el Agua Virtual del conjunto de España (MARM, 2011) no se contempla el valor económico del agua virtual, ni superficial, ni subterránea. A diferencia, en la Huella Hídrica extendida del Guadalquivir (Fundación Botín, 2011) si se analiza el valor económico de la huella hídrica y del agua virtual. Es importante seguir ampliando, y mejorando, los estudios al respecto.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las **externalidades**, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?

Actualmente los costes del agua no reflejan las externalidades económicas y ambientales que producen su uso, al no existir normas que las contemplen, ni mercados que las internalicen.

Es uno de los retos urgentes para poder acercarnos al cumplimiento de las exigencias de buen estado de las masas de agua, a que nos emplaza la DMA, en el 2º horizonte de planificación (1915–1921).

El proceso de internalización de de las externalidades debe ser prudente, pero decidido. Los usuarios deberían verlo como una oportunidad de introducir mejoras en su producción y de futuro: los mercados turísticos y agrarios europeos son muy sensibles a la calidad ambiental.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.

Prácticamente no hay diferencias de precios del agua en relación a su calidad. Los precios están ligados a la regulación administrativa de cánones y tarifas, al origen del agua y a su coste de captación y distribución.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.

En algunas zonas de agricultura intensiva de Murcia y Almería en que es necesaria una calidad mínima del agua ligada al tipo de cultivos, los agricultores optan por adquirir recursos de mejor calidad y más caros (trasvases, agua desalada o pozos de mejor calidad) para mezclarlos hasta conseguir la calidad deseada.

En estos casos el coste del agua mezcla puede superar entre un 25–50% del coste del agua de mala calidad.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-10

<b>Autoría</b>	María Dolores De Miguel Departamento de Economía Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena		<b>Siglas</b> MDM
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Segura y Campo de Cartagena	2.2; 2.3; 3.3
<b>Comentarios</b>			

### ASPECTOS A TENER EN CUENTA

- Contexto enfocado al **uso intensivo** del agua subterránea tal que se produzca minería de recursos de agua de modo que en el mejor de los casos la vuelta a una situación similar a la inicial requiera al menos el transcurso de una generación humana. Esto subyace en todas las cuestiones aunque no se explicita.

El concepto de minería, que se trata en este apartado, es aquel que se entiende como el conjunto de instalaciones llevadas a cabo en un lugar para su explotación, con la finalidad de obtener un beneficio económico, con lo que lo relacionamos con la actividad económica.

En base a esta definición, estas aguas subterráneas pueden haber sufrido una extracción excesiva para diversos usos, como la agricultura, la industria, el abastecimiento urbano, el turismo, lo que genera una sobreexplotación y un posible agotamiento del acuífero.

La recuperación equivalente del volumen de agua extraído, en zonas donde la pluviometría es escasa y las temperaturas medias estivales son elevadas, no parece ser factible en una sola generación, es necesaria varias generaciones conscientes del deterioro que sufren estas masas de aguas. Pero también es cierto, que las aportaciones del recurso hídrico hacía estos acuíferos conllevan elementos que provocan contaminación de estas masas de aguas (salinidad, contaminación por nitratos, etc.) y el poder reutilizarlas sin perjuicio de la salud pública implica un alto coste, "o un coste desproporcionado" que la sociedad actual no puede afrontar.

En la zona del sureste español los acuíferos de Crevillente, de la Vega media y Baja del Segura, Cresta del gallo, Terciario de Torrevieja, Carrascoy, Campo de Cartagena, Triásico de las Victorias, Cabo Roig y La Navata, así como la Sierra de Cartagena, presentan diferentes grados de sobreexplotación, con niveles piezométricos descendentes, peligrando la sostenibilidad de estos acuíferos.

Debido por un lado, a la intrusión marina, especial en aquellos acuíferos próximos a la costa, que les hace inservibles en el futuro, y por otro lado, se añade la dificultad de extracción de un recurso con muy niveles muy bajos, lo que hace no solo económicamente insostenible sino técnicamente imposible.

- Que habiendo sido la puesta a disposición del agua subterránea el motor del desarrollo, **otros recursos de agua** también pueden haber jugado o juegan un papel importante.

Con la situación anteriormente expuesta, de sobreexplotación de los acuíferos, declarados en esta zona desde los años 80 por la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Segura.

El protagonismo se ha centrado en otras procedencia del recurso, como son: el agua procedente del Trasvase Tajo-Segura, las aguas superficiales, los embalses (en su función reguladora de almacenamiento de masas de aguas), siendo estas las principales fuentes del recurso, unido a otras fuentes como las reutilización de las aguas, residuales y desaladoras, que han cobrado especial relevancia en los momentos en los precios de los productos eran elevados y el coste de la energía no presentaba un obstáculo para su uso, en estos momentos de crisis estas fuentes están en un momento delicado.

- Que la disponibilidad de agua va asociada a afecciones **ambientales y territoriales**, y a demanda **energética**

La Directiva Marco del Agua, de obligado cumplimiento en los países miembros de la UE, rige en un marco de sostenibilidad de las masas de agua, cuyo objetivo principal es la protección y conservación de las masas de agua, y la vigilancia de las condiciones en las que se permite un deterioro temporal de dicho estado. Por lo tanto, el tema ambiental, con la dotación obligada de caudal ecológico, es un componente más y añadido a este reparto.

En esta zona árida del sureste español, las condiciones climatológicas son adecuadas para una agricultura intensiva, tanto al aire libre como en cultivo protegido, con una superficie de riego localizado que para la Región de Murcia se cifra en una tasa de regadío del 37,7% sobre superficie geográfica del 15,9% en 2013, y un 83,2 % de riego localizado (ESYRCE, 2013). Este riego localizado (riego por goteo) es un demandante importante de los recursos energéticos.

- Lo que se aporta puede corresponder a un **ámbito** local, territorial amplio y general, y eso ha de considerarse al establecer la aportación

La información que se aporta tiene un ámbito local, en algunos aspectos, sin embargo en otros la problemática se ha de extender a un territorio mas amplio como es el sureste español.

- En las contribuciones y/o respuestas considerar la evolución, estado actual y prospectiva.

No sé que es lo que se desea en esta pregunta

- En lo posible aportar y apoyar con **referencias, documentación** existente (si es posible adjuntarlas), **figuras y tablas**.

- Que aunque las cuestiones están agrupadas en **cuatro temáticas**, pueden hacer referencia a más de una y admiten **respuestas con enfoques diferentes**.

- Se busca una **visión personal e independiente**, no condicionada por otras influencias. Por eso pueden reunirse aportaciones con contenidos y orientaciones diversas e incluso contrapuestas

## 2. Cuestiones económicas

### 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

En esta zona del sureste español, al estar los acuíferos sobreexplotados, su extracción esta limitada, siendo el agua del trasvase, la principal fuente de suministro de agua al regante (además de las superficies, río, lluvias, se unen las de procedencia depuradas y desalinizadas). Esto genera que su uso sea gestionado por organizaciones tales como las Comunidades de Regantes, que son quienes fijan el precio del agua que le suministra al agricultor, que ha oscilado en función de la disponibilidad.

Si de asignación eficaz se trata, la fijación del precio se debería de estimar en función del cultivo que mayor mar-

gen le proporcione al empresario y sepa adaptarse a los problemas de escasez, es decir: si con la adopción de tecnologías ahorradoras de agua se obtiene ventajas comerciales, derivadas de aspectos tales como: adelanto de la producción, menores costes de producción, mejores calidades, todo ello, le proporcionara un mayor margen y por consiguiente un grado de eficacia.

De lo contrario si al agricultor se les sube los precios de los inputs (fertilizantes, abonos, energía, agua, precio de la mano de obra, etc.) y los precios de los productos obtenidos no alcanzan el valor suficiente para compensar todo lo desembolsado (bajado de los precios en los mercados), la situación comienza con un manejo marginal de al explotación y un posterior abandono.

2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el **control de precios del agua al consumidor**, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

El papel que un organismo, empresa o administración, pueda hacer al controlar el recurso hídrico a través de la fijación de un precio es fundamental, ahora bien esta fijación el precio ha de realizarse con cierta antelación para que el agricultor pueda llevar una adecuada planificación de sus cultivos, y con un sistema tarifario fijado en función del verdadero consumo, Ello conllevaría a una gestión mas sostenible.

En aquellas Comunidades de regantes en las que se ha llevado a cabo un control democrático de la gestión del agua, fijando una tarifa a la demanda, motivando a la implantación de técnicas y tecnologías ahorradoras de agua, buscando recursos financieros, acogiéndose a los planes de modernización del regadío (nacionales o regionales) no debe de tildarse de perturbador, es una realidad.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una **limitación al desarrollo** o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

No es solo el precio del agua el factor limitante, esto va unido a uso de la tecnología, un ejemplo claro lo tenemos en el sureste español con altos precios del recurso, pero muy tecnificado, ha permitido que el sector agrícola contribuya o ejerza un papel muy importante en la balanza comercial, manifestando valores positivos desde hace décadas, ocupando sus empresas exportadoras los primeros puestos en valor de sus productos.

El abastecimiento de la población es un objetivo prioritario, y quizás es el sector que menos afectado se ve, por esa obligatoriedad y por su percepción personal, al no sufrir escasez en su abastecimiento, el sector industrial y el turístico, la subida de precios lo internalizan en el bien o en el servicio, con lo que la afectación es transitoria.

Por lo tanto, es al sector agrario al que más le afecta una subida, que ha provocado un éxodo del campo a la ciudad.

**2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en que condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?.**

En las mismas condiciones que aquellos que no disponen de agua subterránea propia. Ya que cuando existe escasez permanente, no coyuntural, también quedan afectadas las aguas subterráneas, estas se han de controlar bien por el propietario o por el organismo competente, para que no se alcance un grado de deterioro inevitable.

**2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.**

Debería de hacerlo en sus componentes, por el costes variable que le supone el consumo de energía cuando realiza la extracción de agua, y los costes fijos por la pérdida de valor del equipamiento que ha necesitado para su puesta en funcionamiento, es decir las amortizaciones de la maquinaria y de las instalaciones, cuyo montante es elevado, y al no reflejarlo no indica el verdadero o coste real de la obtención de un producto.

**2.2.6. ¿Qué precio/costes del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.**

El precio varía mucho, según la zona, la disponibilidad, la procedencia, el año. Lo que si se conoce con más precisión es lo que el agricultor está dispuesto a pagar para tener una garantía de suministro del agua.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.**

En la actualidad el coste del agua no ha reflejado ninguna externalidad, se ha señalado anteriormente que este valor se debe al consumo de energía del transporte y de la extracción.

El precio del agua debe de cubrir los servicios, el control, la guardería, es decir reflejar el importe de todos los elementos que intervienen.

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

El agua procedente de depuración, su calidad está relacionada con los tratamientos, que en el caso de uso para agri-

cultura se ha de realizar un tratamiento terciario que tiene mayor coste de obtención. La desalación es otro caso en el la calidad que se obtiene en buena pero su precio es elevado, y con dependencia del consumo energético. Las otras fuentes como las superficiales, las del trasvase y las de pozo, al ser de menor precio, son las que va incorporando según disponibilidad el agricultor, pero en esta zona es frecuente que la explotación disponga de un balsa de riego en la que pueden mezclar el agua con diferentes procedencia y diferentes precios, de forma que la calidad sea adecuada y el precio como media de todas ellas, sea más bajo.

**2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el coste/precio teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.**

No se puede precisar esta vinculación, pero se conoce la preocupación por el ciudadano tiene de la repercusión en el producto de la salubridad del agua.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.3. Sensibilización pública

**3.3.1. ¿Qué grado de conocimiento y toma de conciencia tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?. ¿Cómo reacciona ante los mismos?.**

Es una cuestión que el ciudadano aún no está demasiado preocupado.

**3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un coste energético creciente?. ¿Qué actitud se tiene?.**

Se debe de asociar, al ser un tema que cada día afecta más a todos los ciudadanos.

**3.3.3. ¿Hay campañas de sensibilización pública a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?. Valorar lo realizado.**

No soy consciente de que haya campañas de sensibilización de un uso razonable del agua, con independencia del carácter público o privado del agua.

Sí que se mantiene la campaña desde la Consejería de Agricultura y Agua, de que "Agua para todos" como consecuencia de las restricciones de suministro del agua desde la cabecera del trasvase del Segura hacia la zonas regables, la anulación del trasvase del Ebro, de los largos periodos de sequía, que ha generado que esta zona del sureste español adopte tecnología y su tecnificación sea una de las altas de Europa.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-11

<b>Autoría</b>	Alberto Del Villar, Dr. en Economía Departamento de Economía, Universidad de Alcalá de Henares		<b>Siglas</b> ADV
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	General	Levante español	2.1; 2.2; 2.3; 2.4
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un factor de progreso económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

Si. No, a determinados niveles, se agota el acuífero y se acaba la actividad que sustenta.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) estrangular el desarrollo y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

Sí, es obvio que sin agua a precio reducido determinadas actividades no son financieramente sostenibles.

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un impulsor del desarrollo económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

No, hay factores que limitan su desarrollo, sobre todo energéticos.

2.1.4. ¿Cuál es el balance económico resultante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

Ha desarrollado ciertas zonas, pero sin favorecer alternativas. El problema es el modelo de desarrollo, basado en recursos a precios artificialmente bajos y que compiten con otras actividades.

2.1.5. ¿Se ha considerado el valor del agua y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

No, en principio el agua no tiene valor, son los servicios relacionados con el agua los que aportan el valor. Por medio de la imposición, un impuesto ambiental incorporaría una valoración del agua.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las subvenciones directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Condicionan las actividades y el desarrollo económico de ciertas regiones. Si se generalizan y prolongan en el tiempo no habrá alternativa, se generarán círculos de "rentistas" sobre el recurso y las actividades que los sustentan.

2.1.7. ¿Se considera el valor económico de la reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

Hasta el presente, el cómputo del agua virtual no ha sido trasladado del entorno académico (salvo algunos intentos poco exitosos). Yo, personalmente, discrepo de su importancia

### 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el precio del agua al usuario que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

El mercado libre (y que funciones como tal) valora un bien en función de su escasez (relación entre oferta y demanda). El agua no opera como mercado libre, es un monopolio natural. Luego, la escasez no tiene influencia en el precio per sé.



2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el control de precios del agua al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una limitación al desarrollo o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

En realidad son los costes los limitadores (energía). Sólo las actividades con mayor rentabilidad financiera pueden permitirse pagar precios más elevados.

2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.

Sólo incorpora en su cuenta de resultados el coste del servicio, en ningún caso el valor del agua.

2.2.6. ¿Qué precio/costes del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.

Sólo por los servicios, no por el recurso. Si existen economías de escala y costes de captación/extracción del recurso elevados.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.

En ninguna, sólo reflejan el coste de los servicios por su disponibilidad. Complejo, yo estoy a favor de un impuesto ambiental.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.

Sólo reflejan el **coste** de los servicios de su "disponibilidad", no de su calidad.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el coste/precio teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.

## 2.4. Mercados de agua

2.4.1. ¿Se están produciendo transferencias de agua entre usuarios a consecuencia de la escasez?. ¿En qué contexto y bajo qué circunstancias?.

Sí, hay oportunidades de rentas. Hasta ahora controladas pero satisfactorias tanto para el cedente (obtiene una renta sin utilizar el recurso) como para el receptor (su actividad genera un rendimiento elevado en relación al coste final del recurso empleado).

2.4.2. ¿En cuanto a posibles transferencias de agua, cómo afectan y se encuadran las economías del ofertante y del usuario?.

2.4.3. ¿Se trata de transacciones oficiales, extraoficiales o sumergidas?. ¿Mejoran el contexto de disponibilidad de agua?. ¿Con que implicaciones económicas?.

2.4.4. ¿Puede hablarse de la existencia práctica de mercados de agua?. ¿Son en régimen de transparencia y libre competencia?.

Si, en determinados casos. No son un ejemplo de ello.

2.4.5. ¿Qué se transfiere: asignaciones de agua, derechos de agua, propiedad de infraestructuras?. ¿Se hace permanentemente u ocasionalmente?.

Derechos de uso. En nuestro ordenamiento legal, sólo de forma ocasional, en caso contrario se pierde el derecho.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-12

<b>Autoría</b>	Diputación de Alicante, Servicio de Aguas: Luis Rodríguez Hernández, Miguel Fernández Mejuto y Juan Antonio Hernández Bravo		<b>Siglas</b> DA
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Cuenca del Vinalopó	1.1; 1.2; 1.3; 2.2; 3.2; 3.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

1.1.1. ¿**Existe** realmente minería del agua subterránea? Valorarlo.

Si. En el alto Vinalopó y medio Vinalopó se dan las condiciones definitorias expresadas en el preámbulo.

1.1.2. ¿Qué **acuíferos** sufren explotación minera del agua subterránea?

Jumilla–Villena, Peñarrubia, Serral–Salinas, Carrasquilla–Peña Chico–Puntal de los Carros–Loma del Higueral, Crevillente–Argallet y Quibas.

El acuífero Solana, a pesar de sufrir una explotación intensiva desde los años 60 y tener unos grandes descensos generalizados (del orden de 180 m) no se puede considerar estrictamente minería del agua, atendiendo a la definición dada anteriormente, ya que por la elevada extensión de sus afloramientos permeables si dejara de bombearse totalmente podría recuperarse en algo menos de una generación humana

1.1.3. ¿Qué **peso** tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?

El 39%

1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del **papel del agua** subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

En el Vinalopó la única agua disponible ha sido siempre de origen subterráneo

1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los **tiempos** previsibles de **recuperación** del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.

El tiempo de recuperación estaría comprendido entre 20 y 300 años según el acuífero, tanto en cantidad como en calidad, ya que esta únicamente se ha deteriorado en algún acuífero zonalmente y la afección se considera reversible.

1.1.6. ¿Qué grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?

Grado de incertidumbre variable, en general bajo. Respecto a la recarga, determinada en base a metodologías hidrometeorológicas convencionales, pero contrastando las tasas de infiltración resultantes con las obtenidas en acuíferos próximos con la misma geomorfología, donde se han podido determinar con mayor precisión por sus características y con los resultados de los modelos numéricos de simulación, la incertidumbre no es alta. Se supone un rango medio de error del orden del 10%, mayor en acuíferos claramente sobreexplotados.

Las extracciones históricas tienen mayor grado de incertidumbre, pero en los últimos 8 años se han conseguido series precisas con errores medios inferiores al 10 %.

El control de la evolución piezométrica ha sido exhaustivo y abarca un período muy amplio, por lo que no existe incertidumbre, ya que el error de las medidas es irrelevante. La incertidumbre no afecta de modo significativo a las conceptualizaciones y evaluaciones.

1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento **adecuado para conocer y evaluar el problema existente**?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?

El grado de conocimiento es adecuado y suficiente.

### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el **destino del agua subterránea** (urbano, turístico, riego)?.

La distribución de usos es la siguiente:

- Urbano (incluye industrias conectadas a la red y demanda turística)	33 %
- Industrial	2%
- Regadío	65%

El destino del agua apenas ha evolucionado. Hay una cierta disminución histórica del uso agrícola motivado por la propia sobreexplotación y del urbano al incorporarse algún municipio al sistema Taibilla.

Próximamente se espera una evolución drástica al sustituir agua subterránea de regadío por la procedente de la transferencia del Júcar y agua para abastecimiento exportada al L'Alacantí por agua desalada.

## 1.2. Calidad del agua subterránea

### 1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados?. ¿Cómo pueden tratarse?.

Se registran problemas sectoriales en 5 acuíferos debido a intrusión de origen Triásico. Se han afrontado trasladando captaciones (Jumilla-Villena sector Alicante), mezclando agua de distintos orígenes (Peñarrubia, sector Loma del Higueral, Quibas y Crevillente), e instalando potabilizadoras y sustituyendo la fuente de suministro para abastecimiento (Crevillente).

### 1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay **otros** problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?. Comentarlos.

No se han detectado.

### 1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de **calidad** del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?.

Fundamentalmente impotabilidad por exceso de cloruros y sulfatos.

### 1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para **paliar la mala calidad** del agua subterránea, si es ese el caso?.

Contestado en 1.2.1.

## 1.3. Aspectos ambientales

### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

La consecuencia más significativa ha sido la desnaturalización del río Vinalopó y el deterioro de su calidad. También ha influido en el secado de la Laguna de Salinas

### 1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

El daño ambiental citado no es recuperable ya que volver al régimen natural, con los acuíferos drenando por manantiales que constituían el caudal base del río, es imposible.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.

La comentada.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.2. Precios del agua subterránea

#### 2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

El coste del agua subterránea viene determinado, fundamentalmente, por el energético, ya que las infraestructuras hidráulicas se encuentran fuertemente subvencionadas. El futuro precio del agua transferida también se adivina subvencionado.

#### 2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el **control de precios del agua** al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

La cultura de la subvención, ampliamente extendida en el Estado, puede ser terriblemente perturbadora.

#### 2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una **limitación al desarrollo** o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

A todo el mundo le gusta que, si es posible, le regalen los bienes.

#### 2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en que condiciones de escasez y/o calidad acude a la **adquisición de agua** ofertada por un sistema público o privado?.

En general, si le resulta más barata y/o si puede especular con la restante.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el **coste real** del agua que utiliza, tanto el directo como el total?

Es de suponer que sí.

2.2.6. ¿Qué **precio/costes** del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.

### 3. Cuestiones sociales y éticas

#### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

3.2.1. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?.

Existen comunidades de usuarios de gran influencia.

3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor **asociacionismo** entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?.

Si

3.2.3. ¿Se consigue con el **asociacionismo**, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?.

Para conseguir eso lo que tiene que haber son expertos especialistas en Ingeniería hidráulica y planificación y gestión de recursos hídricos, independientemente de la forma de organización institucional. Lo que sí se controla mejor son las captaciones ilegales.

3.2.4. ¿Qué experiencia existe de **asociacionismo**, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.

3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la **Sociedad Civil** en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?.

3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?.

3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?.

No consideramos conveniente contestar a estas preguntas.

#### 3.3. Sensibilización pública

3.3.1. ¿Qué grado de **conocimiento** y **toma de conciencia** tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?. ¿Cómo reacciona ante los mismos?.

Existe un gran desconocimiento de la situación real, porque el asunto requiere de conocimientos que no están al alcance de la población y porque existen poderosos intereses asociados

3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un **coste energético** creciente?. ¿Qué actitud se tiene?.

Si, entre los usuarios.

3.3.3. ¿Hay campañas de **sensibilización pública** a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?.

Valorar lo realizado.

En asuntos tan especializados en los que es difícil transmitir a la sociedad los matices esenciales puede suceder que las campañas produzcan desinformación.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-13

<b>Autoría</b>	Patricia Domínguez Prats, Dr. Hidrogeología Instituto Geológico y Minero de España, Jefe de la Unidad en Almería		<b>Siglas</b> PD
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Campo de Dalías y Sierra de Gádor	1.1; 1.2; 1.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?

Con un criterio más abierto, si se considera que un acuífero costero pierde progresivamente una parte de sus reservas dulces (y de sus recursos renovables) sin recuperación previsible a largo plazo, puede considerarse sometido a minería del agua.

#### 1.1.2. ¿Qué acuíferos sufren explotación minería del agua subterránea?

Éste es el caso de los acuíferos inferiores del Campo de Dalías, en la mayor extensión de su zona de acumulación.

#### 1.1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad conjunta de recursos de agua?

Hasta este momento su explotación representa un 90% del abastecimiento de agua a las demandas de la zona.

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

Hasta la disponibilidad del agua regulada por el Embalse de Benívar (mediada la década de 1980) el agua subterránea abasteció el 100% (prácticamente) de las demandas. Desde entonces, el citado 90% de abastecimiento a las mismas.

#### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?

Esta previsión de tiempos no es fácil hacerla con precisión aceptable. Sería distinta según qué acuífero y zonas del mismo, siendo la recuperación de la calidad en el AIO y zonas confinadas del AIN (acuíferos inferior occidental e inferior noreste, respectivamente) la que podría tardar más de una generación, si es que llegara a producirse.

#### 1.1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?

La incertidumbre sobre la evaluación de la recarga en los acuíferos inferiores (los principales) es tan alta que, desde hace más de una década se desistió de tenerla en consideración, por su falta de fiabilidad. El más que probable trasvase subterráneo de recursos desde el Acuífero carbonatado del Alto Andarax al Campo –de difícil contraste– introduce un margen de error insalvable a la hora de establecer balances fiables. Las salidas por extracciones en cambio son aceptablemente conocidas (si se quiere).

#### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento que se tiene adecuado para evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer para solucionar las deficiencias de conocimiento?

El grado de conocimiento que se tiene, pese a las enormes dificultades de medios y apoyos disponibles, se consideró adecuado para conocer el problema existente. La evaluación del mismo ya es muy compleja, si se consideran las distintas perspectivas que, además de las hidrogeológicas, inciden en él.

#### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?

Del orden del 75% (aproximadamente) del agua requerida ha sido demandada por la agricultura –con tasas de las más bajas para este uso– siendo el resto para la población del Campo de Dalías y parte del abastecimiento a Almería capital (aunque lleva años terminada una Desaladora construida para esta última).

## 1.2. Calidad del agua subterránea

1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden abordarse?

El más limitante para el uso es el avance de mezclas con agua de mar hacia las zonas de explotación más deprimidas (en los dos acuíferos inferiores), tanto a través de procesos de intrusión que continúan activos (los más problemáticos) como por flujos de recarga hacia ellos desde las coberteras que contienen masas salobres provenientes de procesos de intrusión en décadas pasadas.

En términos muy generales, su tratamiento requeriría investigar (con medios suficientes para realizar sondeos mecánicos, registros geofísicos, con equipo adecuado, etc.) la situación actual de influencia del agua salada para acortarla y evaluarla; generar recursos dulces de sustitución de parte de los bombeos en los acuíferos inferiores (para invertir su tendencia de niveles descendentes) provenientes de la desalación, la regeneración y la complementación de bombeos en las coberteras; esta complementación es necesaria para evitar problemas de inundación de instalaciones agrícolas y urbanas en zonas deprimidas del terreno (surgidos como consecuencia del ascenso de niveles del agua por la sobretasa de recarga de los retornos de los usos) así como para minimizar las transferencias de flujos indeseables (por su calidad) desde algunos sectores de las mismas hacia los acuíferos inferiores.

El problema, que inicialmente era complejo, se ha ido acrecentando con el tiempo, así como la dificultad de sus soluciones. Siguen sus implicaciones socio-culturales, económicas, administrativas, etc. Tendrían que empezar a considerarse estos aspectos, como indican las legislaciones vigentes, objetos de atención por los responsables de su gestión, porque el divorcio entre agua subterránea y superficial sigue muy vivo en esta cuenca.

1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay **otros** problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?

Si los hay, derivados del uso en sus zonas libres, aunque tienden a mitigarse. Su incidencia en la sostenibilidad es incomparable al de la intrusión marina.

1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de **calidad** del agua subterránea existentes en el uso del agua?

Los problemas principales son los que implican la inutilización del agua para las demandas.

1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala **calidad** del agua subterránea, si es ese el caso?

Se llevan a cabo mezclas de aguas (de distintos acuíferos, de diferentes sectores de un mismo acuífero, con agua del Embalse de Benívar, según posibilidades).

## 1.3. Aspectos ambientales

1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

Las más visibles son la aparición de lagunas permanentes en zonas bajas del terreno (por ahora en excavaciones dentro de las mismas) por el ascenso del nivel piezométrico en el Acuífero Superior Central, consecuencia de la recarga complementaria al mismo mediante los retornos de los usos. El ejemplo más conocido ha sido el de la laguna de la Balsa del Sapo, convertida en un humedal artificial que sería conveniente conservar.

Este crecimiento continuo del nivel viene generando inundaciones en invernaderos y zonas bajas del núcleo de Las Norias, en el término de El Ejido, lo que ha sido muy tratado políticamente por distintos colectivos sociales.

### Comentario general

Falta de balances de agua para cuantificar el consumo de reservas, requerido por la definición de minería del agua. Tampoco se dispone (ni se dispondrá) de la relación tasa de intrusión / recarga, que también define la minería del agua en un acuífero costero. Parece pues que la "enfermedad" de los acuíferos del Campo de Dalías no se encuentra catalogada en la denominada minería del agua, aunque progresa hacia su final.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-14

<b>Autoría</b>	Antonio Embid Irujo, Dr. en Derecho Cat. De la Facultad de Derecho, Universidad de Zaragoza		<b>Siglas</b> AE
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	General	Levante español	3.2; 4.1; 4.2
<b>Comentarios</b>			

### 3. Cuestiones sociales y éticas

#### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

**3.2.1. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?.**

Hay una gran tradición en España de asociacionismo en relación al agua, sobre todo en relación al agua superficial y a los usos agrícolas. La fórmula de las Comunidades de Regantes –hoy Comunidades de Usuarios, en general– es, en general, bien aceptada y bien encaminada. Las Comunidades gozan de representación en los Organismos de cuenca y, usualmente, trabajan en relación muy estrecha con la Administración hídrica.

Sin embargo en relación al agua subterránea las fórmulas comunitarias de uso gozan de mucha menos tradición e implantación. El individualismo es mucho más fuerte y está favorecido porque las captaciones son, normalmente, individuales (los pozos) y dependientes del propio ingenio, coste e incentivo económico para el titular del pozo.

**3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor asociacionismo entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?.**

La teoría dice que así debería suceder, pero me da la impresión de que la práctica no siempre confirma la teoría aunque creo que se han dado algunos pasos en esa dirección en los últimos años. Precisamente uno de los efectos de que se de la sobreexplotación de acuíferos (la declaración de una masa de agua subterránea en riesgo) es la obligatoria constitución de comunidades de usuarios, con un papel relevante de la Administración hídrica. Pero si eso ha tenido que incorporarse a la norma jurídica es porque, usualmente, no sucedía así.

Si la pregunta se refiere también a la cooperación entre usuarios de agua superficial y de agua subterránea, se han dado pasos en ese sentido pero creo que la situación todavía es muy lejana de lo que se podría conseguir.

**3.2.3. ¿Se consigue con el asociacionismo, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?.**

Presupongo que la pregunta se refiere solamente a las aguas subterráneas. La teoría dice que sí y me parece que también, en general, cuando se produce ese asociacionismo se ahorran costes y, sobre todo, se propicia que no haya abusos en el uso de los derechos de los titulares individuales de los pozos o de los derechos de uso de agua subterránea.

**3.2.4. ¿Qué experiencia existe de asociacionismo, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.**

La experiencia de las Comunidades de Regantes es, como digo, antiquísima y creo que existen experiencias muy positivas. Sobre todo cuando las Comunidades alcanzan un determinado tamaño que las hace susceptibles de usar las nuevas tecnologías para el uso del agua. Sin embargo las Comunidades pequeñas llevan una vida lánguida y es muy difícil sacar de las mismas toda la rentabilidad que sería factible extraer.

En general en las aguas subterráneas podría haber mucha mayor colaboración también por parte de la Administración hídrica. Con Comunidades consolidadas y con mentalidad moderna, se podrían celebrar convenios que delegaran en las mismas determinadas facultades de la Administración hídrica.

3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la **Sociedad Civil** en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?.

El papel de la Sociedad Civil es capital. Una Administración hídrica perfecta –que no es el caso de España– y una Sociedad Civil que viva de espaldas al uso racional y sustentable del agua (y no sólo del agua) no conseguiría ningún objetivo. Las resistencias pasivas de esa sociedad civil acabarían venciendo a esa Administración perfecta que, al final, no dispondría de otro elemento que el represivo (sanciones, querrelas por delitos ecológicos) para poder actuar.

Las últimas actuaciones en algún lugar concreto (Plan Especial del Alto Gaudiana) miraban, precisamente, a incentivar la actuación transformadora y colaboradora de la Sociedad Civil más que a una política puramente represora. Lamentablemente la falta de recursos económicos ha concluido por paralizar esas actuaciones, hecho que se ha visto “compensado” por el largo período húmedo que se está atravesando, de tal forma que los inconvenientes de tal paralización no han aparecido todavía.

3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?.

Los primeros, obviamente, los usuarios. Pero de forma muy estrecha con ellos las representaciones políticas de la Administración no hídrica (Ayuntamientos, sustancialmente). Por supuesto la Universidad y, en general, los centros de investigación, que siempre deben estar sustentando intelectual y técnicamente las iniciativas de usuarios y representaciones políticas.

3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?.

El fundamental es la “apropiación” por determinados elementos representativos de esa Sociedad civil de la titularidad de las Comunidades de usuarios y muchas veces, y paralelamente, de los Ayuntamientos que se forman con los votos –entre otros– de los usuarios. En el ámbito del regadío, sobre todo, la comprensión de que el agua es un tesoro que hay que cuidar ha llegado mucho más tarde y con menos intensidad que en el ámbito de los usos urbanos o industriales.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.1. Aspectos jurídicos

4.1.1. ¿Qué **problemas jurídicos** plantea el actual uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea en cuanto a la disminución progresiva de reservas de agua y frecuente empeoramiento de su calidad?. ¿Cómo pueden abordarse?.

Este tema es bien conocido en el ámbito del derecho y goza de un ordenamiento jurídico bastante perfeccionado al menos desde la Ley de Aguas de 1985 y su desarrollo reglamentario, que es el momento en el que se regula por primera vez la técnica de la sobreexplotación de acuíferos, ahora regulada con otro nombre heredero de los planteamientos del derecho europeo.

El procedimiento es bastante complejo y ha dado lugar a pocos pronunciamientos.

4.1.2. ¿Disponen las autoridades de **instrumentos jurídicos** suficientes, adecuados y eficaces para encauzar el uso intensivo de las aguas subterráneas y las situaciones de minería del agua?. ¿Qué instrumentos son y cómo se aplican?.

Lo que en el documento MASE se llama “minería del agua” no cuenta con un reconocimiento explícito en el derecho español. Sin reforma creo que no se puede afrontar una “minería del agua”. En el actual derecho español eso sería ilegal e, incluso, podría ser susceptible de tratamiento dentro del Código Penal. Precisamente la legislación de minas ha reenviado a la legislación de aguas para el tratamiento de las aguas subterráneas y de su explotación. Eso quiere decir varias cosas pero, entre ellas, que siempre ha existido una preocupación por evitar un tratamiento de la explotación de las aguas subterráneas dentro de las técnicas mineras tradicionales que conducen, irremisiblemente, a su agotamiento, solo compensado en el caso de las aguas subterráneas porque son un recurso renovable, aun cuando la renovabilidad puede estar tan debajo de la tasa de extracción, que el resultado final sea el de la pérdida de la funcionalidad del acuífero.

4.1.3. ¿Deben ser los instrumentos jurídico-administrativos más **restrictivos** en cuanto al papel y actuación de los explotadores o por el contrario deben favorecer la **libre competencia** en un marco regulado?. ¿Existe esa regulación?. ¿Quién es o debería ser el regulador?.

Los instrumentos jurídicos son restrictivos en cuanto al papel y actuación de los explotadores. Las concesiones (o los títulos de propiedad) regulan los aprovechamientos que siempre tienen como límite el del mantenimiento de la funcionalidad del acuífero (de la masa de agua) lo que se expresaba con la técnica de la sobreexplotación.



En ese sentido el “regulador” es el Organismo de cuenca, que es quien otorga, modifica etc... las concesiones y quien puede poner en marcha el procedimiento para declarar una masa de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos ambientales.

No llego a entender a qué se refiere la pregunta con la expresión “libre competencia”. Los diferentes usuarios de un acuífero no funcionan en ningún caso en libre competencia sino dentro de lo que indiquen sus títulos jurídicos al aprovechamiento. No le veo sentido al planteamiento de la pregunta bajo el título de “libre competencia”.

**4.1.4. ¿Cómo se regulan o deberían regularse las relaciones entre las asociaciones de explotadores de agua subterránea y la administración del agua, considerando eficacia, protección de derechos razonables, limitación de situaciones de abuso o desaconsejables, conservación del medio ambiente y desarrollo económico y social?. ¿Cómo se acompañan o deberían acompañarse las diferentes visiones sectoriales y generales y los diversos intereses?.**

En tanto en cuanto no se regule la minería del agua, el papel de las asociaciones y, en general, el de todos los usuarios es el de velar por el mantenimiento de la funcionalidad del acuífero, lo que quiere decir que deben preocuparse por que las utilizaciones de cada usuario que forme parte de las asociaciones (comunidades) respeto el título respectivo. Ahora bien, al contrario de lo que sucede con las comunidades de agua superficial en las que la distribución del agua la suele hacer la comunidad, aquí es el titular de cada pozo el que extrae el agua...a no ser que se pacte la construcción de un pozo comunitario y el cierre de todos los pozos individuales. En todo caso parece necesario un convenio entre la Administración hídrica y la comunidad para que la primera le delegue el control del uso de los aprovechamientos, pues en caso contrario la asociación va a tener escasez de posibilidades de intervención. En todo caso la primera preocupación de la Administración hídrica sería que se constituyesen, efectivamente, comunidades de usuarios, cosa que no siempre sucede. O que su funcionamiento, aun existiendo, fuera efectivo.

**4.1.5. ¿Cómo se aborda legalmente y administrativamente la existencia práctica de mercados, comercio y transferencia de agua y derechos como posible herramienta para la gobernanza, cuando se trata de un bien demanial?.**

No hay inconveniente jurídico para la existencia de mercados aun cuando se trate de un bien de dominio público (por cierto, que no siempre el agua subterránea es un bien de dominio público, pues es allí donde perviven las titularidades privadas). Y ello porque no se comercia con el agua sino con los derechos de utilización del agua, y no hay ningún inconveniente jurídico insuperable para que éstos puedan ser objeto de transacción, se trata solamente de respetar el marco jurídico existente que, por lo demás, es relativamente sencillo y que, en todo caso, aun podría sim-

plificarse más si se adoptara como directriz política –que no parece haberse hecho todavía– la del favorecimiento de los mercados de derechos de uso de agua.

En todo caso llevamos un largo período húmedo lo que no ha animado, precisamente, a un debate profundo sobre estas cuestiones. Las recientes modificaciones de la legislación de mercados hechas en la Ley de evaluación ambiental parecen dar a entender que se quieren potenciar los mercados. Está por ver que ello vaya a suceder efectivamente.

## 4.2. Aspectos administrativos

**4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?.**

La verdad es que sería preferible que se enfrentara de lleno esta cuestión y se propiciara una unificación de régimen jurídico bajo el paraguas del dominio público. Todo lo demás es disfuncional y crea dificultades, sobre todo a la hora de la planificación administrativa, o a la de articular en los Organismos de cuenca la representatividad de los titulares.

Las polémicas han sido constantes porque la Administración hídrica –con independencia de colores políticos– siempre ha intentado, en la práctica, llevar a la extensión del dominio público o aplicar parámetros semejantes a las aguas privadas que a las públicas. Además y desde los prismas de la calidad de las aguas, no puede hacerse ninguna distinción entre ellas como bien se aprecia al consultar la normativa europea sobre aguas.

**4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la Directiva Marco del Agua europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?.**

Excepto los intentos –fallidos– del Plan Especial del Alto Guadiana, no tengo conocimiento de intentos sistemáticos de adecuación. Probablemente el gran retraso en la realización de la planificación hidrológica en España, adaptada a la DMA, es la causa de lo que indico.

En todo caso ahora ya se cuenta con un número apreciable de Planes hidrológicos de cuenca adecuados a la DMA y son de esperar realizaciones, bien que los Organismos de cuenca se encuentran otra vez, de lleno, metidos en la planificación “de verdad” que es la que debe hacerse con la fecha de referencia de 2015. Debo señalar otra vez –porque eso es característica del país– que el largo período húmedo en el que nos encontramos, no anima a llevar a cabo políticas específicas.

4.2.3. ¿Qué se hace de para **salvaguardar los beneficios** obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.

Ya he indicado con anterioridad la dificultad de tratar jurídicamente de la minería del agua subterránea, puesto que ello no está regulado jurídicamente. En todo caso cada vez veo con más pesimismo la capacidad de la Administración hídrica para intervenir activamente tanto en este ámbito como en cualquier otro. Para hacerlo con intensidad y con prolongación en el tiempo. A la tradicional falta de medios personales se ha unido en los últimos años la restricción que impone la crisis económica en las políticas de personal lo que creo que está siendo especialmente riguroso –y hasta cierto punto demoledor– en el ámbito de las Administraciones hídricas.

Para aplicar instrumentos de mercado también es necesaria una Administración fuerte; de otro estilo, pero fuerte. Es un sofisma pensar que en el mercado quien tiene protagonismo es la sociedad y que, por ello, la Administración es menos importante. En el ámbito de los recursos naturales y, sobre todo, del agua, la existencia del mercado precisa de una Administración hídrica muy bien dotada técnicamente.

4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con que apoyos?.

Minería del agua no existe jurídicamente reglamentada. En la práctica lo era la del Alto Guadiana para la que se pusieron muchos remedios todos ellos fracasados. El último período húmedo ha sido el mejor antídoto para la recuperación de las masas de agua subterránea, pero no sé lo que sucedería –aunque me lo imagino– si volviera un largo período seco.

4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?.

La Administración tiene que ser conocedora del coste de las transacciones que tienen lugar puesto que debe autorizarlas y, además, puede ejercitar el derecho de tanteo y retracto sobre los derechos de agua transmitidos.

Lo más curioso de todo es que es la propia Administración hídrica la que ha impulsado los mercados de derechos de uso de agua durante la sequía 2005–2009, sobre todo en el ámbito de los mercados inter-cuencas (trasvases),

creando una legislación ad hoc que ha permitido salvar los inconvenientes y restricciones jurídicas que tenía la regulación de las transacciones existentes en ese momento. Ahora bien, la nueva normatividad creada lo ha sido para ese período 2005–2009. Ahora se ha creado una distinta por medio de la Ley de evaluación ambiental, también en la vía de la simplificación de trámites pero tardará tiempo en ser aplicada si perviven las actuales circunstancias de período húmedo.

Lamentablemente no se conoce –al menos públicamente– un estudio de las externalidades y de los efectos económicos de las transacciones que tuvieron lugar durante el período 2005–2009. Lo que puede decirse, simplemente, es que el ordenamiento jurídico existente es muy elemental a la hora de prevenir tales externalidades (negativas), sobre todo en el caso de las ambientales.

4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.

El derecho no usa la palabra “precio” sino “compensación”, lo que ya da idea de que no se pretende tener un mercado enteramente libre sino regulado o intervenido. En todo caso y aunque la regulación jurídica permitía a la Administración la fijación de precios máximos y mínimos (lo compensaciones máximas y mínimas) de los contratos que se suscribieran, la Administración no ha llevado a cabo tal tarea, de tal forma que ha dejado en libertad a los particulares. Incluso y para favorecer más el lucro económico privado, ha facilitado el paso de los caudales cedidos a través de las infraestructuras de titularidad del Estado, sin pagar los peajes correspondientes. Todo ello pertenece al “derecho de la sequía” y ésta siempre ha sido mala consejera a la hora de adoptar decisiones normativas razonables.

4.2.7. ¿Qué papel juega la **administración pública** ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?.

Como he indicado en mi respuesta a alguna pregunta anterior, paradójicamente ha sido la misma Administración hídrica quien ha potenciado las transacciones en la sequía 2005–2009, lo que da idea de un reparto práctico de papeles entre Administración y sociedad que no siempre responde a los repartos teóricos que debieran existir. Creo que eso continuará sucediendo, sobre todo por el papel imprescindible de las infraestructuras (públicas) para el transporte de los caudales transaccionados; la sociedad nunca va a poder construir esas infraestructuras porque su rentabilidad sería mínima o nula. También lo es en el caso de las públicas, pero los presupuestos públicos han sido hasta ahora (no sabemos si lo seguirán siendo) una fuente inagotable de recursos para solucionar problemas teóricos o prácticos. En todo caso y en el ámbito de lo económico,

creo que es más que razonable pensar en que la Administración no va a poder comportarse en el futuro como lo ha hecho hasta ahora y que, por tanto, el protagonismo (y los costes consiguientes) de la sociedad, serán mucho mayores en todo lo que se refiera a la política del agua. Ello puede tener –espero que así sea– una consecuencia benéfica en el ámbito de la eficiencia para la gestión del recurso hídrico.

#### 4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza** del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.

Creo que la sociedad ha comprendido ya (al menos en buena parte) que los tiempos de las previsiones de grandes transformaciones agrarias o industriales basadas en un agua de coste minúsculo, han pasado. Y empieza a comprender también que el agotamiento de los recursos hídricos, es malo para todos, y los primeros que van a sufrir de esos inconvenientes son los propios usuarios. En ese sentido creo, sobre todo, en las virtualidades de la aplicación del principio de recuperación de costes que hoy formula nuestro derecho (en herencia de la DMA) como algo imprescindible para hacer más racional el uso del agua.

#### 4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser **muy diferidos**, de decenas de años?.

De nuevo deben recordarse las técnicas de sobreexplotación de acuíferos (declaración de masas de agua en riesgo de no cumplir los objetivos ambientales) y de los planes subsiguientes para la recuperación de los acuíferos. Se tiene poca experiencia –creo– en las virtualidades de dichos planes y de las técnicas que en ellos se contienen. Creo que todavía no se ha inventado nada mejor que el recorte de los caudales a utilizar que pueden, eso sí, ser combinados con técnicas de mercado, contando siempre con la actitud vigilante de la Administración hídrica en estas cuestiones sensibles.

#### 4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los **derechos legales** frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulativo de la calidad?.

En una situación de explotación intensiva según nuestro derecho los “derechos legales” ceden y los planes que se aprueban fijan topes máximos de caudal a utilizar, cuando no llegan, incluso, a prohibir su utilización. Una regulación novedosa sobre minería del agua subterránea podría variar lo que se está diciendo y permitir –en función de condiciones económicas– la pervivencia de determinadas utilidades. Eso sí, en el estado actual de la legislación, deberían vencerse obstáculos ambientales indudables.

#### 4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios** de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.

Ya he respondido anteriormente pero lo vuelvo a hacer. El papel de los usuarios es fundamental, insustituible. Con usuarios preocupados por la conservación de los recursos, estos se conservarán; con usuarios dedicados a la explotación del recurso sin referencias económicas (los precios del agua, excluidos los de la electricidad, son ridículos por no decir de coste cero en el caso del agua subterránea en la mayor parte de las ocasiones), el fracaso de cualquier política está asegurado. La consecuencia es la necesidad de potenciar el asociacionismo, venciendo las, a veces, resistencias de los propios usuarios (de aguas subterráneas) a ello. No hay otra solución.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-15

<b>Autoría</b>	Equipo Expertos Júcar		<b>Siglas</b> EEJ
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Vinalopó	1.1; 1.3; 4.2
<b>Comentarios</b>	Análisis de la situación		

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

1.1.1. ¿**Existe** realmente minería del agua subterránea?. Valorarlo.

Si, a pesar de que no resulta fácil separar los descensos piezométricos cíclicos asociados a periodos de lluvias menores de la media, ya que estos periodos pueden ser de varios años en la zona mediterránea.

1.1.2. ¿Qué **acuíferos** sufren explotación minería del agua subterránea?.

En el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar el ejemplo más claro son las masas de agua subterránea del Alto y Medio Vinalopó.

1.1.3. ¿Qué **peso** tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

En el sistema de explotación Vinalopó–Alacantí la actual propuesta del Plan Hidrológico de cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (PHJ), [http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/PHJ\\_Normativa\\_27marzo.pdf](http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/PHJ_Normativa_27marzo.pdf) estima un uso de 113 hm<sup>3</sup>/año, frente a unos recursos disponibles de solo 48 hm<sup>3</sup>/año, lo que da una idea de la importancia que la minería del agua tiene en la zona.

1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del **papel del agua** subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

En el sistema de explotación Vinalopó–Alacantí las aguas subterráneas han sido prácticamente el único recurso existente, además con una buena calidad especialmente en el Alto Vinalopó, dada la escasez de recursos superficiales con una elevada conductividad natural.

1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los **tiempos** previsibles de **recuperación** del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?.Comentarlo.

No hay estudios recientes que estimen de forma sistemática la pérdida de reservas desde el inicio de la explotación de las aguas subterráneas, pero la existencia de zonas húmedas catalogadas en el Alto Vinalopó (Laguna y Saleros de Villena y Laguna de Salinas, mediante Resolución de 9 de marzo de 2011, de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, por la que se incluyen en el Inventario Español de Zonas Húmedas 48 humedales de la Comunitat Valenciana) parece indicar la existencia histórica de niveles freáticos someros. Dado que la profundidad actual es superior a los 150 metros será muy problemático conseguir nuevamente una conexión entre los sistemas superficial y subterráneo. Es indicativo del proceso de minería existente desde hace tiempo, la celebración en el año 2007 del centenario de la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante,

<http://vinalopodigital.net/vinalopo/modules/news/article.php?storyid=550> que con un canal de 56 kms de longitud todavía conduce los recursos subterráneos del Alto Vinalopó al Medio Vinalopó y al Alacantí.

1.1.6. ¿Qué grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

No se han realizado estudios específicos sobre las incertidumbres de los parámetros esenciales. Entre ellos faltaría citar los flujos laterales ya que la conceptualización de las masas de agua incluye unos flujos laterales entre ellas de apreciable magnitud y con un grado mayor de incertidumbre.

La recarga por lluvia se estima, mediante el modelo hidrológico PATRICAL (\*) aplicado al conjunto del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar, que da valores robustos pero sin una estimación específica de su incertidumbre.

Respecto a las extracciones existen series mensuales de tomas subterráneas que cubren más del 80% del total, por lo que se consideran de elevada fiabilidad, aun con la extrapolación realizada para las extracciones no aforadas.

Las series piezométricas se consideran adecuadas para un seguimiento regional, no existiendo un estudio específico de su incertidumbre y representatividad.

\*GIS-based models for water quantity and quality assessment in the Júcar River Basin, Spain, including climate change effects.

Javier Ferrer, Miguel A. Pérez-Martín, Sara Jiménez, Teodoro Estrela, Joaquín Andreu  
Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) Júcar River Basin Authority, Avd. Blasco Ibáñez nº 48, 46010, Valencia, Spain.

Science of The Total Environment (Impact Factor: 3.26). 09/2012; DOI:10.1016/j.scitotenv.2012.08.032

**1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.**

Se considera que la información es suficiente en conjunto para el diseño básico de las medidas a llevar a cabo, aunque en la medida que se vayan materializando las mismas será necesario una mejora del conocimiento para un adecuado seguimiento. Será necesario un mayor control de flujos de los nuevos aportes hídricos y un más denso control piezométrico.

**1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.**

Utilizando datos de la propuesta de PHJ, el uso agrícola en el sistema de explotación Vinalopó-Alacantí supone el 61% del total, lo que supone un porcentaje claramente inferior a la media del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (79%). La evolución temporal del uso está muy condicionada por el marco actual de crisis económica, apreciándose una estabilización del uso de riego y una sensible reducción del resto. Previsiblemente a medio plazo el uso de regadío seguirá estable y se producirá un crecimiento moderado del uso urbano, industrial y turístico.

En cualquier caso conviene resaltar que a los usos anteriores de los recursos propios del sistema hay que adicionar del orden de 50 hm<sup>3</sup> procedentes de la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT) cuya evolución temporal resulta difícil de estimar.

## 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

La consecuencia de los elevados descensos piezométricos ha sido la desconexión entre los sistemas hidrológicos superficial y subterráneo y el empeoramiento de la calidad del agua en ambos sistemas.

**1.3.2. ¿Si hay daños ambientales, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.**

Dada la escasa importancia del sistema superficial, solo se plantea como objetivo ambiental una estabilización y progresiva recuperación de los mismos, sin concretar un objetivo específico en los mismos.

No se considera posible a medio plazo la recuperación de la conexión entre los sistemas superficial y subterráneo y la situación actual es tan alejada de ésta que existen dudas sobre los efectos que tendría, existiendo incluso dudas incluso sobre su conveniencia.

**1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.**

El seguimiento del estado de las masas de agua subterráneas se centra esencialmente en su estado cuantitativo mediante los niveles piezométricos actualmente en descenso aunque la inminente puesta en servicio de las medidas indicadas en 4.2.2. podrá revertir esa tendencia.

Respecto a las masas de agua superficiales, el alto porcentaje de aguas residuales depuradas respecto al total de caudal fluyente complica extraordinariamente alcanzar su buen estado ecológico a pesar de las inversiones realizadas, lo que se muestra en el seguimiento de las redes de medida.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

#### 4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?

La mayor parte de los aprovechamientos anteriores a la entrada en vigor de la Ley de Agua (1 de enero de 1986) optaron por su inscripción en la Sección C del Registro de Aguas como aguas temporalmente privadas, aunque el continuo descenso de niveles piezométricos ha requerido numerosas reprofundizaciones y cambios de tomas por lo que mayoritariamente han requerido el paso al régimen concesional, todavía en trámite en muchos casos. En la práctica, las dificultades de gestión no vienen asociadas a la existencia de derechos privados, sino a la complejidad del sistema, a la falta de medios de la administración hidráulica y a la necesidad de mejorar la colaboración con los usuarios en una verdadera gestión compartida.

#### 4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?

El enfoque de la propuesta del PHJ ha sido plantear mayoritariamente una excepción y alcanzar en el año 2.027 el buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea mediante actuaciones de oferta de recursos hídricos con la conducción del Júcar al Vinalopó, la reutilización de aguas residuales regeneradas y la planta desalinizadora de Mutxamel. Esta oferta adicional permitirá tanto la adecuación de las extracciones subterráneas a los recursos disponibles, como atender los crecimientos de las demandas urbanas e industriales. Asimismo, la propuesta del PHJ plantea la existencia de un déficit respecto a los derechos existentes y una necesidad de redotación agrícola que solo podrá ser resuelta, en su caso, mediante un aporte adicional de recursos hídricos desde el Plan Hidrológico Nacional.

#### 4.2.3. ¿Qué se hace de para **salvaguardar los beneficios** obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesaria una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?

Puesto que el enfoque esencialmente es de actuaciones sobre la oferta, los objetivos ambientales de recuperación de niveles piezométricos son compatibles con el manteni-

miento de la actividad económica, siempre que la repercusión en los usuarios de los costes de las infraestructuras hidráulicas necesarias sean asumibles económicamente.

Las actuaciones de reasignación de recursos, mediante modificación de oficio de los derechos concesionales o mediante los limitados instrumentos de mercado disponibles en el marco legal actual (cesión de derechos o centro de intercambio de derechos) resulta muy complicado dada la escasez de recursos hídricos. En esta zona es mayoritario utilizar la totalidad de recursos disponibles con las infraestructuras de extracción existentes, existiendo ya una buena eficiencia en el uso del agua y con unos volúmenes sensiblemente inferiores a los derechos existentes. En ese sentido, no es previsible la movilización de unos volúmenes apreciables que permitan una reasignación importante.

#### 4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?

Reconducir la minería del agua de forma compatible con los objetivos ambientales (4.2.2) y los beneficios económicos obtenidos (4.2.3) es el objetivo de la administración hidráulica. Con el enfoque actual de oferta, la consecución de un volumen adicional de recursos hídricos suficiente y a un precio asumible es el reto en el que los apoyos sociales y políticos resultan determinantes.

#### 4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?

En este sistema existen dos tipos de transferencias:

- La prevista en la conducción Júcar–Vinalopó tiene carácter de excedente/sobrante de forma que no se empeore la garantía de los usuarios de la cuenca cedente, por lo que no están previstas compensaciones. No obstante, la existencia de la conducción podría generar a medio plazo transferencias basadas en la figura de la cesión de derechos con la correspondiente compensación económica adoptada, en su caso, de mutuo acuerdo.
- Las existentes tradicionalmente entre las zonas con mayor recurso disponible (Alto Vinalopó) y las zonas con mayores demandas (Medio Vinalopó). En este caso, coincide además la mayor capacidad de pago de las demandas agrícolas del Medio Vinalopó con lo que de hecho existe una compensación económica por estas transferencias que adoptan distintas fórmulas:

- La prácticamente inexplorada figura del contrato de cesión de derechos (art. 67 de la Ley de Aguas).
- El suministro desde aprovechamientos con derechos temporalmente privados o públicos a usuarios sin derechos de agua propios e incluidos en los derechos de los suministradores, con una compensación que cubre los costes de explotación y las inversiones del suministrador.
- El suministro desde baterías de pozos, ejecutadas en su momento por la administración agrícola y cedidas posteriormente por la Generalitat Valenciana a la Comunidad General del Alto Vinalopó (CGAV), titular de los derechos y que las gestiona actualmente, distribuyendo sus volúmenes tanto en el Alto como en el Medio Vinalopó. La compensación por los costes de explotación se distribuye entre los distintos usuarios con unos porcentajes que tienen en cuenta la mayor capacidad de pago del Medio Vinalopó.

#### 4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.

Las externalidades derivadas de que los descensos piezométricos en el Alto Vinalopó generan un beneficio económico en el Medio Vinalopó se compensan en cierto modo de acuerdo con lo mencionado en el apartado 4.2.5, coincidiendo además con la distinta capacidad de pago de cada una de las zonas. Estas compensaciones están en el ámbito civil y por tanto no responden formalmente al concepto de daños desproporcionados ni son tuteladas por la administración hidráulica.

#### 4.2.7. ¿Qué papel juega la **administración pública** ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?.

El papel de la administración hidráulica está muy reglado en el marco legal español, con un marco concesional que probablemente sea demasiado rígido y que ha asignado unos derechos superiores a los recursos disponibles con unos criterios proteccionistas con los usos de regadío que tienen una incidencia importante en la sociedad, pero que difícilmente incorporan a la iniciativa privada de otros sectores. Asimismo, el tradicional papel inversor de las administraciones en la ejecución y gestión de infraestructuras hidráulicas está en cuestión con la crisis económica actual y el reto vigente es como incorporar la iniciativa privada a este campo.

#### 4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza** del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.

La gobernanza del agua tiene una larga tradición en la gestión del agua en España en lo que se refiere al uso de las aguas superficiales, un moderado éxito en el uso de las

aguas subterráneas y un largo camino por recorrer en la incorporación de la sociedad civil, implicada dado el valor ambiental del agua. Esta zona tiene unas importantes estructuras asociativas de los usuarios de aguas subterráneas, como son la Comunidad General del Alto Vinalopó (CGAV), la Comunidad General del Medio Vinalopó (CGMV) y la Junta Central de Usuarios del Medio Vinalopó-Alacantí y el Consorcio de Agua de la Marina Baja (JCUVAMB) que teóricamente permite una buena gobernanza con un enfoque de abajo arriba. Esta favorable situación plantea en la actualidad las siguientes disfunciones:

- Relación excesivamente politizada y con una fuerte desconfianza de los usuarios con las distintas administraciones marcada por los cambios de enfoque de los últimos años en lo que se refiere a la conducción del Júcar-Vinalopó.
- Tensiones entre los usuarios del Alto y del Medio Vinalopó con intereses distintos debidos a sus distintas disponibilidades de agua, capacidades de pago y costes soportados. Estas tensiones están teniendo incidencia en la propia representatividad de la JCUVAMB como aglutinante del conjunto de usuarios.

La definitiva clarificación del régimen de funcionamiento y del régimen económico financiero de la conducción del Júcar al Vinalopó, así como del esquema de su utilización conjunta con la desaladora de Mutxamel mejorará estas disfunciones. En este sentido la próxima aprobación del PHJ y la puesta en servicio efectiva de la conducción del Júcar al Vinalopó permite ser optimista a corto plazo.

#### 4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser **muy diferidos**, de decenas de años?.

El único instrumento legal y administrativo planteado es el PHJ que fija en el año 2027 la consecución del buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea, para lo cual se plantean las medidas ya indicadas en 4.2.2.

#### 4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que **consideración realista** tienen y han de tener los **derechos legales** frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulatino de la calidad?.

La situación mayoritaria en la zona, de acuerdo con el borrador del PHJ, es de un uso de agua (113 hm<sup>3</sup>/año) superiores a los recursos disponibles (48 hm<sup>3</sup>/año) pero bastante inferiores a los derechos existentes (183 hm<sup>3</sup>/año). Esta situación, habitual en zonas con minería de agua subterránea, plantea limitaciones del esquema conceptual de derechos ya que los usuarios asumen habitualmente una restricción de los usos, adaptándolos a los recursos disponibles, pero difícilmente aceptan una renuncia a unos

derechos preexistentes, aunque no puedan ser ejercidos. En ese sentido, una revisión a la baja de unos derechos es mucho más compleja que una reducción de usos que no renuncie a unas determinadas expectativas, que además solo se podrán materializar con coste suficientemente bajo que además es difícilmente alcanzable. Ello conduce a mantener unos derechos previos elevados y que por tanto no tienen utilidad como elemento de control y seguimiento de las extracciones, perdiendo una de sus características más interesantes.

#### 4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?**. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?

Las asociaciones de usuarios de agua subterránea juegan un papel determinante en la gobernanza y en la actuación administrativa, especialmente en zonas con minería de aguas subterráneas. Desde una situación desestructurada a comienzos de los años 90, la situación actual (CGAV, CGMV y JCUVAMB) es envidiable aun con las disfunciones ya indicadas en 4.2.8. Esta imprescindible capacidad de interlocución y colaboración con la administración hidráulica, conlleva una interesante gestión compartida pero también una capacidad de presión de los propios usuarios con consecuencias ambientales no siempre favorables.

La profesionalización técnica de las asociaciones de usuarios, muy elevada en esta zona en comparación con otras del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), es un importante reto futuro, junto con una mayor sensibilidad ambiental, asumiendo el valor ambiental y no solo económico del agua.



## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-16

<b>Autoría</b>	José Luis García Aróstegui, Dr. Geología Científico Titular del Instituto Geológico y Minero de España, Oficina de Murcia Profesor asociado, Universidad de Murcia		<b>Siglas</b> JLGA
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Cuenca del Segura	1.1; 1.2; 1.3
<b>Comentarios</b>	Contiene referencias e información adicional		

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?.

La existencia de minería del agua es un hecho constatado, no obstante, el empleo del sustantivo “minería” no se considera adecuado básicamente por cuestiones semánticas, a pesar de emplearse con frecuencia en distintos campos de la ciencia para tratar temas que tampoco tienen relación con la acepción más conocida de la palabra. Sin querer entrar en mayor detalle sobre este asunto pero si aportar una opinión personal, tampoco parece adecuado equiparar el “agua (subterránea)” a un “recurso mineral explotable”, a pesar de que quizás en el origen del problema al menos en España (mediados del siglo XX), sí que hubo una cierta equiparación en la práctica, que no se mantiene en la actualidad. Otra de las objeciones al empleo de los sintagmas “minería del agua subterránea” o “explotación minera del agua subterránea” (quizás algo más adecuado), radica en que, de cara a la difusión, no permiten enfocar el problema desde un primer momento, y salvo para personas muy relacionadas con el agua subterránea, para el resto se requiere desde el primer momento una explicación adicional para descartar que se no se está tratando el tema del “agua en la minería”. También es cierto que resulta difícil encontrar el término justo que evite el uso de la palabra sobreexplotación por las connotaciones que puede tener, y designe este grave problema mundial del “agotamiento del agua subterránea” (“groundwater depletion”), que incluso es discutible ya que se entiende que se está “agotando” cuando se ha consumido la mayor parte de una reserva, y precisamente las reservas del acuíferos son muy elevadas de tal manera que apenas existen ejemplos en el mundo de acuíferos de cierta entidad que hayan sido agotados., lo que no es precisamente una justificación del problema. En la actualidad, el agotamiento de agua subterránea (en mu-

chos casos “minería del agua subterránea”) se encuentra entre los 3 principales ítems de investigación científica a nivel mundial.

Con las salvedades y acotaciones anteriores, y en aras a avanzar en la cuestión de fondo, resulta evidente que existe una “explotación minera” o agotamiento del agua subterránea en buena parte de los acuíferos del sureste español, dado que cumplen todas las premisas expuestas en los objetivos del proyecto MASE. En este documento se va a emplear el término sobreexplotación prácticamente como un sinónimo de minería del agua subterránea, porque en la práctica los principales acuíferos sufren explotación extrema de aguas subterráneas.

#### 1.1.2. ¿Que acuíferos sufren explotación minera del agua subterránea?.

De acuerdo con los datos disponibles en Senent y García-Aróstegui (en prensa), a partir de una compilación de los estudios principalmente procedentes de la Confederación Hidrográfica del Segura y el Instituto Geológico y Minero de España, los principales problemas de minería del agua subterránea se encuentran en los acuíferos del Altiplano de Murcia, Ascoy-Sopalmo, Valle del Guadalentín y acuíferos del Sureste de Albacete. También existen problemas sobreexplotación en otros acuíferos relacionados con los afluentes de la margen derecha (Argos, Quípar, Moratalla y Mula), donde existen manantiales que han visto reducidas sus descargas notablemente y otros se han secado.

Sólo tres acuíferos (Ascoy-Sopalmo y el Alto y Bajo Guadalentín) aglutinan más del 40% de la sobreexplotación de acuíferos de la cuenca. El caso más extremo es el del Ascoy-Sopalmo cuyos recursos disponibles por entradas al acuífero se estiman en unos 2 hm<sup>3</sup>/año y las salidas por bombeo superan los 53 hm<sup>3</sup>/año, es decir más de 25 veces sus recursos disponibles. Dados los reducidos recursos debidos a las características pluviométricas de la cuenca, y la magnitud histórica de los bombeos, aunque se dejara de

extraer totalmente cualquier recurso subterráneo mediante bombeo, habría algunos acuíferos que para recuperar sus niveles iniciales necesitarían varios cientos de años.

### 1.1.3. ¿Que peso tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

Las estimaciones realizadas para el conjunto de la cuenca del Segura ponen de manifiesto el gran peso que tiene la minería del agua subterránea en la satisfacción de demandas (fundamentalmente agrarias). De acuerdo con la figura 1 adjunta, la explotación total media (por bombeo) de aguas subterráneas del periodo 1965–2009 se estima en 468 hm<sup>3</sup>/año (desviación estándar de 176 hm<sup>3</sup>/año), y desde aproximadamente mediados de la década de los años 80 (entrada en vigor de la Ley de Aguas), la media es de unos 590 hm<sup>3</sup>/año con una desviación estándar que se reduce a la mitad.

La explotación por bombeo en los acuíferos sobreexplotados (mayoritariamente con minería del agua), supone porcentajes entre el 45% y el 90% respecto al total, y el valor medio de unos 350 hm<sup>3</sup>/año para el periodo 1965–2009 se incrementa y estabilizada en unos 450 hm<sup>3</sup>/año en el periodo 1986–2009 (desviación estándar de 20 hm<sup>3</sup>/año).

La estabilización del bombeo en acuíferos sobreexplotados se debe a que las superficies de regadío atendidas por estos acuíferos no reciben apenas aguas de otros orígenes (recursos de los embalses de cabecera o Tránsito Tajo–Segura), en un contexto general en el que las aportaciones pluviométricas tanto periodos húmedos como en sequías no tienen un gran peso en el volumen global explotado que pueda verse significativamente reducido o aumentado.

En lo que concierne a la explotación por bombeo en el resto de acuíferos que no presentan problemas de sobreexplotación (en algunos casos esto es matizable), se observa un incremento en los últimos años analizados, con mayores valores correspondientes a los periodos de sequía de la década de los años 90 y 2000. Tales acuíferos (fundamentalmente, Vegas del Segura y Campo de Cartagena), proporcionan agua a zonas regables (prácticamente coincidentes con los propios acuíferos), que también reciben recursos de los embalses de cabecera de la cuenca y/o del Tránsito Tajo–Segura.

La mayor explotación por bombeo en la segunda mitad de la década de los años 2000, se debe a la puesta en marcha de la Batería Estratégica del Sondeos (BES) y al incremento de la explotación en el Campo de Cartagena por reducción significativa de las aportaciones del TTS.

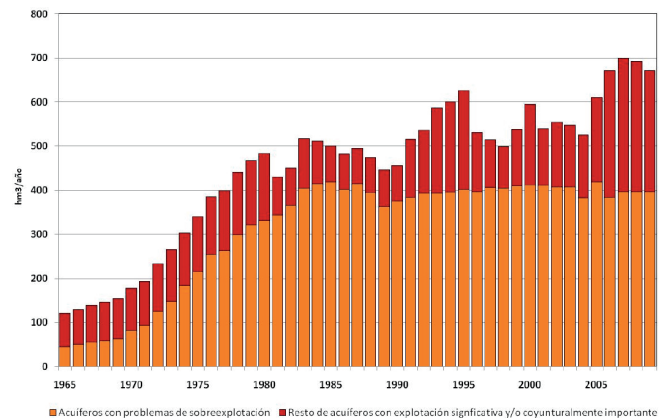


Figura 1. Evolución temporal de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca del Segura (Fuente: Senent y García–Aróstegui, en prensa).

Como se ha comentado anteriormente, desde mediados de la década de los ochenta la “minería del agua” puede considerarse estabilizada y, para el año 2009 (cifra más reciente disponible), se ha estimado que la “sobreexplotación” global en la cuenca del Segura es de 354 hm<sup>3</sup>/año, que resulta de considerar unos recursos medios interanuales de 110 hm<sup>3</sup>/año y unas extracciones de 464 hm<sup>3</sup>/año (figura 2); el vaciado de reservas total supera los 11.640 hm<sup>3</sup>. Es importante recordar que la cuantificación de la sobreexplotación se ha realizado a partir del déficit de balance hídrico, de tal manera que no se consideran las demandas ambientales y la reserva de recursos que son necesarios para mejorar el estado cuantitativo y, eventualmente, recuperar las condiciones iniciales de los acuíferos afectados. Conviene señalar que la incertidumbre en los datos de recarga que permiten evaluar los recursos es muy elevada y ha sido calculada en cada estudio respectivo con aproximaciones diferentes, con un coeficiente de variación que puede alcanzar el 70%, y en muchas ocasiones se trata de recarga potencial. También es importante advertir sobre la elevada incertidumbre en el cálculo de las series de explotación a partir de escasos años con datos, pero de cualquier modo la enorme diferencia respecto a la recarga no parece desenfocar la aproximación obtenida.

La cifra anterior de sobreexplotación de 354 hm<sup>3</sup>/año es sustancialmente mayor que los 210 hm<sup>3</sup>/año de bombeos de aguas subterráneas no renovables en la cuenca según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (CHS, 1998), que fundamentalmente se basa en datos de principios de los años noventa. Por otro lado, el documento de Esquema de Temas Importantes (ETI), de la Demarcación del Segura (CHS, 2008) indica que los valores de sobreexplotación son superiores y podrían alcanzar los 300 hm<sup>3</sup>/año de bombeos no renovables en la Demarcación, con una sobreexplotación acumulada en todas las masas de agua de la cuenca que ronda los 7.000 hm<sup>3</sup>. En los estudios de elaboración del PHN se evaluó el déficit de la cuenca del Segura en 403 hm<sup>3</sup>/año, provenientes de: “a) una sobreexplotación de recursos subterráneos de 174 hm<sup>3</sup>/año;

b) una infradotación de recursos para los cultivos que impide el desarrollo económico óptimo de los mismos de 229 hm<sup>3</sup>/año". La relativa disparidad de valores obtenidos no debería ser analizada en términos de modificaciones de superficies de cultivo (que hayan dado lugar a un incremento de la explotación), y/o de derechos de aguas subterráneas sino que, en parte, puede ser debida a la propia incertidumbre antes comentada y la dificultad que conlleva una cuantificación precisa de bombeos que, por la propia naturaleza del recurso y uso, requiere un seguimiento constante, trabajos de campo y encuestas a usuarios con una distribución muy atomizada. Finalmente, en los documentos más recientes de CHS, y en concreto del ETI del ciclo 2015–2021 (versión de Diciembre de 2013), se cita una sobreexplotación actual de 285 hm<sup>3</sup>/año (referido al año 2010) y 252 hm<sup>3</sup>/año para el horizonte 2015.

### Evolución de la sobreexplotación (hm<sup>3</sup>/año), según ETI 2º Ciclo PH–versión dic–2013

Año 2010	Horizonte 2015	Horizonte 2021	Horizonte 2027	2027+ PHN
285	252,2	235,5	224,5	0,0

el importante papel estratégico que representa el agua subterránea que, en las últimas décadas supone entre el 40% y casi el 70% de los recursos según se trate de periodos húmedos o secos y, por tanto, fluctúa según la disponibilidad de recursos de los embalses de cabecera de la cuenca y del Trasvase Tajo–Segura. Dado que la minería del agua contribuye entre el 45% y el 90% de la explotación de aguas subterráneas, su contribución en el contexto de la disponibilidad global de recursos estaría comprendida entre el casi el 20% y algo más del 60%.

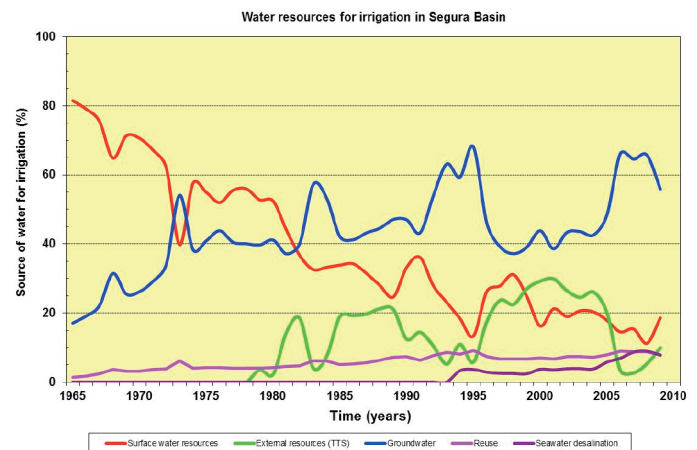


Figura 3. Tentativa de evolución temporal porcentual del origen del agua para regadío en la cuenca del Segura (elaboración propia).

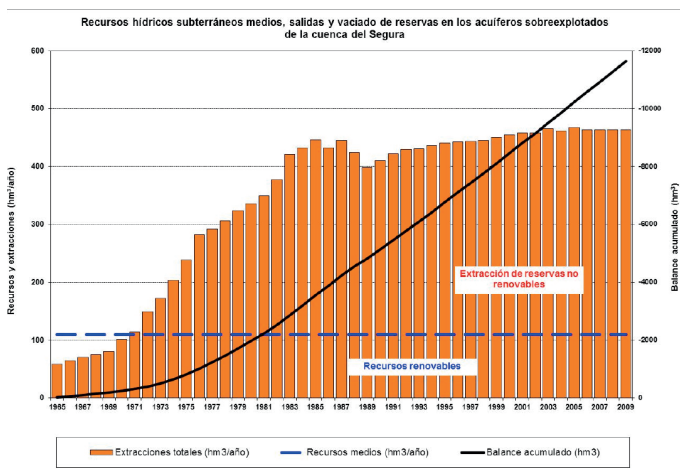


Figura 2. Recursos, explotación por bombeo y balance acumulado (Fuente: Senent y García-Aróstegui, en prensa).

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

La disponibilidad de agua en el sureste de España viene condicionada muy especialmente por los problemas de cantidad. En la figura 3 se muestra una tentativa de estimación de la contribución de agua, según origen, al regadío en la cuenca del Segura. Es muy significativo observar

El estudio de los problemas de calidad asociados a la explotación de aguas subterráneas y, sobre todo, las medidas prácticas para solucionar tales problemas siguen siendo una asignatura pendiente, si bien el nuevo ciclo de planificación hidrológica está avanzando en este sentido a través del ETI.

En general se trata de problemas de contaminación de origen agrícola (nitratos). Por otro lado, existen algunas referencias sobre el deterioro de la calidad asociado a la "minería" del agua en acuíferos del Vinalopó (movilización de sales de borde o intraformacionales) y en el Alto Guadalentín (CO<sup>2</sup>), sin embargo, la calidad no ha condicionado la explotación por bombeo dada la imperiosa necesidad de agua. Un caso interesante es el acuífero multicapa del Campo de Cartagena, en el que la calidad para riego del agua subterránea de algunos tramos profundos ha impulsado la instalación de pequeñas plantas desaladoras de iniciativa privada, para poderse asegurar la disponibilidad de recursos en periodos de sequía (fuerte expansión de plantas a mediados de los años 90, y en menor medida en la sequía de los 2000). En definitiva, los problemas de cantidad han eclipsado a los de calidad a los cuales se les ponen soluciones a nivel local por medio de la iniciativa privada, con lo que ello lleva aparejado en aspectos positivos y negativos.

**1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.**

Como se ha comentado anteriormente, dada la reducida recarga natural de los acuíferos y la magnitud histórica de los bombeos, aunque se dejara de extraer totalmente mediante bombeo, habría algunos acuíferos que para recuperar sus niveles iniciales (y descarga por manantiales) necesitarían varios cientos de años. A nivel de la cuenca del Segura se estima que el vaciado puede estar próximo a los 12 km<sup>3</sup>, frente a unas reservas totales que deben superar los 50 km<sup>3</sup>. Una línea de estudio e investigación iniciada en los últimos años es la de conocer el funcionamiento de los acuíferos régimen natural, acudiendo a información histórica ya que el grueso de la pérdida de manantiales y zonas húmedas se produjo a mediados de la década de los años 50 del pasado siglo.

**1.1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.**

Como se ha comentado anteriormente, las incertidumbres son elevadas en los datos de recarga, extracciones y evolución temporal. En lo que concierne a la recarga, a nivel general los datos empleados suelen ser antiguos (más de una veintena de años), con frecuencia se repiten en sucesivos estudios y requerirían una sustancial mejora. En muchos casos son simples estimaciones de lluvia útil, a veces contrastados con descargas por manantiales en régimen ya afectado por bombeo y cierre de balance, y en otros casos se trata de cálculos de recarga potencial. La mayor parte de los acuíferos no disponen de datos de evolución temporal de la recarga a nivel anual. En cualquier caso, las cifras oficiales vigentes se han venido considerando como fiables dentro del orden de magnitud esperable en comparación con la explotación por bombeo, pero es un tema de crucial importancia que debería documentarse mejor, sobre todo en acuíferos en que se puedan plantear soluciones reales para su recuperación.

Respecto a las extracciones, los datos disponibles proceden de estudios realizados en fechas concretas y estimaciones indirectas. A nivel general, la no existencia de controles sistemáticos mediante contadores volumétricos impide ir más allá de las estimaciones, si bien desde el año 2005 en la cuenca del Segura se viene implantando el programa SICA (Sistema Integrado de Control de Aprovechamientos). Respecto a la evolución temporal, además de las estimaciones que figuran en libro de Senent García-Arostegui (en prensa), conviene señalar los datos disponibles para el acuífero Serral-Salinas (IGME-DPA, 2007; Molina et al, 2009) en el que efectuó una detallada y costosa reconstrucción de la explotación por bombeo de 50 años (1956/57-2005/06), a partir de datos diversos de campo (investigación de fechas de ejecución de los son-

deos, vidas útiles y periodos de actividad, reperforaciones y sustituciones, caudales de extracción individual y evolución de las áreas de riego atendidas por cada captación), para cada una de las captaciones que se han ido sucediendo en el tiempo (Figura 4).

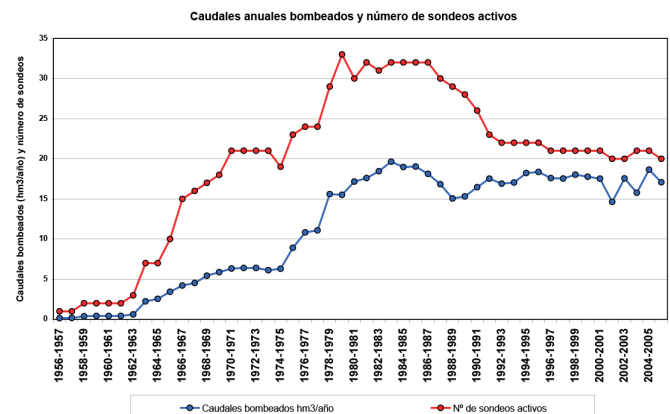


Figura 4. Reconstrucción de la explotación por bombeo en el acuífero Serral-Salinas.

**1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.**

A nivel general es problema es conocido, pero tal vez no está suficientemente caracterizado respecto a lo que cabría esperar en relación a su magnitud, implicaciones y, sobre todo si se compara con los esfuerzos (en recursos humanos y materiales) que se destinan al conocimiento y gestión del resto de recursos hídricos que atienden las demandas agrícolas de la cuenca. En algunos casos, la falta de precisión en aspectos como la explotación por bombeo compromete los resultados de modelos de flujo subterráneo como herramienta de gestión para simular tendencias futuras. Por ello, sería muy recomendable aumentar los esfuerzos para el conocimiento de los datos de partida tanto de recarga como de extracciones, que son mejorables con independencia de la incertidumbre asociada al procedimiento de evaluación. En el caso de la explotación por bombeo, su conociendo preciso es necesario por razones obvias relacionadas con la propia gestión de recurso.

**1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.**

El principal destino del agua es el regadío y su evolución no es objeto de análisis detallado en el presente documento. El uso urbano queda atendido por la Mancomunidad de Canales del Taibilla cuyos recursos proceden del propio río Taibilla, TTS, desalación y, ocasionalmente bombeo de aguas subterráneas. La superficie neta del regadío de la demarcación, entendida como la máxima superficie regada con carácter anual, se ha estimado en la propuesta de PHCS 2009/15 en 261.745 ha, con una demanda de unos 1500 hm<sup>3</sup>/año (85% de la demanda total).

## 1.2. Calidad del agua subterránea

1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?

A nivel general, se ha detectado cierto deterioro de la calidad química del agua por intrusión salina continental (casos de Triásico de Los Victorias, Quibas, Jumilla-Villena, Ascoy-Sopalmo, Serral-Salinas, Alto Guadalentín, etc) o por intrusión marina (ciertos acuíferos y zonas del Campo de Cartagena, Cope-Cala Blanca, Águilas-Cala Reona, etc). El problema de la contaminación por nitratos no se asocia a la explotación intensiva.

1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?. Comentarlos.

Existen referencias del acuífero del Alto Guadalentín sobre la liberación de gases (predomina el CO<sub>2</sub>, aunque también se han detectado N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, y CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> y He en mucha menor proporción), que parecen estar relacionada con la disminución de la carga hidráulica ligada a la sobreexplotación. Entre las implicaciones de ello se tiene que el agua es mucho más agresiva, de manera que los equipos de bombeo presentan serios problemas de corrosión.

1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de calidad del agua subterránea que puedan existir, en el uso del agua?

A nivel general, la calidad del agua subterránea no condiciona su uso para riego, en la medida en que en las ocasiones más extremas como puede ser el Campo de Cartagena o algunas zonas del acuífero de la Vega Baja, se han instalado pequeñas plantas desaladoras privadas para solventar problemas de salinidad. Una cuestión aparte, aunque de gran importancia, es la gestión del vertido de la salmuera.

1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala **calidad** del agua subterránea, si es ese el caso?

Aunque se ha comentado anteriormente, en la práctica las soluciones suelen ser puntuales a nivel privado por parte de los usuarios.

## 1.3. Aspectos ambientales

1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?

En diversos foros se viene afirmando que la "sobreexplotación de acuíferos" es el primer problema ambiental de la cuenca del Segura, pero subyace una reflexión sobre el pa-

pel ambiental que puede atribuirse a un recurso localizado a una elevada profundidad, sin apenas relación con el ciclo hidrológico superficial. Respecto a las consecuencias ambientales, las más significativas deben referirse a la pérdida de humedales (biodiversidad) asociados a la descarga de aguas subterráneas.

1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?

Desde el punto de vista técnico, la recuperación de los acuíferos es factible, pero no es realista salvo en los casos en que el vaciado producido no haya sido muy elevado. La pérdida hace más de medio siglo de los valores ambientales de zonas húmedas asociadas a descargas de aguas subterráneas, es un tema poco estudiado e implica el conocimiento de los acuíferos en régimen natural. En este sentido algunas investigaciones sobre la relación coste/beneficio se han efectuado en el Altiplano de Murcia (Molina et al, 2009 y 2011).

1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

Como se ha comentado anteriormente, existe una cierta concienciación social sobre la sobreexplotación de acuíferos como el principal problema medioambiental, y es uno de los temas cruciales del reciente ETI (versión 2013). La gestión en condiciones de escasez resulta muy compleja y tiene grandes implicaciones en el medioambiente. La resolución del problema solo puede acometerse mediante aporte de recursos externos y/o reducción de las demandas. La ordenación e integración efectiva de las aguas subterráneas en el sistema de explotación resulta también imprescindible para una mejor gestión.

Para ampliar información, véase la documentación:

– Senent, M. y García-Aróstegui, J.L. (Coords.). [en prensa]. *Sobreexplotación del acuíferos en la Cuenca del Segura. Evaluación y perspectivas*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua. Murcia. 227 p. ISBN: 978-84-92988-21-1.

– International Annual UN-Water Zaragoza Conference 2012/2013 Preparing for the 2013 International Year. Water Cooperation. 8-10 January 2013. *Side event: The pros and cons of intensively developed aquifers: hydrological, economic, social, and ethical issues. Presentation: "Groundwater mining in the South-Eastern area of Spain: consequences and evaluation"*. <http://es.slideshare.net/WaterforLife/jl-garcia-arosteguigroundwaterminingspain>

- Molina, J.L., Pulido, D., García-Aróstegui, J.L., Pulido, M. (2013). **“Dynamic Bayesian Networks as a Decision Support Tool for assessing Climate Change impacts on highly stressed groundwater systems”**, Journal of Hydrology, 479, 113–129. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.11.038>.
- Baudron, Paul; Barbecot, Florent; García-Aróstegui, JL, Leduc, Christian; Travi, Yves, Martínez-Vicente, David (2014). **“Impacts of human activities on recharge in a multilayered semiarid aquifer (Campo de Cartagena, SE Spain)”**. Hydrological Processes.  
**DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9771>**.
- Molina, J.L., García-Aróstegui, J.L., Bromley, J., Benavente, J. (2011). **“Integrated Assessment of the European WFD. Implementation in Extremely Overexploited Aquifers Through Participatory Modelling”**. Water Resources Management, 25, 13, 3343–3370, DOI: **<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-011-9859-1>**.
- Molina, J.L., García-Aróstegui, J.L., Benavente, J., Varela, C., de la Hera, A., López-Geta, J.A. (2009). **“Aquifers overexploitation in SE Spain: a proposal for the integrated analysis of water management”**. Water Resources Management Journal, 23, 2737–2760. DOI: **<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-009-9406-5>**.
- IGME-DPA (2007). Estudio de funcionamiento en acuíferos carbonatados explotados intensivamente: Serral-Salinas.

En este cuestionario se han extractado algunas partes de las anteriores referencias y se aportan nuevos datos, comentarios y opiniones que no tienen porqué coincidir con las de los organismos en los que se han desarrollado tales estudios, y que por ello pueden ser modificadas y lo serán a la vista de nuevos enfoques o disponibilidad de información.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-17

<b>Autoría</b>	Alberto Garrido, Dr. en Economía CIEGRAM, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid Observatorio del Agua. Fundación Botín.		<b>Siglas</b> AG
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Levante español	2.1; 3.1; 3.2
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

Sí. Habría que ver caso por caso.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

No.

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

No, pero hace falta agua para que haya actividad económica y bienestar.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

No tengo gran conocimiento. Supongo que ha sido muy productiva.  
Mercados de agua, reutilización, desalación, infraestructuras, reducción del riego.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?. Explícitamente, o directamente, no. Implícitamente, como

un coste creciente o sensación de escasez, probablemente sí. Teóricamente poniendo una tasa, pero no conozco ningún caso donde se haya hecho.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Poco, si el no cobrar por el agua se considera subvención. Deben eliminarse las subvenciones, dando a los usuarios tiempo suficiente para que se adapten.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de la reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?. ¿Es importante?.¿Cómo se puede tener en cuenta?.

No. Puede que sí. Valorando el agua en el cálculo de la huella hídrica Lo hicimos en el libro, empleando el concepto de huella hídrica extendida.

Garrido, A., M.R. Llamas, C. Varela-Ortega, P. Novo, R. Rodríguez-Casado, M.M. Aldaya. **Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain**. Springer. Nueva York. 2010.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

3.1.1. ¿Cuál es el **beneficio social** obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.

Lo ignoro. Supongo que en empleos y rentas. En la producción, y en el bienestar. Se distribuye en términos de uso y competencia.

3.1.2. ¿Hay **proteccionismo** en la producción y **subvenciones** en relación con la minería del agua?. ¿Qué papel juega?.

No lo creo, sí dejadez en los organismos responsables de cuidar los recursos. El descuido y la desprotección de los recursos.

3.1.3. ¿Qué reacción social existe en cuanto a los problemas **ambientales** ocasionados?. ¿Són estos conocidos o reconocidos?.

Pedir soluciones a las administraciones. Sí, tarde o temprano sí.

3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en **cambios** en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?.

No. Sí. Sí. Sí, pero tarde. Siempre será sesgada, ¿quién define la correcta? ¿cómo se fija?. Sí, cuando los problemas son patentes.

3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre **generaciones futuras**?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?.

Eso precisamente, la inequidad intergeneracional, el desarrollo insostenible. No demasiado acentuada. Hay demasiado respeto a la generación anterior. Falta rebeldía, capacidad de luchar por lo que es justo. Falta de concienciación e incapacidad para hacer valer los principios fundamentales de la equidad inter-generacional. No obstante, los hijos temen ir contra los padres, por pensar que ello iría contra ellos a la larga.

### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

3.2.1. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?.

Muy consolidada. El agua en España es un buen ejemplo de asociacionismo. Sin duda.

3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor **asociacionismo** entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?.

Sí, si hay las condiciones mínimas y necesarias. No habiendo estas el sistema puede colapsar y tornarse netamente individualista.

3.2.3. ¿Se consigue con el **asociacionismo**, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?.

Sin duda.

3.2.4. ¿Qué experiencia existe de **asociacionismo**, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.

Creo que, aparte de la ley y el rigor jurídico y administrativo, hacen falta liderazgo (es decir personas con visión y capacidad), datos técnicos fiables y apoyo de la administración. Habiendo estos hay ejemplos que muestran la bondad de los marcos de gestión colectiva. Heterogeneidad de los usuarios – con intereses en conflicto; ausencia de liderazgo; inexistencia de un núcleo sólido de usuarios que arrastre a los demás y legitime la acción colectiva; fallos y debilidades técnicas y jurídicas de los actos o actuaciones de la administración; querer solucionar el problema de manera drástica; no comunicar con pedagogía las ventajas de la cooperación. Compensando, mitigando los puntos anteriores.

3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la Sociedad Civil en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?.

La sociedad civil no funciona sola, precisa estructuras, una buena narrativas, líderes y comunicadores, nivel técnico y científico. Las personas arropan las causas justas, bien definidas y presentadas, y fuertemente respaldadas de principios morales. La minería del agua puede tener una lógica de sostenibilidad débil: sustitución de capital natural por capital físico. Conversión de un valor de stock limitado en un flujo de rentas proyectado al infinito.



### 3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?.

Las estructuras que ya estén formadas: ayuntamientos, mancomunidades, etc. En segundo término, y en paralelo se debe facilitar la creación de grupos sociales a los que eventualmente se debe dar carta oficial de agente interesado (stakeholder). La administración debe crear grupos de trabajo y de esta forma ver qué personas o grupos son más dinámicos.

### 3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?.

En mi opinión hay tres tipos impedimentos: (a) desestructuración de la sociedad civil; (b) demagogia, falta de rigor en las discusiones y agendas ocultas de poder; (c) oportunismo y falta de profesionalidad por parte de los líderes o responsables de los grupos que representan a la sociedad civil.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-18

<b>Autoría</b>	Graciela Ferrer Universitat de València		<b>Siglas</b> GF
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Vinalopó	1.3; 2.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

La consecuencia ambiental fundamental es la caída generalizada de los niveles piezométricos a un ritmo elevado, que ha dado lugar tanto al empeoramiento de la calidad de las aguas extraídas como de salinización del suelo, pérdida de fuentes y manantiales así como de los caudales que alimentaban el río Vinalopó y zonas húmedas, afectadas desde el siglo XIX por drenajes y desecaciones –por ejemplo, la Laguna de Villena. Según los datos recogidos en la Normativa del Plan Hidrológico de Cuenca se asignan 113 hm<sup>3</sup>/año para los usos actuales, aunque se reconoce que los recursos disponibles se sitúan en 48 hm<sup>3</sup>/año.

Desconozco si existe estimación del volumen acumulado de reservas explotadas o de los años que deberían transcurrir sin explotación para recuperar los niveles piezométricos. La Diputación de Alicante tiene estudios de detalle sobre estos acuíferos y la Confederación Hidrográfica del Júcar mantiene una red de piezómetros.

**1.3.2. ¿Si hay daños ambientales, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.**

Desde el punto de vista de la escala humana los daños sufridos por el descenso tan acusado y masivo de los niveles piezométricos podrían considerarse como irreversibles, teniendo en cuenta que requerirá varias generaciones humanas recuperarlos, especialmente si continúan extrayéndose aguas subterráneas, incluso aunque se limitara sólo al recurso disponible. La sustitución de bombeos por caudales procedentes de la desalación (enfocada principalmente a las demandas costeras) o del Júcar, a través del trasvase Júcar–Vinalopó (enfocados a las demandas

agrícolas del Medio y Alto Vinalopó) seguramente podrían dar lugar a mejoras locales a medio plazo; sin embargo, la reticencia por parte de los usuarios de aguas subterráneas del Vinalopó a asumir el coste de estas medidas, dificulta su implementación. En cualquier caso, la reversión de la actual situación de sobreexplotación estructural de estos acuíferos implicaría varias décadas de contención efectiva de las extracciones subterráneas, y no parece que el estado de gobernanza actual en materia de agua pueda garantizar la aplicación de medidas de este estilo.

En mi opinión, es necesario y conveniente aplicar medidas para revertir los daños ambientales generados dirigidas a corregir sus causas, aunque a corto plazo no se logre revertir los efectos.

En este sentido, considero que sería muy importante que se confeccionara un inventario exhaustivo y detallado de las superficies regadas efectivas, los cultivos que realmente se producen, las dotaciones y calidad del agua utilizada, los precios que pagan los regantes, a quién se los pagan y en concepto de qué, los empleos generados, y a partir de aquí, desarrollar una estrategia de largo plazo para racionalizar los usos agrícolas y las posibles fuentes alternativas de suministro, minimizando el recurso a fuentes externas a la cuenca, para evitar la traslación de los daños a otros territorios.

En estos acuíferos, en particular en los del Alto Vinalopó, una parte significativa de las demandas son de carácter urbano en la zona costera, que en las últimas décadas ha crecido de manera sustancial como consecuencia de políticas que aúnan el turismo residencial y la especulación urbanística. Estas demandas deberían ser paulatinamente desconectadas de las aguas subterráneas y suministrarse a través de desalación.

La percepción actual de los usuarios es que sobreexplotar los acuíferos es gratis, pues no existe instrumento económico alguno en manos de la administración que penalice el deterioro cuantitativo o cualitativo de las masas de agua subterráneas.

El único coste percibido es el incremento del coste energético por la profundización de los bombeos, pero no por el hecho del deterioro que se deja en herencia a las generaciones futuras. Con estos mimbres, cualquier alternativa tecnológica –sea desalación, sea trasvase– se encuentra con el problema de la oposición de los usuarios a pagar el coste total (inversiones más explotación y mantenimiento) de producción, transporte y distribución del agua, y se incrementa la presión hacia la externalización de dichos costes al conjunto de la sociedad mediante inversiones irre recuperables y subvención masiva de los costes de explotación y mantenimiento.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

El paisaje de la cuenca del Vinalopó es crecientemente árido y fragmentario, con zonas degradadas por vertidos ilegales, pérdidas de suelo por erosión, pérdida de biodiversidad, etc. Existe una asociación ciudadana denominada Encuentros del Vinalopó<sup>7</sup> que ha realizado unos paneles didácticos y explicativos en los que ha mapeado el estado, presiones, impactos y amenazas asociadas a la cuenca del río Vinalopó, que resultan muy ilustrativos de la situación de los espacios de agua en esta cuenca, muchos de ellos desaparecidos o degradados por la falta de aportaciones subterráneas.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

#### 2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.

En mi opinión los costes o precios del agua actualmente repercutidos a los usuarios finales no tienen una conexión directa con la internalización de externalidades ni con los impactos ambientales que imponen al conjunto de la sociedad (actual y futura).

Como mencionaba anteriormente, el capítulo de costes asumidos por los usuarios finales que se relaciona de manera más directa con el agotamiento de este recurso es el del consumo energético necesario para obtener el agua a profundidades crecientes, así como para desalobrar aguas subterráneas de calidad crecientemente peor a medida que van agotando las reservas de los acuíferos. El coste de escasez muchas veces se manifiesta en una elevación del precio al cual unos usuarios adquieren agua de otros usuarios, por ejemplo, ayuntamientos que compran agua a comunidades de regantes o comunidades de regantes que cobran un precio mucho mayor a usuarios domésti-

cos en urbanizaciones o diseminados dentro de sus zonas regables que se abastecen directamente de infraestructuras que antaño eran para regadío y que continúan compartiéndose para este fin con el resto de la zona regable. La falta de planificación urbanística y ordenación territorial ha permitido que existan varios ejemplos con centenares de viviendas en estas circunstancias. Un estudio llevado a cabo por la Oficina de Planificación de la CHJ en 2006 y 2007 sobre el Alto Vinalopó y el Medio Vinalopó así lo puso de manifiesto.

En estos casos, los usuarios finales pagan más pero los receptores de estos ingresos no son administraciones públicas sino otros usuarios privados o cuasi-privados que continúan sobreexplotando los acuíferos en propio beneficio, y externalizando el deterioro ambiental al conjunto de la sociedad.

En mi opinión, se debería establecer un impuesto ambiental que diera como resultado que no saliera a cuenta extraer más recursos que los recursos disponibles, así, además se reduciría el coste de oportunidad de las fuentes alternativas de suministro (en particular, de la desalación).

#### 2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.

No conozco información sobre esta cuestión. La cuestión de los precios y costes del agua en general y de las aguas subterráneas en particular, así como su repercusión a los distintos usuarios, no suele constar en los estudios económicos ni de planificación hidrológica ni tampoco en los proyectos de infraestructuras hidráulicas incluso en aquellos que se justifican como proyectos para la sustitución de bombeos. Sobre la relación entre calidad y precio o coste hay aún menos información que sobre la relación cantidad-precio/coste.

#### 2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el coste/precio teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.

<sup>7</sup> A través de esta página web (<http://encuentrovinalopo.blogspot.com.es/>) se puede contactar con los miembros de esta asociación.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?

Existe una falta de transparencia absoluta en la CHJ de cara a la ciudadanía en relación a quién es titular de qué derecho y en concepto de qué. A pesar de que tanto el Catálogo de Aguas Privadas como el Registro Público de Aguas son registros públicos, acceder a la información en ellos contenida es prácticamente imposible para cualquier ciudadano interesado. Una buena práctica en este sentido es la que ha llevado a cabo la Confederación Hidrográfica del Ebro, que al menos permite acceder a través de Internet una sinopsis telegráfica de los títulos concesionales o derechos privados registrados.

Desde mi punto de vista, el principal problema es que continúan “regularizándose” derechos de uso de aguas subterráneas en masas de agua sobreexplotadas (ahora, denominadas “en mal estado cuantitativo”) 30 años después de aprobarse la Ley de Aguas. En el caso de la CHJ, el Plan Hidrológico de 1998 permitió la regularización de todas las extracciones anteriores al 1 de enero de 1997 –a pesar que la Ley de Aguas lo limitaba al 1 de enero de 1986– y el nuevo Plan (aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación del Júcar el 14 de marzo de 2014) considera que son riegos consolidados aquellos que se hayan **solicitado** antes del 1 de enero de 1997, lo cual permite que estos también se regularicen (art. 19 Normativa del Plan; versión 17 de marzo).

Hasta donde conozco, en el caso del Vinalopó no existe un plan de explotación unificado que limite las extracciones y las establezca conjuntamente (a pesar de que varios acuíferos del Alto y Medio Vinalopó tenían declaración provisional de sobreexplotación desde 1987).

En mi opinión, el problema fundamental es que las autoridades competentes no tienen capacidad operativa (ni medios humanos ni económicos) para controlar y hacer que se respete la legislación vigente. Esto está agravado por la falta de coordinación y colaboración de las autoridades autonómicas en políticas sectoriales, en particular, en materia de aguas, agricultura, ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente.

El uso partidista del agua en este territorio ha dado grandes réditos políticos a aquellos que han hecho un discurso demagógico en torno a la política del agua, y por tanto, no tienen incentivos, una vez en el ejercicio de las funciones públicas para las que fueron elegidos, en aplicar las medidas necesarias para limitar los usos del agua y ordenar los usos del territorio desde una perspectiva de interés general que incluya también a las generaciones futuras.

4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o costes desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?

En el Vinalopó, pero también en otras zonas como la Mancha Oriental, por ejemplo, a estrategia de la administración ha sido la de incrementar la oferta de recursos hídricos. En el caso del Vinalopó, el trasvase Júcar-Vinalopó se justificó como una medida para “ paliar la sobreexplotación y déficit de abastecimiento del área del Vinalopó-Alacantí y Marina Baja” (art. 24.C.15 ORDEN de 13 de agosto de 1999, BOE núm. 205, 27-08-1999; derogado por Sentencia del Tribunal Supremo de 20 de octubre de 2004); sin embargo, como ya denota la redacción citada al mismo tiempo que se habla de paliar la sobreexplotación existente se abre la puerta a expansiones de las demandas de abastecimiento. En efecto, decir que una gran obra hidráulica tendrá una finalidad ambiental ha sido una estrategia para captar financiación comunitaria a fondo perdido (fondos estructurales o fondos de cohesión) que hasta el momento ha resultado efectiva para los promotores de las mismas, en tanto que los controles o seguimientos ex-post de las autoridades comunitarias son poco exhaustivos.

Con los mismos argumentos se justificó la construcción de la desaladora de Mutxamell, que también cuenta con una importante subvención comunitaria a fondo perdido. Lo cierto es que mientras se llevaban a cabo estas infraestructuras, la CHJ continuó reconociendo derechos de uso de agua muy por encima de los recursos disponibles, e incluso de los recursos renovables.

El Plan de Cuenca que acaba de aprobarse dice que los derechos de extracción de estos acuíferos alcanzan los 197 hm<sup>3</sup>/año, mientras que los recursos disponibles los cifra en 48 hm<sup>3</sup>/año. Teniendo en cuenta una aportación máxima de 80 hm<sup>3</sup>/año a través del Júcar-Vinalopó más unos 7 hm<sup>3</sup>/año de la desaladora de Mutxamell aún quedarían por cubrir unos 70 hm<sup>3</sup>/año de derechos de uso de agua reconocidos, que según el Plan, deberá resolver mediante aportes externos el Plan Hidrológico Nacional (art. 33 Normativa del Plan, versión 17 de marzo de 2014). Como no se actúa sobre el lado de las demandas de agua, se produce una situación de sobreexplotación perenne de las masas de agua subterráneas.

De cara a la implementación de la DMA, estos acuíferos se han calificado como en mal estado cuantitativo (y en algunos casos, también en mal estado químico –ver Anexo 12 de la Memoria del Plan, versión 11 de marzo de 2014). Estos acuíferos tienen asignados como objetivo alcanzar el buen estado cuantitativo y químico en 2027, es decir, se ha aplicado una excepción de prórroga de plazo.

Sin embargo, a tenor de las medidas contenidas en el programa de medidas y en la Normativa del Plan, es inviable que alcancen en la fecha referida ni siquiera el buen estado cuantitativo conforme éste es definido por la DMA. Por una parte, porque el Plan que entrará en vigor de manera inminente continúa permitiendo que las extracciones más que dupliquen los recursos disponibles; y por otra parte, porque no se plantea una política seria de sustitución de extracciones y cierre definitivo de pozos vinculados a los caudales provenientes del trasvase Júcar-Vinalopó, pero especialmente, vinculados a la explotación a máxima capacidad de las desaladoras construidas en los últimos 10 años en todo el litoral alicantino.

Tampoco se plantea nada respecto a reducir áreas regables ni a limitar la expansión urbanística –que si bien no son competencias que pueda ejercer directamente la administración hidráulica, debería plantearse en el marco del Comité de Autoridades Competentes en el que están tanto las autoridades con competencias en materia de aguas como en el resto de materias sectoriales que generan presiones sobre el medio hídrico. Se plantea también complementar los recursos subterráneos extraídos con reutilización de aguas residuales.

No se plantea ninguna medida (ni en el Vinalopó ni en el resto de la Demarcación) que permita operacionalizar la recuperación de los costes de los servicios del agua (incluidos los costes ambientales) por parte de los usuarios, atendiendo al criterio “quien contamina, paga”, más allá del régimen económico financiero aprobado por la Ley de Aguas de 1985, que –en mi opinión– es claramente insuficiente para articular el mandato del artículo 9 de la DMA.

**4.2.3. ¿Qué se hace de para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.**

En mi opinión es necesario desarrollar una reconversión estratégica de largo alcance de la agricultura y de la ordenación del territorio en Alicante para redimensionar y reorientar las actividades económicas hacia sectores y productos poco intensivos en agua y contaminantes de la manera menos traumática posible.

Es necesario también “transparentizar” todos los mercados informales o semi-formales de compra-venta de agua controlados por las Comunidades de Usuarios así como los derechos de uso de agua reconocidos, realizando una revisión de los mismos para adecuarlos –al menos– a los usos reales. Una vez estén los derechos de uso de agua claramente delimitados, es necesario que la administración ejerza con eficacia y rigor sus funciones y potestades de vigilancia, control y seguimiento de los mismos y del domi-

nio público hidráulico. Se debería exigir una transparencia contable y de gestión total a las Comunidades de Usuarios y usuarios privativos del agua, en particular, en masas de agua sobreexplotadas que absorben ingentes presupuestos públicos para “paliar” los efectos de esa mala gestión en forma de infraestructuras hidráulicas y subvenciones.

Creo que es necesaria una intervención pública decidida pero muy distinta a la llevada a cabo hasta ahora, pues la experiencia nos muestra que las políticas llevadas a cabo han contribuido a la apropiación del agua en manos privadas que transan con este bien público al margen de cualquier control público y que ha configurado un modelo productivo inadecuado al contexto territorial en el que se ha enclavado, en un constante salto hacia adelante que agrava los deterioros y cierra el paso a caminos alternativos de desarrollo socio-económico.

La potenciación de instrumentos de mercado no creo que aporte ninguna mejora desde el punto de vista de la sostenibilidad puesto que para que este tipo de instrumentos sea eficaz es necesario que la información sea completa, los derechos de uso sean unívocos y estén claramente delimitados y las autoridades públicas ejerzan de manera efectiva sus facultades de gestión (control, vigilancia, seguimiento, revisión de derechos y sanción de comportamientos abusivos, en su caso). Estas condiciones hoy por hoy no se dan y la progresiva “anorexización” de las administraciones públicas derivadas de los constantes recortes presupuestarios no apunta a que, a corto plazo, tales condiciones puedan darse. La aplicación de instrumentos de mercado sin que se cumplan estas condiciones daría lugar a una apropiación de facto del agua como bien público, generando situaciones paradójicas en las que “quien deteriora, cobra”, además de que se podría continuar manteniendo o incluso incrementando el estrés hídrico.

**4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para reconducir la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con que apoyos?.**

A la vista del contenido tanto normativo como del programa de medidas del Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación del Júcar el 14 de marzo de 2014, mi opinión es que no hay un suficiente compromiso político –no sólo de la administración del agua sino también de las administraciones que regulan o elaboran las políticas sectoriales con incidencia en el medio hídrico– para abordar el problema de la sobreexplotación estructural de las masas de agua subterránea y reconducir la situación hacia un modelo de uso sostenible a largo plazo de los recursos hídricos. Claramente la administración pública hidráulica no cuenta ni con recursos económicos ni con los perfiles profesionales adecuados para reconducir esta situación, y los recursos humanos disponibles son claramente insuficiente para abordar con eficacia las tareas de gestión necesarias para desarrollar

un modelo de uso sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas. En líneas generales se mantiene el modelo de gestión del agua basado en la oferta de recursos hídricos cuasi-gratuitos que ha dado lugar al enquistamiento de un modelo de desarrollo económico que socava sus propios fundamentos.

Un primer paso sin duda sería poner sobre la mesa, de una manera rigurosa, los costes (económicos, sociales y ambientales) asociados al modelo vigente de gestión del agua y de desarrollo económico al que va asociado que se externalizan al conjunto de la ciudadanía –tanto presente como futura–, empezar a delimitar responsabilidades tanto en la esfera de las políticas públicas de las distintas administraciones como de los usuarios privados, y comenzar a exigirlos.

Este ejercicio de transparencia y rendición de cuentas me parece básico para poder reconducir la situación de insostenibilidad actual. La legislación europea en materia de aguas junto con el ordenamiento jurídico español son buenos referentes para avanzar en este sentido.

#### 4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?.

En el caso del trasvase Júcar–Vinalopó, el Convenio que firmó ACUAMED con la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, l'Alacantí y Marina Baixa en septiembre de 2012 sólo contemplaba una repercusión de costes a dicha Junta de 0,05 €/m<sup>3</sup>. Este precio no alcanzaba a cubrir ni el 30% del coste de la energía eléctrica necesaria para transportar el agua del Júcar al Vinalopó. El régimen económico–financiero de este trasvase permanece indefinido en la actualidad. La Generalitat Valenciana cedió a la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, l'Alacantí y Marina Baixa diversas infraestructuras incluidas en el denominado “post–trasvase margen derecha” sin repercutir ningún coste de la inversión realizada.

En este caso los usuarios debían hacerse cargo de los costes de explotación y de mantenimiento de esas infraestructuras. En cuanto a la desalación, sólo se plantea repercutir los costes de explotación y mantenimiento de las instalaciones pero no el coste de amortización de las inversiones realizadas. Además, generalmente los esquemas de repercusión de los costes cuando intervienen usuarios de regadío y usuarios urbanos da lugar a una subvención cruzada de los segundos en favor de los primeros, ya que los costes se repercuten en mayor medida (en torno al doble por metro cúbico) a los usuarios urbanos que a los de regadío.

En el caso del trasvase Júcar–Vinalopó no se compensan derechos cedidos ni externalidades. Actualmente existe una indefinición de la naturaleza de los caudales trasvasables, puesto que el Plan recientemente aprobado establece que se transferirán recursos excedentes del sistema Júcar, pero no define en qué consisten tales excedentes ni en dónde se cuantifican. Dicha definición de este concepto jurídico indeterminado se pospone a la elaboración de unas normas de explotación del sistema Júcar que realizará la CHJ en un plazo máximo de 6 meses desde la fecha de entrada en vigor del Plan Hidrológico.

Sólo se especifica que los ahorros generados por la modernización de los regadíos tradicionales de la Ribera del Júcar se incluirán entre los caudales a contabilizar como recursos excedentes. En este sentido, la obtención de caudales trasvasables no sólo implica una externalización de costes al conjunto de la sociedad, ya que las obras de modernización de estos regadíos está subvencionada al 90% por la Administración General del Estado en virtud del Convenio de Alarcón, firmado entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Unión Sindical de Usuarios del Júcar en 2001, sino que el 10% del coste de las obras más el coste del amueblamiento de parcela que recae sobre los regantes tradicionales del Júcar no beneficiará el maltrecho estado ecológico y químico de las masas de agua superficiales del río Júcar sino que beneficiarán directamente a la cuenca receptora del trasvase, sin que exista contraprestación económica alguna.

En la cuenca del Júcar se ha detectado cierto interés en la posibilidad de realizar contratos de cesión de derechos de agua, obteniendo un beneficio económico privado y directo a partir del dominio público hidráulico.

#### 4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.

Antes de teorizar sobre las condiciones o características de las posibles compensaciones económicas creo que es imprescindible clarificar y delimitar la situación de los derechos de agua y de los usos del agua que efectivamente se dan en la cuenca. Sin este ejercicio previo de transparencia y control efectivo por parte de las administraciones públicas, se abriría un espacio nada deseable a la picaresca.

#### 4.2.7. ¿Qué papel juega la **administración pública** ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?.

El papel de la sociedad civil es muy limitado, por el propio diseño de la administración pública del agua en la que sólo tienen cabida los usuarios privativos del agua. Las posibilidades de participación de usuarios comunes o bien del resto de partes interesadas son testimoniales y se circuns-

cribe exclusivamente a la reducida presencia en el Consejo del Agua de la Demarcación. La administración pública del agua es una administración que eminentemente hidráulica, orientada y pensada para la construcción de grandes obras hidráulicas que pongan al alcance de regantes e hidroeléctricas recursos hídricos lo más baratos posible.

Estas características posiblemente hayan sido las adecuadas y necesarias para el contexto de la España de la primera mitad del siglo XX, pero es totalmente insuficiente e, incluso, contraproducente en el contexto actual, donde uno de los principales retos a los que nos enfrentamos es el deterioro cuantitativo y cualitativo de la mayor parte de las masas de agua, tanto subterráneas como superficiales, incluyendo el de los ecosistemas asociados a las mismas.

El marco normativo de la política del agua a escala europea también ha cambiado, y el logro de los objetivos marcados por la Directiva Marco del Agua pasa por gestionar ecosistemas y la relación de la sociedad con los mismos, en un contexto de riesgo creciente como consecuencia también de los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico. Es necesario rebalancear el equilibrio de capacidad de influencia de los usuarios privativos del agua y del resto de partes interesadas sobre los responsables de la política y de la gestión del agua, reduciendo significativamente dicha capacidad de influencia en los usuarios privativos como primer paso para revertir la situación actual de secuestro del regulador.

**4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la gobernanza del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.**

La gobernanza del agua debe trabajarse especialmente en situaciones de "normalidad", no durante una situación de emergencia por sequía, limitando el estrés al que se somete a las masas de agua y los ecosistemas acuáticos y creando márgenes de maniobra para poder reaccionar en las situaciones extremas.

Para ello es fundamental que se establezcan reglas claras y compromisos exigibles a todas las partes, en particular, el cumplimiento de la legislación vigente, y que dichos compromisos, llegado el momento, se exijan, tomándose las acciones oportunas en caso de incumplimiento. La actual pseudo-impunidad en la que se ha instalado la gestión de las masas de agua sobreexplotadas no hace más que crear incentivos para profundizar en esta dinámica y extender dicho modelo al resto de masas de agua, como viene sucediendo en las últimas décadas. Es fundamental que la administración pública tenga los medios suficientes para ejercer todas sus funciones y facultades con garantías jurídicas, de manera que las sanciones sean efectivas y no se eternicen en limbos judiciales.

**4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser muy diferidos, de decenas de años?.**

No me consta que se esté aplicando instrumento alguno en este sentido, más allá de utilizar esa circunstancia para justificar el establecimiento de prórrogas de plazo para la recuperación del buen estado cuantitativo o químico, o el establecimiento de objetivos menos rigurosos en la planificación hidrológica sujeta a la Directiva Marco del Agua.

**4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los derechos legales frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulativo de la calidad?.**

En mi opinión los derechos de uso concedidos legalmente no deben constituir una realidad paralela a la que se intenta una y otra vez, sin éxito, ajustar la realidad física del estado de las masas de agua. Es perverso continuar repartiendo y reclamando "agua de papel".

La gestión del agua, dado que se trata de un bien público, debe ajustar los intereses privados al logro del interés general del conjunto de la sociedad, y por tanto, esos derechos de uso deben ajustarse paulatinamente a las disponibilidades reales y las prioridades de uso establecidas en la Ley de Aguas y derivadas de las normativas comunitarias.

Evidentemente, llevar esta revisión a la baja de expectativas de ampliación de la oferta de agua no es tarea fácil ni es una política que genere simpatías entre aquellos que detentan un título concesional o un título privado de aprovechamiento de aguas subterráneas, pero es una tarea absolutamente necesaria que debe ser llevada a cabo con grandes dosis de transparencia de cara a la sociedad en su conjunto y mecanismos de rendición de cuentas, de manera que la aplicación de los criterios que se establezcan sean concordantes con los fines que se pretenden alcanzar y que se eviten situaciones viciadas o comportamientos corruptos. Desde mi punto de vista, sólo desde la transparencia y la honestidad es posible generar la credibilidad necesaria en la administración pública para llevar a cabo esta tarea.

**4.2.11. ¿Qué papel juegan las asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.**

En mi opinión, actualmente las asociaciones de usuarios funcionan como lobbies de presión sobre las administraciones que deberían regular y controlar sus actividades, dando lugar al denominado fenómeno de "secuestro del regulador". Además, generalmente su funcionamiento res-

ponde escasamente a criterios democráticos de transparencia, rendición de cuentas y toma de decisiones. Cuando se habla de asociaciones de usuarios en realidad sólo se está hablando de asociaciones de usuarios privativos del agua. Debería tomarse conciencia de que existen también usuarios comunes del agua que si bien sus derechos de uso están reconocidos por la Ley de Aguas no se encuentran efectivamente protegidos. El concepto de usuario que se sigue utilizando actualmente es propio del regeneracionismo hidráulico del siglo XIX, pero siglo y medio después, el contexto socio-económico de nuestra sociedad ha cambiado radicalmente, y ya esas asociaciones de usuarios así entendidos no resultan útiles para la gobernanza del agua como bien público, como patrimonio eco-social, y la co-gestión de los acuíferos.

Es fundamental que se evidencie la relación entre los usos del agua y del territorio con el estado de las masas de agua y las políticas que se llevan a cabo desde las administraciones públicas (es decir, aplicar de manera sistemática y transparente el esquema DPISR).

La administración pública del agua debería articular espacios de participación pública efectiva no sólo en la planificación hidrológica sino también en la gestión del agua, especialmente en masas de agua sobreexplotadas; y ejercer su mandato legal de velar con eficacia por el interés general del conjunto de la sociedad, que incluye especialmente a aquellos que hoy no existen y que por tanto no pueden expresarse por sí mismos, pero que tienen tanto derecho como quienes estamos aquí y ahora a disponer de un medio ambiente adecuado y unos ecosistemas y recursos que garanticen el disfrute de una vida sana. La administración debería velar por proteger estos derechos del conjunto de la sociedad en su concepción de largo plazo frente a los deterioros causados por intereses privados centrados en la maximización del lucro a corto plazo.

#### REFERENCIAS DE INTERÉS:

##### REF. 1

La **Oficina Técnica del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante** ha desarrollado en colaboración con el IGME diversos estudios de modelización de los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó y ha analizado distintas alternativas de gestión de los mismos.

##### Oficina Técnica

Avda. de Orihuela, 128

03006 Alicante

Tfno.: 965 10 74 00

ciclohídrico@diputacionalicante.es

Hay una publicación denominada "Alternativas de gestión en el sistema de explotación Vinalopó-l'Alacantí" de 2009 que puede ser de interés para este trabajo. Enlace web: [http://issuu.com/diputacionalicante/docs/el\\_agua\\_en\\_alicante\\_1\\_vinalopo?e=6840191/5443585](http://issuu.com/diputacionalicante/docs/el_agua_en_alicante_1_vinalopo?e=6840191/5443585)

##### REF. 2

La página web de la CHJ en la que se ha publicado la documentación del **Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, ciclo 2009-2015**, aprobado por el Consejo del Agua de la Demarcación el 14 de marzo de 2014:

<http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacion-hidrologica/Paginas/Proyecto-Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015.aspx>

##### REF. 3

CHJ (2007) Evaluación de las **necesidades hídricas** en los territorios de la Comarca del Alto Vinalopó correspondiente a la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Disponible en la Oficina de Planificación de la CHJ.

CHJ (2008) Evaluación de las necesidades hídricas en los territorios de la Comarca del Medio Vinalopó correspondiente a la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Disponible en la Oficina de Planificación de la CHJ.

Estos dos trabajos fueron llevados a cabo por el CVER de la Universidad Politécnica de Valencia, por el equipo dirigido por José Carles Genovés.

##### REF. 4

**BRU RONDA, C.** (1993): "Sobreexplotación de acuíferos y planes de ordenación hidráulica en la cuenca del Río Vinalopó, Alicante". Investigaciones Geográficas nº 11. 1993. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante. Pag. 93-108.

Enlace:

<http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/02472798658247729976613/catalogo11/05%20inve.pdf>

BRU RONDA C, et al (2008): Overexploitation and water quality in Crevillente aquifer (Alicante, Spain). Water pollution, Wessex Institute of Technology (WIT), UK and University of Alicante; Alicante 9-11 de Junio 2008).

BRU RONDA C, et al (2008): An Interdisciplinary Assessment of Ground Water Mining in Crevillente, Spain, THE NGWA INTERNATIONAL CONFERENCE ON NONRENEWABLE GROUND WATER RESOURCES - SOCIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF NONRENEWABLE GROUND WATER RESOURCES: HALF-EMPTY, HALF-FULL, TOP-DOWN, BOTTOM-UP, AND SOME PATHS FORWARD. PORTLAND, Oregon, Octubre 13-14 de 2008.



## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-19

<b>Autoría</b>	Juan Bautista Gumbau Bellmunt EVREN, Empresa de ingeniería, Valencia		<b>Siglas</b> JBG
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Vinalopó	1.1; 1.2; 1.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea? Valorarlo.

En mi opinión creo que sí. En el caso concreto del Vinalopó la CR del Monforte del Cid prácticamente ha tenido que abandonar los sondeos de explotación de agua subterránea o sustituirlos por agua residual depurada para poder cubrir las demandas. Los sondeos de explotación de la Sierra del Cid. En la Sierra de Crevillente existen también explotaciones que inicialmente eran una galería y que debido al uso de reserva después se sustituyeron por sondeos en el interior de la galería.

Mas al Norte en la zona del Maestrazgo, que desde el punto de vista hidrogeológico es bastante complicado, el sondeo de los Ibarsos construido por la antigua COPUT llego a casi agotar el acuífero formado en las calizas y dolomías del Jurásico de la zona.

#### 1.1.4. ¿Cual ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

En la zona del Vinalopó como he comentado con anterioridad se ha producido una sustitución del agua subterránea destinada a agricultura por agua residual depurada.

Incluso en la zona del Vinalopó las previsiones futuras es sustituir parte del agua subterránea por agua procedente del trasvase Jucar–Vinalopó al objeto de permitir la recuperación de los acuíferos.

En los últimos años se está observando una disminución de las demandas de agua para agricultura en la zona debido a la baja rentabilidad de los cultivos.

#### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.

En mi opinión el grado de conocimiento que se tiene permite la detección del problema, pero lo considero insuficiente para la solución concreta del problema. En concreto algunas partidas del balance hídrico son puras estimaciones y los aspectos económicos se tienen poco en cuenta.

#### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.

En la zona del Vinalopó el agua originalmente se utilizaba para abastecimiento público y regadío. En estos momentos las demandas de regadío como ya he dicho se están satisfaciendo en parte mediante aguas residuales, manteniéndose la demanda de agua para abastecimiento público.

## 1.2. Calidad del agua subterránea

#### 1.2.1. ¿Qué problemas de calidad se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?.

Normalmente en la zona de levante la explotación intensiva de los acuíferos ocasiona un incremento de la salinidad. En los acuíferos costeros como consecuencia de la intrusión marina (Torreblanca, Les rambletes en el acuífero de la Plana de Castellon) o por la presencia de materiales salinos del Keuper en la zona del Vinalopó.

#### 1.2.3. ¿Qué efectos tienen los problemas de calidad del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?.

Los problemas son la inadecuación del agua para el uso humano y la agricultura.

## 1.3. Aspectos ambientales

1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

En el caso del Vinalopó la principal consecuencia ha sido que el río Vinalopo permanece seco la mayor parte del año y se régimen se ha vuelto mucho mas irregular.

1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

Los daños ambientales creo que en el caso del Vinalopó sí que son recuperables. No obstante los problemas del río no es solo la sobreexplotacion de los acuíferos que lo alimentaban, también influyen otras actividades humanas que se realizan en la zona.

Así pues cualquier recuperación de los daños ambientales pasa por un programa conjunto de recuperación de los acuíferos, depuración de aguas residuales, regeneración de riberas, etc.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-20

<b>Autoría</b>	Nuria Hernández Mora, Dr. en Economía Fundación Nueva Cultura del Agua		<b>Siglas</b> NHM
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Levante español	1.3; 2.1; 2.3; 3.1; 3.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.3. Aspectos ambientales

#### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

El uso intensivo de las aguas subterráneas tiene impactos ambientales directos cuando estas aguas están conectadas con ecosistemas superficiales (humedales, fuentes, lagos, ríos y arroyos) que dependen de las aportaciones de los acuíferos para conservar su forma y funcionamiento (form and function). En la medida en la que el uso intensivo de las aguas subterráneas elimina las surgencias naturales que constituyen el aporte hídrico de estos ecosistemas, se produce un impacto ambiental. Ejemplos evidentes, con diversos grados de intensidad, son las afecciones a las lagunas de la Mancha Húmeda, el ecosistema de Doñana, el río Júcar como consecuencia de la explotación intensiva del Acuífero de la Mancha Oriental, e infinidad de afecciones a fuentes, lagunas y humedales.

También se pueden producir consecuencias indirectas. Así por ejemplo, en el Campo de Cartagena el uso intensivo de las aguas subterráneas para suplementar los aportes del Acueducto Tajo–Segura en los años en los que estos resultan insuficientes para cubrir las demandas existentes está teniendo un efecto directo, por un lado, en la salinización del acuífero, y por otro en la degradación de la calidad del agua de la Laguna del Mar Menor como consecuencia de los vertidos de salmueras provenientes de las plantas desalinizadoras que los agricultores han instalado para rebajar la salinidad del agua de los pozos (ver Martínez Fernández y Esteve Selma, 2002). Este ejemplo ilustra claramente las múltiples posibles ramificaciones en cuanto a impactos ambientales del uso intensivo de los recursos.

Por otro lado evidentemente el uso intensivo de las aguas subterráneas provoca impactos sobre el estado cuantitati-

vo y con frecuencia también cualitativo del propio acuífero (procesos de salinización, intrusión marina, contaminación por inputs fitosanitarios, etc.).

Los daños ambientales pueden estimarse aunque generalmente esta estimación se produce únicamente en aquellos espacios de especial valor ecológico (los ejemplos de Doñana y Mancha Húmeda mencionados arriba) o de importancia socio-cultural (por ejemplo los impactos en la Fuente de la Reja, en Pegalajar, Jaén – Ver Hernández-Mora, 2008). Estos impactos deberían haber sido descritos en todos los Planes de Gestión de Demarcación Hidrográfica elaborados en el marco de la DMA para el período 2009–2015, para posteriormente diseñar Programas de Medidas enfocados a reducir o eliminarlos.

En general, y a excepción de aquellos casos en los que el uso intensivo de las aguas subterráneas haya afectado a espacios de reconocido valor ambiental o importancia sociocultural, las administraciones públicas enfocan el problema del uso intensivo de las aguas subterráneas (cuando lo tienen en cuenta) en la gestión de las afecciones a los usos económicos del agua (regadío) o al abastecimiento.

Así, por ejemplo, en el caso del campo de Cartagena mencionado más arriba, el enfoque fundamental de las propuestas es garantizar el acceso al agua con baja salinidad a los regantes (problemática de la gestión de efluentes de desaladoras, consumo y coste energético, etc.), y en mucha menor medida, a gestionar las salmueras de manera que se minimice el impacto a la laguna del Mar Menor. En igual medida, en el caso del Acuífero del Vinalopó y Alicante (o en la Mancha Húmeda), el reconocimiento en los Planes de Gestión de Demarcación de un problema de mal estado cuantitativo de las masas de agua se resuelve por medio de una solicitud de aportes adicionales de recursos superficiales proveniente de otras cuencas para garantizar los usos existentes, y no por medio de una gestión eficaz y efectiva del problema de la explotación intensiva mediante medidas de control, gobernanza, etc.

### 1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

Partiendo de la base de que la explotación de un acuífero, por definición, merma o elimina las surgencias naturales ya que sustituye las mismas por las extracciones para uso humano, es evidente que es imposible eliminar totalmente los impactos ambientales. Sin embargo si es posible, conveniente y legalmente obligatorio poner las medidas necesarias para minimizar esos impactos. Existen medidas de control y diseño adecuado de las explotaciones (pozos que eviten contaminación del acuífero, limitación de las extracciones en determinados períodos del año, emplazamiento adecuado de los pozos lejos de las zonas de mayor valor ecológico, etc.). La obligación legal viene impuesta por la DMA, que obliga a evitar el deterioro adicional de las masas de agua y establecer las medidas para recuperar aquellas que se encuentren en un estado peor que bueno.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

#### 2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas **un factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

La respuesta a esta pregunta viene condicionada por la escala espacial y temporal que utilicemos como base de análisis. Evidentemente en la escala local/regional de ámbito de influencia directa del acuífero el uso intensivo de las aguas subterráneas ha supuesto un factor de progreso económico, al permitir el desarrollo de una agricultura intensiva altamente rentable (Mancha Occidental, Vinalopó, Dalías, zonas de riego con aguas subterráneas de la cuenca del Segura – Mazarrón, Águilas, etc.). Sin embargo, si ampliamos la escala territorial de análisis resulta necesario matizar la afirmación, ya que los usos intensivos y los consiguientes impactos económicos y de conflictividad social se resuelven trasladando la presión a otras zonas, bien dentro de la misma cuenca (como es el caso de los regadíos ilegales de olivar con aguas subterráneas en Jaén, que “exportan” el conflicto y la escasez al resto de la cuenca al generar demandas adicionales y conflictos de gobernanza del agua); bien hacia otras cuencas (ejemplos del Vinalopó con los conflictos y costes económicos, políticos, sociales y ambientales derivados del Trasvase Júcar Vinalopó; o en el Segura con los impactos del Trasvase Tajo–Segura sobre la demarcación del Tajo).

La explotación intensiva de las aguas subterráneas tampoco es sustentable en el medio y largo plazo, ya que ritmos intensivos de extracción que superen el índice de recarga natural del acuífero no se pueden mantener en el tiempo sin generar impactos bien en la propia zona, bien en otras zonas. Es decir, continuar con ritmos intensivos de explota-

ción de las aguas subterráneas que excedan ampliamente el índice de recarga supone trasladar el conflicto social, económico y ambiental en el espacio (a otras regiones) o en el tiempo (hacia el futuro).

En el caso por ejemplo de los usos de agua subterráneas en Mazarrón y Águilas, la explotación intensiva ha supuesto el agotamiento (salinización y bajada de niveles) de los pozos, de manera que se han agotado los recursos utilizables y los usos tienen que recurrir a otras fuentes fuera de la zona (Hernández–Mora y De Stefano, 2013; Martínez y Esteve, 2002). En el Vinalopó la utilización intensiva ha derivado en la demanda de agua complementaria de la Cuenca del Júcar (trasvase Júcar Vinalopó). En la Mancha Occidental en la inversión de grandes cantidades de fondos públicos para minimizar (o revertir) los impactos ambientales (Plan de Compensación de Rentas de los años 90 o Plan Especial del Alto Guadiana en 2008).

Por último es importante señalar el impacto que el uso intensivo de las aguas subterráneas, íntimamente vinculado en la mayoría de los casos en España a la intensificación de la agricultura, está teniendo en la desaparición de fuentes de abastecimiento en muchas zonas, con los consiguientes impactos socioeconómicos para las poblaciones afectadas y también para el erario público. Ejemplos claros son la degradación de la calidad del acuífero de la Mancha Occidental, con la consiguiente demanda social de aportes externos de agua para abastecimiento (Tubería Manchega); la necesidad de recurrir a recursos superficiales por parte de Albacete durante la sequía 2005–2008 por la pérdida de recursos subterráneos como consecuencia de la explotación intensiva de las aguas subterráneas del Acuífero de la Mancha Oriental; o la reciente polémica relacionada con la pérdida de calidad por contaminación agraria de los acuíferos que abastecían hasta hace poco los pueblos de la ribera del Júcar.

#### 2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea **un impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

El contexto macroeconómico e internacional en el que se produjo la “revolución silenciosa” de las aguas subterráneas en España en los años 70 y 80 del siglo pasado ha cambiado radicalmente. La reforma de la PAC tras la última ronda de negociaciones, desacoplando las ayudas de la producción e introduciendo fuertes componentes de condicionalidad ambiental, supone que el regadío no es ya el motor de desarrollo económico que fue en el pasado. Por otro lado, las zonas que pudieron desarrollarse ya lo han hecho y los problemas derivados de la utilización intensiva (degradación ambiental, salinización de acuíferos, etc.) son cada vez más acuciantes. Así, es evidente que en el corto plazo el objetivo será mantener los niveles de productividad alcanzados en las zonas ya desarrolladas, y en el medio plazo ajustar las demandas a niveles de utilización más

“sostenibles”. En este marco la reasignación de recursos entre usuarios dentro de los acuíferos tomará una importancia creciente. La existencia de mercados opacos de agua entre usuarios de aguas subterráneas afectados por los efectos negativos de la utilización intensiva del agua (Hernández-Mora y De Stefano, 2013) son ejemplo de esta tendencia. Será importante arrojar luz sobre estas transacciones, controlarlas, y regularlas.

Por otro lado, la creciente conflictividad social y política y el elevado coste financiero que se deriva de la búsqueda de recursos adicionales de otras cuencas (trasvases) pone en cuestión la viabilidad de esta alternativa en el futuro. Es posible que los recursos no convencionales (desalación y reutilización) vayan cobrando mayor importancia como sustitución de los recursos subterráneos agotados o de calidad insuficiente, con los consiguientes impactos económicos como consecuencia de los mayores costes de explotación.

**2.1.4. ¿Cuál es el balance económico importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.**

Una vez más, para responder a esto hay que especificar la escala a la que nos referimos. Desde una perspectiva más global, no está claro en absoluto que el balance económico haya sido positivo. Frente al beneficio obtenido por agricultores individuales, o por pueblos o comarcas que se hayan visto beneficiados por una mejora de la situación económica de la población resultante del uso intensivo de los acuíferos, sería necesario considerar los costes de, por ejemplo: los programas de vigilancia y control de los usos; los programas de recuperación ambiental de zonas afectadas (ejemplos de Daimiel o Doñana); los costes de trasvases para traer recursos adicionales de otras cuencas; los costes de las necesarias sustituciones de fuentes de abastecimiento para innumerables poblaciones y millones de personas; o una valoración de la degradación ambiental resultante del uso intensivo de las aguas subterráneas. Estos costes los asume la sociedad en su conjunto, mientras que los beneficios redundan en unos pocos. Este balance económico más global nunca se ha realizado.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los impactos ambientales?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.**

En España el coste del agua subterránea no refleja las externalidades que se derivan de su uso, ya sea de cara a otros usuarios, ya sea en relación con los impactos ambientales que generan. Los usuarios de aguas subterráneas pagan la totalidad del coste financiero privado de las aguas que utilizan, pero no asumen los costes ambientales y del recurso, ni tampoco pagan los costes derivados del

necesario gobierno y control del agua. Así, por ejemplo, mientras que los usuarios de aguas superficiales pagan al menos una parte de los costes derivados de la necesaria gestión del recurso por medio del canon de regulación y la tarifa de utilización del agua (una parte pequeña, que puede estimarse en un 35% de los costes financieros totales), los usuarios de aguas subterráneas únicamente pagan los costes financieros privados de la explotación.

En este sentido hay países (Australia, Holanda o Dinamarca, por ejemplo) donde los usuarios de aguas subterráneas pagan una tasa volumétrica destinada a cubrir parte de los costes de gestión de las aguas subterráneas. También existen ejemplos de “impuestos verdes” destinados a obtener mejoras ambientales (una especie de internalización de las externalidades). Sin embargo estos impuestos son muy bajos y en muchos casos el sector agrario se beneficia de exenciones o de tasas menores (ver por ejemplo [http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/ch6water\\_abstraction.pdf](http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/ch6water_abstraction.pdf)).

Parece esencial que los usuarios de aguas subterráneas paguen por los costes administrativos que resultan de la necesaria gestión del recurso; y también una tasa por los impactos ambientales que el uso intensivo genera (coste financiero, ambiental y del recurso, en términos de la DMA).

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

Los costes de extracción de las aguas subterráneas únicamente reflejan su calidad cuando resulta necesario: (1) desalobrar las aguas para hacerlas aptas para el uso, como ocurre en el Campo de Cartagena, lo cual eleva el coste de utilización de estas aguas; o (2) comprar recursos de otros usuarios para sustituir por recursos propios de menor calidad, como ocurre en diversas zonas de la cuenca del Segura y en Dalías (ver Hernández-Mora y De Stefano, 2013). Sin embargo la información existente sobre estos intercambios es muy limitada y prácticamente anecdótica, y por lo tanto insuficiente para sacar conclusiones claras sobre el coste asociado a diferenciales de calidad del agua.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

**3.1.1. ¿Cuál es el beneficio social obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.**

Como he mencionado anteriormente el uso intensivo de las aguas subterráneas produce beneficios directos a los usuarios del agua, e indirectamente a las poblaciones y comarcas en las que viven y operan, al incrementarse la

actividad económica en la zona. Sin embargo los costes derivados del uso intensivo recaen en la sociedad en su conjunto, no necesariamente únicamente la sociedad local (aunque también).

### 3.1.2. ¿Hay **proteccionismo** en la producción y **subvenciones** en relación con la minería del agua?. ¿Qué papel juega?

No tengo conocimiento de circunstancias en las que se produzcan subvenciones a la minería del agua, al menos actualmente. De hecho se puede argumentar que la producción de agricultura de regadío con aguas subterráneas es menos dependiente de las subvenciones agrícolas de la PAC que otras producciones agrarias (ver papeles PAS de Corominas y Arrojo; y también el informe del MAGRAMA: La economía del agua en España. Adjunto a este informe la presentación que hizo de los resultados del estudio el entonces Secretario de Estado de Biodiversidad, Antonio Serrano, sobre la economía del agua de riego, donde se diferencia la productividad y dependencia de subvenciones de distintos tipos de agricultura.

### 3.1.3. ¿Qué reacción social existe en cuanto a los **problemas ambientales** ocasionados?. ¿Son estos conocidos o reconocidos?

Estos problemas son conocidos, y tienen un cierto impacto social, en cuanto afectan a espacios naturales emblemáticos (Daimiel, Doñana) o de particular relevancia sociocultural (ejemplo de Pegalajar) o socioeconómica (abastecimientos de la Ribera del Júcar). Sin embargo no siempre se reconoce la relación directa entre la explotación intensiva de las aguas subterráneas y la degradación ambiental generada, y si se reconoce, no siempre se percibe como un mal a evitar.

En este sentido los grupos ambientales en particular y la sociedad civil en general juega un papel esencial en señalar los vínculos directos entre usos, presiones e impactos, y en demandar un reconocimiento de los mismos y el establecimiento de medidas para corregir estos impactos. Las autoridades competentes no siempre apoyan estas demandas ni se esfuerzan por cumplir la normativa vigente en este sentido.

### 3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en **cambios** en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?

A lo largo de este breve informe he señalado algunos ejemplos claros de cambios en el modo de vida y en el entorno (medio ambiente) como consecuencia de la explotación intensiva de las aguas subterráneas. También se producen impactos en los costes de utilización por pérdida de calidad

del recurso (profundización de pozos, desalinización de agua, compra de recursos, etc.), y demandas de recursos externos a la zona para paliar los problemas de pérdida de calidad o cantidad del recurso para regadío o abastecimiento (Vinalopó, Llanura Manchega, Daimiel, Águilas y Mazarrón, Campo de Cartagena, etc.).

Sin embargo estos conflictos o problemas no derivan en una transformación social.

Más bien, aquellos afectados por la problemática de deterioro ambiental reclama a las autoridades la aportación de recursos externos a la zona para paliar el problema, en lugar de acometer cambios estructurales profundos que ofrezcan soluciones a largo plazo. Como me comentó en una ocasión reciente el responsable de la Oficina de Planificación de una Confederación Hidrográfica responsable de una zona con serios problemas de sobreexplotación: "En la zona los usos exceden los recursos disponibles. En los procesos de participación los usuarios reclaman que se traiga agua de otras cuencas para paliar el déficit.

El Plan refleja esta solicitud. La disponibilidad o no de recursos suficientes en otras cuencas no es problema mío ni del plan que debo elaborar. Es problema del Plan hidrológico nacional".

Esta actitud predomina tanto entre los usuarios como entre las autoridades con competencia para liderar el necesario cambio de paradigma, en un ejercicio de profunda irresponsabilidad política e incluso ética, de cara a las generaciones futuras.

### 3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre **generaciones futuras**?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?

Ver respuesta anterior.

## 3.3. Sensibilización pública

### 3.3.1. ¿Qué grado de **conocimiento** y **toma de conciencia** tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?. ¿Cómo reacciona ante los mismos?

Ver respuesta más arriba.

### 3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un **coste energético** creciente?. ¿Qué actitud se tiene?

Ver respuesta más arriba.

### 3.3.3. ¿Hay campañas de **sensibilización pública** a distin-

tos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?. Valorar lo realizado.

Únicamente puedo responder a esta pregunta en relación a la zona del Alto Guadiana, que aunque queda fuera del ámbito de estudio del proyecto MASE, ofrece interesantes lecciones que pueden ser de utilidad en otras zonas. Desde la declaración provisional de sobreexplotación de los acuíferos de la Mancha Occidental y Campo de Montiel a finales de los años 80 hasta la actualidad (un período de casi 25 años) tengo la impresión de se ha producido una importante transformación en la percepción de la problemática por parte de los principales actores en la zona, y especialmente en el sector agrario.

En un principio las restricciones impuestas por la CH Guadiana en la aplicación del régimen de control de extracciones y en el proceso de inventariado de las explotaciones existentes se veía con desconfianza y acritud. La administración del agua y los administrados eran enemigos en una batalla en la que no se compartía, si quiera, una definición común del conflicto. Esta situación ha cambiado sustancialmente a lo largo de los años de manera que en la actualidad existe consenso más o menos generalizado en la sociedad manchega en relación a una serie de puntos:

- (1) La existencia de una vinculación directa entre la utilización intensiva de las aguas subterráneas y la degradación del entorno natural (Mancha Húmeda en general y PN Tablas de Daimiel en particular).
- (2) Reconocimiento de la necesidad de controlar y limitar las extracciones y establecer coto a los usos ilegales del agua – quizás no existe tanto consenso en cuanto a donde establecer ese “coto” (agricultores profesionales, regadíos sociales, etc.).
- (3) Responsabilidad compartida entre la administración del agua y los usuarios en cuanto a la gestión del recurso común que es el acuífero.

Sin embargo sigue sin reconocerse la vinculación directa entre uso intensivo del agua –agricultura– pérdida de calidad del agua para abastecimientos. Como he comentado anteriormente la solución a este problema se plantea con una demanda de recursos internos (Tubería Manchega).

En la Mancha Occidental este cambio de percepción ha sido posible por la importancia ecológica de la zona, la repercusión mediática de la degradación de los espacios naturales asociados al acuífero, la enorme cantidad de dinero público invertido para lograr transformaciones en el modelo de producción, etc. Aún así, los cambios no son radicales, por lo que no está claro que el modelo sea replicable a otras zonas.

En gran medida las aguas subterráneas siguen siendo un recurso escondido y en gran medida desconocido e ignorado por la sociedad.

## Referencias adicionales

Martínez Fernández, J. y M.A. Esteve Selma (2002) **Agua, regadío sostenibilidad en el Sudeste ibérico**. Colección Nueva Cultura del Agua. Bakeaz-FNCA.

Hernández-Mora, N. y L. De Stefano (2013) **Los mercados informales de agua en España: Una primera aproximación**. En: A. Embid Irujo (dir), “Usos del agua. Concesiones, autorizaciones y mercados del agua”, Thomson-Reuters, Cizur Menor, pp. 375-407.

Hernández-Mora, N. (2008) **Participación pública en la gestión de las aguas subterráneas: Visión desde la sociedad civil**. En: Las aguas subterráneas en España ante las Directivas Europeas: retos y perspectivas. AIH-GE. Pp: 177-197.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-21

<b>Autoría</b>	Adolfo Hoyos-Limón Gil, Ing. CCP Ex-director general de aguas, Gobierno de Canarias		<b>Siglas</b> AHL
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife	1.3; 2.1; 2.3; 3.1; 3.3
<b>Comentarios</b>	Extensas descripciones y datos, en parte inéditos. A modo de aportación adaptada al cuestionario.		

### Observaciones preliminares

Aunque algunos datos y comentarios de las siguientes páginas tratan de Canarias en general, en realidad, como se verá, están dedicadas casi en exclusiva a la isla de Tenerife. En el conjunto del archipiélago, la minería del agua se verifica o se ha verificado hasta ahora principalmente en sus dos islas más pobladas: Gran Canaria y Tenerife. En las cinco restantes o no ha existido o se ha producido en mucha menor escala. En La Palma, donde hay una intensa agricultura de regadío y por tanto un vigoroso aprovechamiento de aguas subterráneas, la extracción de reservas del subsuelo ha sido y es secundaria. La Gomera y El Hierro, por su parte, disponen apenas de reservas de aguas subterráneas que explotar. Y Lanzarote y Fuerteventura son de clima semidesértico y carecen de recursos hidráulicos en general, por lo que para subsistir en la actualidad dependen fundamentalmente de la desalación de agua del mar.

Además, el que esta respuesta se centre en Tenerife se debe, en primer lugar, a que es de ella sola de la que el autor de esta páginas puede hablar con algún conocimiento de causa; y en segundo término, a que la minería del agua se ha practicado en Gran Canaria y en Tenerife con arreglo a prácticas, instituciones y dinámicas sociales propias y diferentes, de modo que entre una y otra apenas caben las generalizaciones.

En la exposición que sigue se verá que se repiten las alusiones a hechos del último siglo y medio. Y es que si la explotación de reservas siempre es un fenómeno temporal, en Tenerife es además un episodio histórico, y de no contemplarse desde este punto de vista se corre el riesgo de dejar en el tintero varios de sus aspectos más importantes.

El problema de la explotación de los recursos hídricos de Tenerife está muy estudiado o bien estudiado en sus facetas geológicas e hidrológicas y, tal vez, jurídicas; pero poco

en las económicas; nada o casi nada en las sociológicas. En lo tocante a su historia, la atención de los estudiosos se ha dirigido preferentemente hacia los heredamientos tradicionales, figuras que vienen de tiempos de la conquista de las islas por los castellanos, aunque con un papel muy secundario –por lo menos en Tenerife– a partir de mitad del XIX. De modo la etapa contemporánea de la historia de las aguas está casi inédita.

Todo lo cual se señala para justificar que muchas de las cosas que se recogen en estas páginas son de cosecha propia. Se refieren a datos e impresiones recogidos por su autor aquí y allá a lo largo de sus muchos años de contacto profesional con el mundo de las aguas tinerfeñas. Se manifiesta, por último, que en este trabajo se distingue entre minería del agua y explotación de reservas subterráneas. Cuando se habla de aquella, se quiere aludir a la actividad propiamente minera, es decir, a la de laboreo y exploración del subsuelo, pero sólo a ella. Y en este sentido, la extracción de reservas hidráulicas subterráneas es un fenómeno subsecuente, pero no coincidente, con la minería del agua. De inmediato se entrará en el asunto.

## 1. Cuestiones hidrológico-hidrogeológicas. Situación de la minería del agua subterránea

### 1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea? Valorarla.

Pese a que en la actualidad la actividad humana que la propició ha declinado casi definitivamente, en la isla de Tenerife ha existido durante más de un siglo una intensa minería del agua. Representa una práctica que alcanzó su apogeo en la década de los 60 del pasado siglo XX. En todo caso, como se aclarará un poco más adelante, haya cesado



o no esa minería, el drenaje de reservas del subsuelo insular continúa y continuará por muchas décadas.

Las condiciones de los subsuelos tinerfeños determinan que la explotación de sus recursos hídricos no pueda llevarse a cabo sin drenar grandes volúmenes de reservas y que la recuperación de sus niveles saturados exija plazos de tiempo extremadamente dilatados, incluso de carácter secular, como se explica más abajo.

## 1.2. ¿Qué sacuíferos sufren explotación minera del agua subterránea?

Hablando en términos muy resumidos y con miras puramente expositivas, se dirá que, observada a gran escala, en la hidrogeología de la isla pueden diferenciarse tres tipos de acuíferos: el gran acuífero basal, los acuíferos costeros y los acuíferos colgados.

El acuífero basal constituye una gran masa de agua acumulada bajo el complejo geológico central de la isla.

Representa éste un edificio volcánico de gran volumen y altura –culmina a más de 3.000 metros sobre el nivel del mar– que, desde el punto de vista hidrogeológico, se significa por la heterogeneidad y anisotropía de sus subsuelos, por su baja permeabilidad general y alta porosidad o coeficiente de almacenamiento y por la gran profundidad a que desde la superficie del terreno se hallan por lo regular sus niveles saturados. Este acuífero constituye un domo que culmina sobre los 2.000 m de altura, y en el que cabe imaginar las ingentes masas de agua que puede haber depositadas.

Los acuíferos costeros forman las faldas de ese domo y son las vías de su salida al mar. Merced al perfil de la isla, las capas saturadas de zonas costeras están más cerca de la superficie del terreno que las del basal.

Esto, y la conformación geológica general de la isla, hacen que los subsuelos en los que se desarrollan sean bastante más permeables que los del basal. Así que almacenan reservas en escasa proporción, y con gran frecuencia se ven afectados por problemas de intrusión marina.

Los acuíferos colgados constituyen un incontable número de pequeñas masas de aguas subterráneas suspendidas por encima acuífero basal merced a la existencia en el subsuelo de capas volcánicas de baja permeabilidad y, por lo regular, reducida extensión. Esos niveles de aguas pueden originar afloramientos de manantiales naturales, casi siempre de cortas aportaciones, o acabar rebosando por el interior del terreno para sumarse a la infiltración que alimenta el acuífero basal.

La minería del agua se practica exclusivamente sobre el acuífero basal. En los otros no hay reservas significativas que explotar.

## 1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad de recursos de agua?

Antes de abordar esta pregunta es preciso adelantar alguna puntualización. En Tenerife las aguas subterráneas se captan de tres formas principales: bien se recogen las que ofrecen espontáneamente los manantiales naturales (abundantes en la isla, aunque siempre de cortos caudales), bien se extraen mediante pozos abiertos en acuíferos costeros, bien, finalmente, afloran en galerías que drenan en la inmensa mayoría de los casos el acuífero basal.

Véase en el siguiente cuadro de las disponibilidades hidráulicas de la isla en 2010, clasificadas con arreglo a su forma de captación o producción<sup>8</sup>.

### CAUDALES DISPONIBLES EN 2010

	caudales (hm <sup>3</sup> /año)	%
galerías convencionales	101,87	51,6
galerías–pozo	0,76	0,4
pozos canarios	32,23	16,3
pozos sondeos	20,30	10,3
galerías–nacientes	4,79	2,4
Manantiales	5,03	2,5
EDAM (desaladoras de a.m.)	21,16	10,7
aguas superficiales	2,03	1,0
reutilización a. depuradas	9,31	4,7
<b>TOTALES</b>	<b>197,48</b>	

De todos los caudales contabilizados en ese cuadro, sólo los de las galerías convencionales y los de un muy reducido número de pozos de la zona de La Laguna–Tacoronte provienen del acuífero basal, es decir, pueden suponer drenaje de reservas subterráneas. Las galerías–pozo y la gran mayoría de los pozos (sean canarios o sondeos) drenan acuíferos costeros. Los manantiales y las galerías–nacientes (esto es, manantiales a los que se ha practicado una pequeña socavación), acuíferos colgados.

De modo que la minería del agua se practica merced precisamente a un tipo concreto de mina: la galería de captación de aguas subterráneas. Es una larga perforación horizontal con ligera caída hacia bocamina al objeto de facilitar la salida de las aguas que se alumbran en ella. Puede penetrar muy profundamente en el subsuelo: en la actualidad, las mayores superan los 5 km de longitud, y llegan a tener sus frentes a más de mil metros bajo la su-

<sup>8</sup> Balance hidráulico de la isla de Tenerife (2010). Consejo Insular de Aguas de Tenerife

perficie del terreno. Se han ejecutado en crecido número: sin contar socavones, en la isla hay, con alumbramientos o sin ellos, y grandes o pequeñas, unas 500.

La particularidad de este tipo de explotación es que, a resultas de las condiciones del terreno, se nutren preferentemente de reservas subterráneas de aguas. Así que sus alumbramientos tienden por lo general al agotamiento, hasta que en plazo más o menos largo se secan completamente o quedan con un pequeño caudal residual correspondiente a los recursos de la corriente subterránea que los alimenta. Las galerías han de perforarse, por tanto, continuamente si se quiere mantener sus caudales. Hace unas décadas, esta actividad de reperfusión era muy intensa, induciendo un lento, pero continuo y muy notorio a largo plazo, abatimiento de los niveles freáticos, en algunas zonas del orden de varios centenares de metros.

En la actualidad, los trabajos de perforación han decaído mucho hasta el punto de estar casi extinguidos: en efecto, durante la década de los 60 del pasado siglo XX podían estarse perforando simultáneamente un centenar de galerías. Hoy, pueden contarse con los dedos de una mano las que se encuentran en actividad. No obstante lo cual, como se aclarará a continuación, el fenómeno del descenso de los niveles saturados sigue progresando.

Sin embargo, no todos los caudales de las galerías convencionales se deben al drenaje de reservas. Porque antes de llegar a los niveles del acuífero basal, es frecuente que afecten a acuíferos colgados con los que tropiezan en su avance. Además de que, como se ha apuntado, pueden mantener los caudales residuales que suministran los recursos de los afloramientos cuyas reservas ya se han agotado.

En Tenerife, el análisis del comportamiento de las aguas subterráneas se lleva a cabo mediante modelos matemáticos, a base de contrastar el comportamiento real del acuífero con las predicciones que sobre él proporcionan modelos formulados bajo ciertas hipótesis de recarga, explotación y condiciones hidrológicas del acuífero representado (el basal, fundamentalmente). Como se conocen con cierta precisión los descensos de los niveles saturados del subsuelo desde hace poco más o menos un siglo hasta ahora, y se cuenta además con un par de piezómetros muy profundos en el centro de la isla para controlar su evolución, tal contraste resulta significativo y permite ajustar bien en el modelo los parámetros básicos del acuífero; y, con ello, predecir con estimable grado de fiabilidad su comportamiento futuro. Así que estas simulaciones vienen a funcionar como una especie de ensayos de bombeo a gran escala del acuífero basal alimentado por los flujos de recarga que se le quieran suponer y sometido a extracciones (reales o hipotéticas) del conjunto de sus captaciones.

El Consejo Insular de Aguas de Tenerife mantiene con cier-

ta regularidad esta línea de estudio, de modo que poco más o menos cada lustro se reajusta el modelo existente (el actual recibe la denominación de MFS-02) en función de los datos disponibles en cada momento. Así que durante los últimos años se han llevado a efecto tres actualizaciones: una Revisión y actualización del modelo de simulación del flujo subterráneo en la isla de Tenerife (junio de 2002); un Análisis de la viabilidad de validar el modelo de simulación del flujo subterráneo (MFS-02), tras la Incorporación de los nuevos datos disponibles (marzo 2008) y un Servicio para simular la evolución del sistema acuífero, periodo 2004-2040, usando el modelo de flujo subterráneo (MFS) (enero 2011).

La última revisión operó con varias hipótesis de recarga del acuífero (dependiendo de posibles alternativas de cambios climáticos) y con diferentes supuestos sobre sus extracciones. Y todo ello proyectando la simulación hasta el horizonte del año hidrológico 2039-40, con algunas comprobaciones adicionales hasta el 2200.

Véanse, pues, las conclusiones de esa última actualización...:

Respecto a los datos de las hipótesis de futuro:

- 1.- La recarga de las tres hipótesis PT de máxima afectación del cambio climático, T de mínima y M media de las anteriores, son inferiores a las del periodo de referencia (1944-07) entre un 4 y un 27%, y con distribución espacial ligeramente diferente.
- 2.- Como consecuencia, aún sin cambio de extracciones, los niveles futuros tenderían a bajar los niveles actuales.
- 3.- Para intentar compensar este efecto, el CIATF propone reducir las extracciones, entre un 28 y un 44% en la media del periodo 2008-39 respecto al de referencia 1976-07. La simulación de las distintas combinaciones de hipótesis de recarga y extracción permite valorar si esta compensación es suficiente para tender a la estabilización de los niveles.
- 4.- Las nuevas recargas 1944-07 calculadas con el modelo de hidrología superficial de malla refinada cambian el ajuste de los niveles calculados a los observados alcanzado en el MFS de 2007. El reajuste es diferente según las zonas de la Isla, mejorando en unas y empeorando en otras. En general, los niveles suben en todo el NE y bajan en el resto, con la zona VI como transición.

Respecto a las previsiones de las hipótesis de futuro:

- 1.- Los análisis se han realizado comparando hipótesis con la misma recarga y distinta extracción, porque éste es el único factor que depende de la decisión del CIATF y los usuarios del agua.
- 2.- Como análisis secundario, se comparan los resultados para una determinada extracción y distintas recargas, para establecer el rango de situaciones futuras en función de la afección del cambio climático, que introdu-

ce una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del sistema.

3.- La influencia cualitativa de las extracciones sobre los descensos previsibles en 2040 –es decir, sobre la evolución de los niveles y las reservas de agua subterráneas– es parecida incluso en casos extremos de recarga.

4.- Las extracciones mínimas (CB) producen niveles más altos que si se aplicaran las máximas (AD). Sin embargo, cuantitativamente la diferencia entre ambas hipótesis en 2040 es pequeña ya que las diferencias de nivel medio por sector de menos de 2 m ocupan la mayor parte de la superficie en cualquier hipótesis de recarga.

5.- La conclusión esencial que se desprende de estos análisis es que en el horizonte de 2040 la influencia de la reducción de las extracciones sobre los niveles es, en principio, escasa.

6.- La conclusión anterior se matiza cuando se analiza la evolución de la aportación de las reservas. Los resultados obtenidos indican que entre el 60 y el 90% de la disminución de las extracciones, variable según las hipótesis que se comparen, se invierte en reducir la aportación de las reservas.

7.- Por lo tanto, se puede concluir que la reducción de las extracciones –única opción que tiene el CIATF para tender a la estabilización de los niveles–, es un procedimiento muy eficiente en términos de reducción de la aportación de reservas. Sin embargo, la estabilización de niveles no se alcanzaría en 2040 en ninguna de las hipótesis de extracción y/o recarga.

8.- La afección del cambio climático –dentro del rango supuesto en las hipótesis de recarga– tiene bastante más influencia en los niveles que la hipótesis de extracción. Las diferencias de nivel medio por sector para la misma extracción entre las hipótesis extremas de recarga son del orden del doble de las producidas por las hipótesis extremas de extracción.

Respecto a la evolución del sistema en la hipótesis de referencia del Plan Hidrológico de recarga y extracción intermedias (M – TR):

1.- La respuesta del acuífero a esta hipótesis de recarga y extracción no difiere mucho de las de extracción máxima o mínima, que eran parecidas entre sí como indicaba la figura 2.3.

2.- Igual que las otras hipótesis, reduce progresivamente las salidas al mar y, consecuentemente, la aportación de las reservas. La figura 2.6 muestra la evolución de las recargas, extracciones, salidas al mar y aportación de las reservas entre 1925–26 y 2039–40 suavizada mediante las medias móviles de 10 años para facilitar el análisis. Se observa la lenta tendencia a la disminución de las salidas al mar que a su vez provoca una reducción de la aportación de las reservas, menos visible por las fuertes variaciones interanuales de la recarga.

Todo lo expuesto pone de relieve lo ya apuntado: las especiales condiciones de inercia del acuífero basal tinerfeño, a raíz, sobre todo, de la baja permeabilidad de los subsuelos en que se emplaza. Se da pues la circunstancia llamativa de que la estabilización de sus niveles saturados –esto es, la consecución del equilibrio entradas–salidas del acuífero– es asunto para plantear en términos de décadas, pero de muchas décadas.

Han de añadirse a esto a esto los resultados de una versión anterior del modelo que reflejan bien las circunstancias cuantitativas del acuífero tinerfeño, obtenidos en un informe de Isabel Farrujia de la Rosa, Juan José Braojos Ruiz y José D. Fernández Bethencourt<sup>9</sup>. Esos datos quedan resumidos en el siguiente cuadro. Cabe observar en él que la extracción de reservas ha variado entre 6 hm<sup>3</sup>/año (un 1% de los caudales entrados al acuífero y un 8% del total de las extracciones) en 1930, a 115 hm<sup>3</sup>/año (28% y 57%, respectivamente) en 1997 y a los 114 hm<sup>3</sup>/año (35% y 66%) previstos para 2010. Adviértase, no obstante, que las extracciones de 2010 terminaron siendo bastante inferiores (unos 12 hm<sup>3</sup>/año) a las previstas al redactarse ese informe.

		año 1930		año 1997		año 2010 (*)	
		hm <sup>3</sup> /año	%	hm <sup>3</sup> /año	%	hm <sup>3</sup> /año	%
<b>ENTRADAS</b>	infiltración	421	93				
	retorno riegos	31	7				
<b>SALIDAS</b>	extracciones	57	13				
	flujo al mar	396	88				
<b>Δ de RESERVAS</b>		-6	-1	-115	-29	-114	-35
<b>ENTRADAS TOTALES</b>		452	100	412	100	335	100
(*) predicción							

#### 1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?

La extracción de reservas del subsuelo ha sido esencial para el desenvolvimiento de la isla. Ya se ha apuntado que la previsión para 2010 era que dos tercios del caudal total extraído del subsuelo provinieran de reservas. Como ese mismo año las aguas subterráneas representaban más del 80% de los caudales disponibles en la isla, resulta que por encima del 50% del abastecimiento insular tuvo su origen en reservas subterráneas.

En épocas anteriores estas cifras no fueron muy diferentes. Seguramente décadas atrás resultaría menor la parte de las aguas subterráneas extraídas de reservas, pero al tiempo, y al no existir aún ni desalación ni reutilización de aguas depuradas, los caudales de origen subterráneo cubrían la casi totalidad del suministro hidráulico insular. Así que probablemente no constituye una exageración afirmar que en la segunda mitad del siglo XX y los años que se llevan del XXI, la extracción de reservas de aguas del subsuelo ha cubierto por encima del 50% del total de los consumos hídricos de la isla<sup>10</sup>.

[Como inciso se manifestará que, antes de la desalación y reutilización, la isla apenas contaba con otros recursos hidráulicos que los de origen subterráneo. Porque aunque en ella se ha erigido una voluminosa infraestructura de captación de aguas superficiales, los caudales de este origen supusieron en 2010 apenas el 1% de los consumos hídricos insulares, y eso gracias a que ese año fue bastante lluvioso.]

El problema de la calidad del agua es similar al de la cantidad. Sintetizando al máximo se dirá que en la isla hay tres problemas de contaminación de las aguas subterráneas: el de origen volcánico, que es con diferencia el más importante; en segundo término, el producido por la intrusión marina en acuíferos costeros que afecta a buena parte de los caudales obtenidos mediante pozos; y, en tercer lugar, el debido al vertido en el subsuelo de efluentes humanos, que es relativamente menor (son apreciables ciertas concentraciones de nitratos de algunos acuíferos costeros, pero prácticamente sólo en ellos).

Ahora bien, la contaminación volcánica tiene mucho que ver con la forma en que se aprovechan las aguas del acuífero basal. A medida que van drenándose reservas, las galerías han de penetrar más y más en el subsuelo, alumbrando por tanto aguas cada vez de mayor profundidad, lo que significa, más contaminadas por el vulcanismo (es muy notoria, por ejemplo, la presencia de elevadas concentraciones CO<sub>2</sub> o de flúor en ellas). Este es, pues, el segundo aspecto del problema de la minería del agua tinerfeña: el paulatino, pero inexorable, empeoramiento de la calidad química de los caudales que proporciona. No se va a dedicar más espacio al asunto porque sus detalles están recogidos en la documentación de la planificación hidrológica de la isla (página web del Consejo Insular de Aguas de Tenerife). Por ejemplo, los que se exponen en el capítulo XVIII de la Memoria del Plan actualmente en tramitación.

Y el tercer problema asociado a la minería hidráulica es el del progresivo encarecimiento del agua resultante de las grandes profundidades a las que en la actualidad se alumbraba el agua de galerías y de la extrema dificultad del laboreo minero a esas profundidades. Ese encarecimiento se hizo muy ostensible a partir de la segunda mitad del siglo XX.

<sup>9</sup> www.ciccp.es/biblio\_digital/tema\_III/congreso/pdf/010307.pdf

<sup>10</sup>Adjuntamos el informe denominado Análisis estadístico de la evolución histórica de los alumbramientos de agua mediante galerías en la isla de Tenerife, de J.J. Braojos Ruiz, en el que se presenta la evolución de las captaciones con galerías convencionales en la isla a lo largo de buena parte del siglo XX.

## 1.5. Si cesara la explotación, ¿cuáles son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y en qué circunstancias?. Comentarlo.

Probablemente, la completa recuperación de los niveles del acuífero basal solo puede contemplarse –si acaso– en horizontes seculares. En las condiciones más favorables, tal vez se produciría hacia el 2200 o 2300. Lo cual se afirma de acuerdo con los análisis del modelo matemático ya aludido. Véase lo que al respecto se dice en el informe de enero 2011 (a partir de su pág. 63) en el caso hipotético de completa paralización de las extracciones y en un supuesto de recarga máxima (excusado es decir lo que se deduciría de otras hipótesis menos favorables a estos efectos):

Hipótesis de recarga máxima T (figura 4.15)

- El comportamiento general es muy diferente al de la hipótesis de recarga mínima: los gráficos son más azulados, lo que indica que los niveles tienden a subir más que a bajar, porque la recarga media es parecida a la del pasado reciente y se eliminan las extracciones.
- Las variaciones de nivel son, en general, menores que en la hipótesis de recarga mínima.
- Hasta el año 2040 los niveles medios tienden a subir salvo en nueve sectores en que bajan. Probablemente se debe a la influencia de la anulación de las extracciones.
- Entre 2040 y 2100 los niveles en la Dorsal NE siguen subiendo mucho y un buen número de sectores del resto prácticamente se han estabilizado (en blanco). Sin embargo, en Cañadas y alrededores se producen descensos del orden de 20 m, porque la recarga es inferior a la del periodo histórico anterior a 2005 (ver gráfico superior derecho de la figura 3.5).
- Entre 2100 y 2150 siguen subiendo los sectores de la Dorsal NE y sus medianías y bajando los de Cañadas y alrededores.
- Entre 2150 y 2200 sigue la tendencia a subir en dicha Dorsal y Cañadas sube ligeramente probablemente como resultado del reajuste de los sectores circundantes. Los sectores que circundan Las Cañadas presentan aún descensos de 2 a 4 m.
- Por lo tanto, tampoco en este caso se han estabilizado los niveles, aunque se diferencia del anterior en que el número de sectores que continúan bajando es mucho menor, unos 10 frente a más de 20, y en general con menores descensos.
- En la hipótesis de recarga máxima el funcionamiento es diferente que en la mínima, porque la recarga media es parecida a la del periodo histórico de referencia 1976–07 (figura 3.5, gráfico superior derecho). Por lo tanto, los niveles tienden a subir como consecuencia de la anulación de las extracciones.

En este punto, pues, y precisamente a propósito de la explotación de las reservas subterráneas, se nos ocurre aludir a cuatro cuestiones de interés práctico. Se refiere la primera a qué volumen de agua hay almacenado en el subsuelo insular. Porque no puede ser infinito. Pero no se tiene contestación segura a esta pregunta. Los modelos de simulación operan bajo la hipótesis de que a cierta profundidad la impermeabilidad del terreno será total y no habrá flujo subterráneo ni agua susceptible de ser extraída (conformando lo que se suele conocer como el zócalo impermeable.) Pero de él se ignora casi todo, tanto lo relativo a su posición como a sus restantes circunstancias.

La segunda cuestión concierne a si, en todo caso, cabe plantear una recuperación de los primitivos niveles del acuífero basal. Se han aportado las conclusiones del modelo vigente en la hipótesis de suspensión total de las extracciones que se practican en él. Pero es éste, claro, un supuesto teórico. Porque en realidad esa posibilidad (al margen de que sea impensable desde el punto de vista social) sería posiblemente inalcanzable.

En efecto, puede imaginarse el acuífero basal como un inmenso depósito en cuyas paredes se hubieran practicado centenares de agujeros correspondientes a las galerías que han llegado hasta sus niveles saturados. Y sucede que no será posible cerrarlos.

En la isla de La Palma se ha llevado a la práctica –parece que con éxito– la reconstrucción artificial de las estructuras geológicas (los diques hipogénicos) afectadas por la perforación de alguna galería, con lo cual ésta se ha convertido en algo así como el desagüe de fondo de un embalse subterráneo (en este caso, lo de «embalse subterráneo» no podría ser más literal). Pero en Tenerife, ensayos de esta naturaleza no parece que hayan dado resultados apreciables. Por tanto, en esta isla puede aspirarse a que cese el drenaje de reservas, estos es, a que se estabilicen los niveles saturados del acuífero basal, pero no a que recuperen la posición que tuvieron cuando comenzaron a perforarse las galerías.

La tercera cuestión a plantear se refiere a qué interés hay en que se produzca esa recuperación o qué beneficios cabe esperar de ella. La verdad es que probablemente serían irrelevantes. Porque, ¿qué utilidad tendría, por ejemplo, que los niveles saturados del acuífero basal volvieran a su profundidad original –póngase por caso, a 500 bajo la superficie del terreno– en lugar de a los 1.000 m a que pueden estar ahora en alguna zona? Y a este respecto cabe subrayar que originalmente este acuífero afloraba a superficie de la isla en muy contados puntos, por lo que su papel en la ecología insular debía ser poco significativo. Y en todo caso, las corrientes superficiales que nacían en esos pocos puntos se secaron o se captaron hace probablemente más de 150 años. Por tanto, la referida recuperación de niveles primitivos del acuífero no reportaría beneficio algunos de tipo ni ecológico ni social.

La última, y más importante, cuestión a tratar estriba en qué caudal residual de galerías quedará disponible cuando cese definitivamente el actual proceso de extracción de reservas y, adicionalmente, cuánto tiempo tardará en alcanzarse la subsecuente estabilización de aportaciones. Los modelos matemáticos no permiten contestar esa pregunta, porque en ellos las extracciones son un dato, no un resultado de la simulación. Así que el fenómeno solo puede enfocarse empíricamente. Sépase al efecto que en 1974 (SPA-15) las galerías proporcionaban 200,4 hm<sup>3</sup>/año; en 1991 (Plan Hidrológico de Tenerife), 148 hm<sup>3</sup>/año; y en 2010, 107,4 hm<sup>3</sup>/año (suma de aportaciones de galerías convencionales, galerías-pozo y galerías-nacientes.) A partir de estos datos pueden extraerse algunas conclusiones más o menos verosímiles. Por ejemplo, en las hipótesis de que desde 1991 no se hayan perforado galerías en la isla (en realidad, se ha perforado en pocas) y de que el fenómeno de descenso de caudales del conjunto de ellas pueda representarse con una ley exponencial típica de los procesos de agotamiento hidrológico, hacia el 2050 les quedarán caudales del orden de 55 hm<sup>3</sup>/año. Esta es una aproximación grosera a un fenómeno en extremo complejo, pero tal vez no desenfocada del todo si en verdad se deja de perforar galerías.

Según lo comentado, la cuestión del empeoramiento de la calidad química de los recursos captados como consecuencia de la contaminación volcánica es una manifestación de la del descenso de los niveles freáticos. Según se estabilicen éstos seguramente se estabilizará aquélla, y si no se estabilizan unos probablemente tampoco llegará a estabilizará la otra. No son, pues, sino dos caras del mismo problema.

### **1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?**

Esa incertidumbre es la propia de datos hidrológicos bien estudiados y controlados. Lo cual se manifiesta porque la actividad de investigación y vigilancia de los acuíferos de la isla puede reputarse de, al menos, aceptable. En ella, se han llevado a cabo durante estas últimas décadas inventarios de disponibilidades hidráulicas (apoyados en amplias campañas de aforos oficiales) casi todos los años. Así pues, año tras año se evalúan las aportaciones de todas y cada una de sus galerías, pozos y nacientes. El primer inventario de recursos hidráulicos de la isla se inició en 1972, y desde entonces para acá se ha mantenido una actividad regular de seguimiento del estado de estos recursos y de sus obras de captación, un seguimiento que desde hace década y media se ha convertido en sistemático y de frecuencia prácticamente anual.

Además, el agua es un bien escaso y costoso y, en su casi práctica totalidad, de propiedad privada. De modo que sus dueños suele prestar atención cuidadosa a la evolución de sus caudales y calidades químicas, por lo que ambas cosas les suponen como renta y riqueza. Ello hace posible la fácil obtención de datos sobre disponibilidades hídricas mediante encuesta y asegura un control continuo de cualquier contingencia que pudiera surgir en el comportamiento del acuífero.

En cuanto a la infiltración y restantes parámetros hidrológicos, se han estudiado con suma minuciosidad. Así, por ejemplo, las evaluaciones de la infiltración se llevan a cabo mediante modelos de análisis planteados a base de una cuadrícula de 200 m de lado que cubre toda la superficie de la isla<sup>11</sup>.

Por tanto, puede confiarse razonablemente en el grado de conocimiento de la hidrología general de la isla. El autor de este informe no cree que quepan muchas dudas en lo tocante al diagnóstico esencial de su estado y su evolución. Y, desde luego, las dudas que puedan plantearse en este terreno no son atribuibles a falta de atención o dedicación al problema por parte de los organismos competentes en la materia.

### **1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?**

El que suscribe entiende que el grado de conocimiento que se tiene acerca de la situación hidrológica de la isla es suficiente para diagnosticar el aspecto general o básico del problema hidráulico insular. Aunque desde luego, no para precisar cuestiones de índole práctica de gran trascendencia, como la ya referida antes a propósito de cómo evolucionarán los caudales de galerías en un futuro a medio plazo. Pero se estima que estas incógnitas difícilmente quedarán despejadas por más dedicación y recursos que se destinen a su estudio.

A juicio del autor de estas páginas, por tanto, lo que ha de hacerse es mantener los actuales niveles de atención que las Administraciones competentes dedican a los problemas hidrológicos y a los relacionados con los usos del agua. Lo que incluye especialmente, el mantenimiento de los balances de recursos hidráulicos que se llevan practicando desde hace una década y la revisión periódica de los trabajos de modelización matemática.

## 1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?

El cuadro de abajo tal vez proporcione una visión panorámica adecuada de la evolución a largo plazo que ha experimentado el consumo insular de aguas blancas:

### CONSUMOS DE AGUAS BLANCAS (hm<sup>3</sup>/año)

	1974 (SPA-15)	1990 (PHTF)	2010 (balance)
agricultura	161	109,2	78,1
abasto urbano	41	62,7	74,9
turismo		14,1	18,1
industria	6	5,3	4,3
servicios			1,3
campos de golf			1,2
	208	191,3	

Con respecto a estos datos ha de puntualizarse que, en los consumos de 1974, el abasto urbano incluía el turismo y los servicios. No se cuantificaron los consumos de campos de golf porque en aquellos años en la isla había sólo uno que además no se regaba o se regaba en escasa medida. Tampoco existían aprovechamientos de aguas depuradas. En los datos del 2010, los relativos a servicios incluyen diferentes demandas (puertos, aeropuertos, instalaciones militares, riegos de jardines extraurbanos, consumos en grandes obras de infraestructura, etc.) que estrictamente no pueden clasificarse como urbanos, agrícolas o industriales. Como se ha dicho, en 1974 y 1990 estaban posiblemente incluidos dentro del abasto urbano.

Ha de tenerse en cuenta, en todo caso, que 23,2 hm<sup>3</sup>/año de los consumos señalados en 2010, estaban cubiertos por aguas desaladas y superficiales. Tal como se tienen controlados los usos del agua en la isla sería posible, aunque en extremo trabajoso, separar los consumos que se sirven de caudales con este origen, y sería muy trabajoso porque comúnmente en la isla las aguas no van directamente desde su punto de obtención al de destino, sino que previamente pasan por canales en los que se mezclan caudales de distinto origen y con destinos diferentes. Así que seguir a un caudal determinado en su recorrido por esos canales reclama no poco esfuerzo de análisis de datos. Simplificando las cosas, por tanto, para separar los consumos a cargo de aguas desaladas y superficiales basta con suponer que estas segundas van preferentemente a agricultura (en una proporción del 80%) y aquellas primeras casi totalmente a consumos no agrícolas.

A fin de completar la información, se proporciona a continuación el cuadro de la reutilización en la isla de aguas depuradas:

### CONSUMOS DE AGUAS BLANCAS (hm<sup>3</sup>/año)

	1974 (SPA-15)	1990 (PHTF)	2010 (balance)
agricultura	-	-	5,6
servicios	-	-	1,8
campos de golf	-	-	1,2
	-	-	8,6

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico.

Entre finales del siglo XIX y la década de los 70 del XX, la explotación de las aguas subterráneas –y la minería del agua en concreto– representaron un factor fundamental del desenvolvimiento social y económico del archipiélago, y muy en particular de Tenerife.

Los años 80 del siglo XIX presenciaron el fin del modelo económico del Antiguo Régimen en Canarias y el arranque del ciclo de su agricultura de regadío y exportación, esto es, de la llamada etapa frutera de su historia.

Y esta agricultura era y es por completo dependiente del regadío y por tanto del agua. De suerte que a partir de entonces la intensa investigación de los recursos y reservas hidráulicas subterráneas de las islas marcaría el rumbo económico del archipiélago.

Para imaginar cómo podría haber evolucionado Tenerife sin las disponibilidades hidráulicas extraídas de su subsuelo valga quizás una comparación con Fuerteventura. Las dos islas no son muy distintas en extensión (2.034 km<sup>2</sup> de aquella frente a los 1.660 km<sup>2</sup> de ésta), pero en tanto que Tenerife disfrutó y disfruta de la posibilidad de explotar caudales subterráneos, Fuerteventura, mucho más seca, no, o en mucha menor medida. Y véase en el siguiente cuadro lo que esta posibilidad significó en cuanto a la evolución comparativa de sus poblaciones:

### EVOLUCIÓN DEL N° DE HABITANTES DE TENERIFE Y FUERTEVENTURA

	1842	1900	1930	1970	1990	2013
Fuerteventura	9.788	11.662	13.629	17.957	40.012	109.174
Tenerife	83.381	137.302	224.329	473.97	663.306	897.582
% Fuert./Tenerife	11,7	8,5	6,1	3,8	6,0	12,2

Probablemente, estas cifras sean por sí mismas suficientemente explícitas. El número de habitantes de Fuerteventura –isla con evidente inferior capacidad para sustentar población por su condición semidesértica– pasó de representar un 11,7% del de Tenerife a mediados del siglo XIX a un 8,5% en 1900, cuando en ésta segunda había arrancado ya (aunque todavía no en todo su vigor) la etapa frutera de su economía. Ese porcentaje siguió decreciendo conforme la exportación de fruta propiciaba el desarrollo de Tenerife, y no podía hacerlo con el de Fuerteventura. Así que las diferencias de crecimiento poblacional entre una y otra isla aumentaron, sobre todo a partir de 1930, cuando el florecimiento de la minería hidráulica permitió la gran expansión del regadío tinerfeño.

Naturalmente, la variable demográfica representa sólo la fachada de los numerosos reajustes estructurales que acompañaron a esas modificaciones. Pero es muy gráfica a la hora de revelar cómo fueron cambiando los ciclos económicos canarios según avanzaba el siglo XX: desde el agrario tradicional y de subsistencia al de una intensiva economía frutera de regadío y exportación, modelo que a su vez dio paso a partir de los pasados años 70 al del turismo de masas como nuevo motor de la economía del archipiélago.

Y es que desde esa década de los 70, dos cambios en la base económica canaria, invirtieron aquella anterior situación de desventaja de las islas secas: la entrada a escena, por un lado, de la mencionada nueva fase productiva: la basada en el turismo de masas, que poco a poco fue desplazando a la agricultura de regadío de su papel de protagonista de la economía; y en segundo término, la desalación de agua del mar, que mitigaría la dependencia de las islas de sus aguas subterráneas. Ambas transformaciones cancelaron la ventaja comparativa de las islas con aguas subterráneas frente a las que no las tenían. Lo cual, como se acaba de ver, pronto tuvo reflejo en la evolución de sus poblaciones.

El asunto ha llegado al punto paradójico de que en Canarias hay ahora una correlación negativa entre riqueza y disponibilidad de agua. Es, ciertamente, un hecho que cada isla del archipiélago tiene tantas más posibilidades de disfrutar de mejores rentas cuanto más seca es (y por tanto más atractiva para el turismo de sol y playa.) Y a tal efecto contéplense los datos del siguiente cuadro en el que se muestra el VAB agregado a precios de mercado de 2010 comparado con la pluviometría media de cada una de las islas del archipiélago:

Isla	pluviometría (mm)	VABpm per cápita (2010) €
Lanzarote	156	18.791
Fuerteventura	120	19.486
Gran Canaria	300	17.285
Tenerife	425	17.781
La Gomera	369	17.889
La Palma	740	16.195
El Hierro	268	19.073

## 2.2. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un factor de progreso económico y de bienestar? ¿Es sustentable?.

Se empezará contestando la segunda pregunta. El sistema de explotación de reservas subterráneas y, por tanto, el modelo económico frutero basado en él, no es sostenible a largo o muy largo plazo. Ello resulta algo por demás evidente. Como se dijo, de hecho ha sido sustituido ya en gran medida por otro vinculado principalmente al sector terciario. Y desde luego este cambio de ciclo lleva tiempo rebajando los consumos de aguas subterráneas de la isla, cosa que seguramente seguirá sucediendo en un futuro a medio plazo.

Sobre la primera parte de la pregunta: la de si la utilización intensiva de las aguas subterráneas ha representado un factor de desarrollo y de bienestar, ha de hacerse remisión a lo que se acaba de explicar: la explotación de reservas de aguas subterráneas hizo posible el desarrollo del episodio frutero de la economía del archipiélago. Esta etapa productiva cubrió casi un siglo de su historia, un siglo de gran expansión poblacional y de intensas transformaciones sociales y económicas. Por lo que atañe al dinamismo que introdujo en sus economías y a su capacidad de transformación social, la agricultura de regadío –y la minería del agua como su fiel compañera– representaron un indudable factor de progreso para Canarias y, muy en particular, para Tenerife.

Pero sobre lo que ello reportó a largo plazo a la región y a esta isla en cuanto a bienestar y a progreso social equitativo e independiente, las opiniones pueden resultar bastante divergentes. Pues ese modelo llegó al archipiélago

<sup>13</sup><http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxi-istac/tabla.do>.



con muchas luces, pero también con sombras. De hecho, el historiador canario Osvaldo Brito González lo denominó «modelo de explotación capitalista periférica», y lo consideró emparentado con el colonialismo económico inglés de la segunda mitad del siglo XIX.

Así que si la economía frutera supuso en Canarias un acelerado proceso de acumulación capitalista (en forma, entre otras cosas, de inversiones hidráulicas), también implicó la enajenación de sus recursos naturales; sin duda incrementó substancialmente la oferta de trabajo a disposición de la población, y por tanto en algo palió los tradicionales problemas regionales de excedentes de población y emigración exterior, pero entrañó asimismo la proletarianización del campo canario. Estas contradicciones y otras muchas hacen que los diagnósticos de estos asuntos resulten en extremo complejos y espinosos.

## **2.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) estrangular el desarrollo y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?**

Probablemente, al respecto habrá opiniones para todos los gustos. El autor de estas páginas duda de que hoy día la extracción de aguas subterráneas sustente de modo decisivo las posibilidades de desarrollo de la isla. Porque, como se acaba de significar, la sobreexplotación hidráulica fue en ella un fenómeno episódico y ligado a la economía frutera que a estas alturas ha declinado significativamente. Es decir, el agua ha dejado de ser lo que fue durante prácticamente un siglo: un combustible fundamental de la economía tinerfeña en cuanto factor indispensable de su agricultura de regadío y de exportación.

Tal vez ahora esa economía dependa más de factores tales como el coste de la energía (desalación y coste del transporte), el precio del transporte aéreo, la situación económica de los países que alimentan su demanda turística, la estabilidad de los países que compiten con el archipiélago en el mercado turístico europeo y otras circunstancias semejantes que de la mayor o menor dotación de caudales o de la carestía del agua.

Como quiera que sea, es evidente la isla deberá contar siempre con una dotación de caudales mínima y suficiente para abastecer a su población –muy densa, como se ha dejado ver– y para sostener su desenvolvimiento económico vinculado ahora mayormente al sector terciario. Pero probablemente, bien explotados esos recursos hídricos, no será preciso explotar reservas subterráneas en forma tan violenta con que se hizo en el siglo XX. Que es la dirección en la que se apunta en estos momentos, pues cada vez en la isla se consume menos agua, y es menor la proporción de ella dedicada a la agricultura.

## **2.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un impulsor del desarrollo económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?**

Según lo dicho, no se cree que lo siga siendo ni que lo vuelva a ser. Muy al contrario, se piensa que la minería del agua es un capítulo ya casi cerrado de la historia de Tenerife, un capítulo del que, si acaso, se están escribiendo sus últimas páginas.

## **2.4. ¿Cuál es el balance económico importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?**

Se vuelve a lo que apuntaba antes: ¿es necesario señalar que las dinámicas sociales son fenómenos en extremo complejos y de muy difícil interpretación y enjuiciamiento? Ya se ha señalado que los recursos subterráneos –en Tenerife, sobre todo sus reservas– fueron los protagonistas del desenvolvimiento de una etapa de su economía. Poco más puede decir el autor de estas páginas. Plantear en toda su amplitud el balance de esta fase económica sería como juzgar al completo la historia de Canarias del siglo XX..., cosa muy lejos, desde luego, de sus intenciones y, sobre todo, de sus posibilidades.

## **2.5. ¿Se ha considerado el valor del agua y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?**

Al respecto, véanse unas líneas del trabajo Los costes en alta del agua de Tenerife, que se adjunta. Sus datos se refieren a 2005.

*Las estimaciones más fiables acerca del aprovechamiento de las aguas subterráneas de la isla indican que las reservas de su subsuelo descendieron de 60.201 hm<sup>3</sup> a 54.452 hm<sup>3</sup> en el período 1926–1997. Así pues, en ese plazo se extrajeron de ellas 5.749 hm<sup>3</sup>, es decir, muy poco menos del 10% de su volumen inicial. Sin embargo, en las zonas más explotadas, esto es, en las más productivas desde el punto de vista hidráulico, este descenso ha sido notoriamente superior, sobrepasando el 20% en gran parte de los casos, y acercándose incluso al 40% en algún otro (vg. Fasnía.) Además, el mismo modelo de simulación de flujo subterráneo cifraba las extracciones de reservas de la isla correspondientes al año 1997 en unos 115 de hm<sup>3</sup>, que*

representaban el 55% de los caudales anuales extraídos. Estas cifras pueden suponer las actuales condiciones de la explotación del acuífero de la isla. En Tenerife, por tanto, el 50% poco más o menos de los caudales subterráneos captados en la actualidad lo son con cargo a las reservas de agua de su subsuelo.

Si tales reservas se valoran al precio promedio del agua de las diferentes zonas de la isla –representado, por ejemplo, por los 0,50 €/m<sup>3</sup> que paga por ella el suministro de Santa Cruz de Tenerife– resulta durante el siglo XX se han drenado reservas por importe de unos 3.000 M€. Sépase, por otra parte, que el nivel actual de extracción de esas reservas puede rondar los 60 M€/año.

Por lo demás, con respecto a los costes de pérdida de calidad del agua resultante de la explotación de niveles freáticos cada vez más profundos conviene traer a colación los tratamientos que Baltén debe aplicar a las aguas de galerías del norte de la isla para destinarlas a los abastecimientos municipales de la zona, (plantas de los Altos de Icod y Cruz de los Tarifos), cuyos costes ascienden, por término medio a 0,18 €/m<sup>3</sup> (sin tener en cuenta la amortización de las plantas.) Si se supone que este tratamiento fuera necesario para al 50% de las aguas de galerías (hipótesis que tal vez no se halle muy lejos de la realidad), el coste consecuente con la mala calidad del agua de galerías alcanzaría los 10 M€/año.

En todo caso, el que hasta ahora sólo se haya extraído el 10% de las reservas de agua de la isla en modo alguno debe tomarse como una invitación al optimismo. En efecto, tal cual se ha apuntado, en las zonas de explotación más favorable esta fracción es substancialmente superior. Ha de tenerse presente, además, que no todas las reservas son explotables a costes y con calidades de agua razonables. De hecho, hoy por hoy el fenómeno de la explotación de las reservas de agua del subsuelo se antoja claramente avanzado, tanto como para que las labores de perforación de galerías parezcan encontrarse en vías de extinción.

Parece, pues, que el valor de mercado de los recursos subterráneos de la isla (como se explicará algo más adelante, el agua se gestiona en Tenerife en condiciones de total libertad de mercado) alcanzó en 2005 en torno a los 60–70 M€.

En la isla y ese mismo año el valor añadido bruto agregado (a precios de mercado) de su sistema productivo alcanzó unos 14.000 millones de €. Todo lo cual nos lleva a manifestar que la participación del sector hidráulico en el PIB insular será a lo sumo de alguna milésima. Es de subrayar, además, que el valor de todas reservas extraídas del acuífero tinerfeño podría suponer alrededor del 20% de ese VABpm insular agregado de 2005.

Lo cual pone de relieve la escasa participación del sector del aprovechamiento hidráulico en las macromagnitudes económicas de la isla. Este hecho no tiene nada de especial. Por lo común, en las economías modernas –y probablemente también en las menos modernas– los recursos

hidráulicos pesan poco por sí mismos en las cifras de sus agregados macroeconómicos.

Por lo demás, respecto a la pregunta epigrafiada de si se ha considerado el valor del agua y del acuífero en el balance económico, se contestará que se ignora a ciencia cierta si el líquido elemento se incorpora a la contabilidad regional, o cómo se incorpora a ella (probablemente dentro de la producción final agraria en su mayor parte.) Pero el que se produzca o no esa incorporación parece a la postre irrelevante cuando se valora la importancia de ese recurso dentro de un sistema productivo. Porque el papel del agua en una economía trasciende siempre y con mucho su peso cuantitativo en las macromagnitudes regionales.

## 2.6. ¿Qué papel juegan las subvenciones directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Esta es cuestión que precisa dos respuestas según se haga referencia a períodos anteriores o posteriores a la descentralización de la administración hidráulica resultante a las transferencias en materia de aguas de la Administración Central a la Autonómica.

Por lo que concierne a la gestión hidráulica del archipiélago cuando era competencia de aquella Administración Central cabe manifestar que en Tenerife y en el archipiélago en general –si acaso con la sola excepción de La Gomera y un poco de Gran Canaria– las inversiones públicas –directas o indirectas– nunca contribuyeron de manera apreciable a la captación de los recursos hidráulicos. En realidad, las subvenciones tampoco representaron un componente fundamental de las relaciones agua–poder público. Sobre este aspecto y sobre el de las inversiones directas del Estado en la infraestructura hidráulica de Tenerife se da alguna opinión adicional en un próximo capítulo. Por ahora se pasará al concreto aspecto de las subvenciones.

Antes de aquellas transferencias, sólo se promulgaron dos leyes especiales para las aguas canarias; una, de 27 de diciembre de 1956, se refería a los heredamientos de aguas (es decir, a las Comunidades de Aguas), a los que reconocía personalidad jurídica; la otra, se tituló Ley 59/1962, de 24 de diciembre, sobre aprovechamientos de aguas y auxilios a los mismos en Canarias. Visto el título y el rango de esta segunda disposición, cabría pensar que el sector público otorgó gran importancia a las ayudas a los aprovechamientos hidráulicos del archipiélago. Pero si existió interés estatal por este asunto, la verdad es que por lo menos en Tenerife la cosa se notó poco. La exposición de motivos de la disposición finalizaba de la siguiente manera:

*En segundo lugar se fija el sistema de ayudas de acuerdo con una técnica diferenciada, de modo que si ha de recibirla un Cabildo Insular o una Comunidad de Regantes*

constituida para un aprovechamiento de aguas públicas, de acuerdo con la Ley de Aguas de mil ochocientos setenta y nueve, lo será como subvención a fondo perdido; si se trata, por el contrario, de ayudas a propietarios particulares, aisladamente o través de agrupaciones de interés privado, la ayuda tendrá carácter de anticipo reintegrable en el plazo que se señala. Fácilmente se comprende la razón de esta diversidad si se considera que las obras a que ha de aplicarse este segundo sistema mantienen el carácter privado a favor de los beneficiarios y van a traducirse en una inmediata plusvalía en beneficio exclusivo de los particulares solicitantes.

Es decir, que para que los inversores canarios en materia de aguas pudieran recibir subvenciones era preciso que se constituyeran como Comunidad de Regantes, y adscribiran el agua a la tierra. Lo cual significa desconocer por completo las condiciones hidrológicas de las islas –al menos por lo que concierne a Tenerife– y los aspectos sociales del aprovechamiento de sus recursos hídricos.

Así que en el terreno de los hechos, y por lo que atañe a las inversiones en aprovechamientos de aguas de Tenerife, la Ley quedó casi inédita.

Por ejemplo, en los últimos quince años anteriores a las transferencias de aguas a la Comunidad Autónoma en la provincia de Santa Cruz de Tenerife se produjo una sola solicitud de este tipo a cargo de entidades privadas o personas particulares, si bien para mejorar un canal de La Palma. En los años anteriores, desde la promulgación de la Ley, las ayudas solicitadas –al margen de que se concedieran o no– pudieron contarse con los dedos de las manos.

La iniciativa privada tinerfeña debió afrontar, por tanto, sin ayudas públicas de ningún tipo la totalidad de las inversiones requeridas por el alumbramiento de las aguas subterráneas y por la construcción de la red de distribución de sus caudales necesarias para el desarrollo de su agricultura de regadío y el abastecimiento casi al completo de su población.

Tras la transferencia de las competencias en materia de aguas a la Comunidad Autónoma esa situación cambió bastante, y a partir de la aprobación en el Parlamento de Canarias de la vigente Ley de Aguas del archipiélago quedaron abiertas dos líneas de ayudas para las iniciativas relacionadas con el aprovechamiento hidráulico: los denominados auxilios para obras hidráulicas de iniciativa privada, por un lado, y para la mejora de regadíos, por otro. La evolución en el tiempo de las dotaciones presupuestarias para estos conceptos ha sido la que refleja el siguiente cuadro 1.26 tomado del ya citado trabajo El coste del agua en Tenerife:

### SUBVENCIONES A LA INICIATIVA HIDRÁULICO-PRIVADA DE TENERIFE (€ corrientes)

	obras hidráulicas de iniciativa privada	mejora de regadíos
1991	?	?
1992	6.514.971,21	?
1993	360.607,23	1.067.682,88
1994	1.803.036,31	1.067.682,88
1995	0,00	0,00
1996	382.123,50	1.067.682,88
1997	576.054,51	576.054,51
1998	?	876.559,81
1999	940.587,67	631.062,71
2000	0,00	1.472.479,66
2001	901.385,93	0,00
2002	901.385,93	0,00
2003	600.000,00	0,00
2004	600.000,00	0,00
2005	600.000,00	1.140.232,81

Estas subvenciones se otorgan mediante concurso público anual.

Para calibrar lo que estas ayudas representan en el desenvolvimiento económico del sector, debe considerarse, por ejemplo, que el año 2005 las subvenciones concedidas a obras hidráulicas representaron del orden del 1% del valor de las aguas extraídas de los acuíferos insulares. Es decir, desde el punto de vista cuantitativo pesaron poco en la economía del sector, aunque como mero incentivo pudieron tener su importancia.

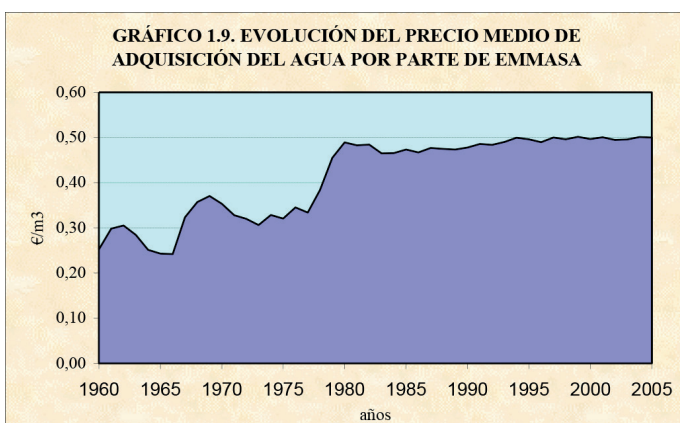
En última instancia, dentro de este capítulo de las subvenciones públicas debería considerarse también la actuación de las empresas públicas. Sus déficit pueden tomarse como una línea más de subvenciones al sector en el que operan, aunque en este caso se carece de información con respecto a BALTEN, que es la única que existe en Tenerife (al margen de las dedicadas a los abastecimientos urbanos).

**2.7. ¿Se considera el valor económico de las reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.**

Como en todas partes, el agua en Tenerife es un producto y un bien de consumo al tiempo que un factor de producción. Pero con la particularidad en la isla de que tal bien, producto y factor se intercambia en mercados competitivos en condiciones de completa libertad de negociación. Lo que, desde luego, es inusual fuera del archipiélago.

En un sistema de competencia perfecta, el precio de un factor productivo refleja tanto los costes marginales de su obtención como su productividad marginal como factor. Desde este punto de vista, los precios del agua (y, por tanto, los costes de los que la aprovechan) tendrían que traslucir más o menos fielmente los costes de su captación, bien se aprovechen recursos o reservas. Así que en Tenerife habrían de mostrar el progresivo encarecimiento de estos costes a medida que se van extrayendo reservas cada vez más profundas. Esta es la teoría. Pero como en cualquier otro mercado, entre la teoría y la realidad puede haber un buen trecho.

Efectivamente, en principio, y por lo que respecta a Tenerife, los precios reales de mercado del agua no parecen reflejar la evolución de sus costes de obtención. El siguiente gráfico, extraído del trabajo Los costes del agua en Tenerife, muestra cómo variaron (en euros constantes de 2005) los precios medios anuales de adquisición del agua por parte de EMMASA. Esta sociedad es la empresa municipal encargada del abasto de Santa Cruz de Tenerife, y por consecuencia la mayor compradora de caudales insulares. Su área de adquisiciones abarca todo el sector oriental de la isla, por lo que sus precios pueden adoptarse como un indicador muy fiable de los vigentes en los mercados de esa mitad insular.



En el gráfico se observa que tras dos décadas (1960–80) de precios con tendencia claramente alcista (se duplicaron en términos reales), se entró en un dilatado período de 25 años de casi completa estabilidad en el entorno del medio euro de 2005 por metro cúbico. Algo que no era lo que cabía esperar, porque en ese mismo período, los costes de obtención de caudales mediante galerías y pozos aumentaron en forma substancial. Así que, ¿a qué cabe atribuir ese desajuste?. Al respecto no se pueden aventurar sino conjeturas.

Sucede, por ejemplo, que los costes de producción del agua de galerías son casi exclusivamente fijos de capital: los que supone la perforación de la propia obra: Una vez abierta ésta, sus caudales fluyen con bajos costes de explotación y mantenimiento. De modo que la oferta de agua tiene en la isla una elasticidad-precio muy baja. Los precios de mercado del agua deben estar, por consiguiente, supeditados mayormente a los altibajos de la demanda. Es posible, en consecuencia, que a partir de los años 80 del pasado siglo, el relajamiento de la presión de la agricultura sobre los recursos hidráulicos se reflejara en el trend a largo plazo de los precios de mercado del agua.

Lo que por encima de todo se quiere subrayar es que, salvados los problemas de coyuntura o circunstanciales, tales precios se trasladan a los costes que suponen como factor productivo y, a través de ellos, a los de los bienes en cuya producción participa. Desde este punto de vista, es seguro que en Tenerife el agua y sus productos no están subvencionados más que en las proporciones de las ayudas oficiales y públicas a su aprovechamiento. Por el lado del agua no hay, en consecuencia, en Tenerife mecanismos encubiertos que puedan favorecer la posición de su agricultura.

En todo caso, ha de considerarse que proceso de producción del agua no incluye en la isla externalidades de relieve que trasladen costes fuera del propio sector de la captación de aguas. Ya se ha hablado en el capítulo anterior de las consecuencias para los ecosistemas insulares de la extracción de las aguas subterráneas. Y se ha señalado que no son significativas y que no hay biotopos asociados a corrientes de aguas que estén siendo o hayan sido afectados por la explotación de las reservas hidrogeológicas de la isla.

De todos modos en relación con esta producción se suscitan algunas cuestiones sociológicas y éticas que se comentan en las respuestas de próximos capítulos.

### 3. Cuestiones sociales y éticas. Asociacionismo y sociedad civil.

#### 3.1. ¿Qué realidad se tiene del asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?.

El sistema de aprovechamiento del agua de Tenerife es un sistema de mercado. Por tanto, no hay asociaciones de usuarios al estilo de las comunidades de regantes o similares, como no las hay en relación para los innumerables productos que se intercambian en cualquier economía de mercado. En Tenerife, el que precisa agua, la compra, y no

necesita ninguna asociación para adquirirla o para utilizar el caudal adquirido.

Lo que sí hay es un fuerte asociacionismo entre inversores en infraestructura hidráulica, es decir, entre los promotores, inversores o propietarios de galerías, pozos o canales de trasvase. Pero estas asociaciones son de tipo empresarial, esto es, son agrupaciones de personas físicas o jurídicas (usuarias y no usuarias de caudales) asociadas al objeto de realizar inversiones para producir agua –casi siempre alumbrarla y, a veces, distribuirla–, pero desentendidas del uso de los caudales alumbrados o trasvasados. Adoptan la forma casi universal de la Comunidad de Aguas. Un poco más abajo se harán referencias a ella.

Es más, el peso de la tradición basada en los mecanismos mercantiles de asignación del agua es tal que, por lo general, incluso los caudales producidos por el sector público simplemente se venden, sin mayor intervención de asociaciones u organizaciones de cuño administrativo.

### **3.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y la minería del agua subterránea, favorece un mayor asociacionismo entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?**

Por lo que se acaba de explicar, la organización del sistema de explotación intensiva de los recursos y reservas hidráulicas de la isla, ni favorece ni precisa de asociaciones de usuarios, o está conformada prescindiendo totalmente de ellos.

Además, el asociacionismo en la producción del agua es de tipo capitalista, es decir, responde a las mismas necesidades que las sociedades mercantiles: agrupar las capacidades inversoras individuales para acometer empresas que, por su dimensión y requerimientos financieros, están fuera del alcance de los inversores por separado. Y, además, limitar la responsabilidad del inversor a la cuota de su participación en la iniciativa empresarial. De hecho, los títulos de participación en las Comunidades de Aguas reciben usualmente la denominación de «acciones», al igual que en las sociedades mercantiles.

### **3.3. ¿Se consigue con el asociacionismo, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?**

Se ha dicho que no hay asociacionismo de usos. Por lo tanto, ni favorecen ni dejan de favorecer la eficacia, el control de costes y la mejor gestión de los recursos disponibles. En Tenerife los mecanismos de racionalidad en la produc-

ción y uso de los factores son los conocidos y propios de economías de mercado y capitalistas: si un usuario emplea mal el agua, lo paga de su bolsillo. Las ineficiencias de las empresas en el manejo del agua quedan reflejadas inmediatamente en sus cuentas de resultados. Es decir, el sistema castiga por sí mismo el mal uso del recurso, sin necesidad de controles y supervisiones administrativas.

### **3.4. ¿Qué experiencia existe de asociacionismo, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?**

No hay experiencia de asociacionismo del tipo que se presupone en la pregunta, es decir, de usuarios. A juicio del que suscribe, tampoco se creen necesarias y, por tanto, no hay escollos que superar. ¿Se antojaría lógico pretender la implantación de asociaciones de usuarios de los incontables productos que pueden ofrecerse y adquirirse hoy en cualquier economía de mercado?

### **3.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la Sociedad Civil en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?**

En verdad, la Sociedad Civil –esto es, el poder público– ha representado un papel poco relevante los procesos relacionados con la obtención de las aguas de la isla. Pero analizar la evolución de este papel exigiría antes conocimiento de cómo funciona el sistema tinerfeño de aprovechamiento hidráulico y por qué funciona como funciona (no es usual que un sistema de aprovechamiento hidráulico esté basado en fuerzas y mecanismos mercantiles.) De modo que se volverá sobre estas cuestiones tras presentar y describir los rasgos principales del sistema de aprovechamiento hidráulico tinerfeño.

### **3.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?**

Se contesta lo propio: se volverá sobre este asunto en cuanto haya concluido la descripción y análisis a que se acaba de hacer referencia.

### **3.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?**

Lo dicho: en el próximo capítulo se volverá sobre estas cuestiones.

### **3.8. El problema ético fundamental de la explotación de las reservas subterráneas.**

Este problema no tiene nada de especial o singular. Es el mismo que padece cualquier sociedad que viva a expensas del aprovechamiento de reservas naturales –o de recursos degradables– de cualquier tipo. Es lo que, en relación con Tenerife, el que suscribe ha llamado el problema de la asignación intergeneracional de las reservas hidrogeológicas de la isla. Porque, en efecto cada una de las últimas cuatro o cinco generaciones de tinerfeños ha dejado a sus sucesores un capital en forma de cuantiosas inversiones hidráulicas y agrarias y una base de desarrollo económico mayores y más sólidas de las que en su momento disfrutaron ellas; pero al tiempo les han legado un patrimonio de riqueza hidráulica natural muy mermado. ¿Qué consecuencias sacar de esta situación?. El redactor de estas páginas no se siente capacitado para analizar problemas de tan grueso calibre.

Por lo demás, en el último capítulo de este trabajo se volverá con algunas apostillas relacionadas con estas cuestiones sociales y éticas.

## **4. El sistema social del aprovechamiento hidráulico de Tenerife**

### **4.1. Acerca de cómo funciona y cuáles son los principios básicos del sistema de aprovechamiento hidráulico de Tenerife.**

El eje de este sistema es el comercio hidráulico, es decir, la compraventa de caudales de agua y la prestación contra un precio de todos o la mayor parte de los servicios que implican su captación y aprovechamiento.

A su vez, la compraventa de caudales parte de una condición de tipo infraestructural: la existencia de una red de trasvase de aguas atendido a ciertas condiciones, ya que para que funcionen real y efectivamente los mercados competitivos de aguas ha de ser posible la concurrencia de oferta y demanda.

Y es que en Tenerife los canales cumplen no solamente su papel habitual o natural de trasvasar caudales desde la zona de su captación a la de utilización, sino también el de

hacer posible la conexión entre vendedores y compradores de agua, de suerte que a cada usuario le es posible elegir entre diferentes suministradores, y a cada vendedor ofrecer su agua a múltiples demandantes.

Así que la muy densa red de trasvase de la isla está estructurada a base de unos canales principales o maestros que hacen funciones de ejes colectores–distribuidores de buena parte de los caudales de la isla, y con los que conectan las conducciones individuales, tanto de las diferentes captaciones de agua como de los usuarios de caudales. De modo que, hallándose conectados a ellos captaciones y usuarios, cabe la competencia mercantil, pues cada vendedor puede ofrecer sus aguas a gran número de compradores al tiempo que a cada comprador le es posible negociar su suministro con diversos vendedores.

La estructura de la red de canales obedece también en sus detalles a patrones de racionalidad general. Por ejemplo, los canales maestros se emplazan en cotas medias; es decir, lo suficientemente bajas como para que normalmente las aguas de galerías puedan llegar en ellos por gravedad, y lo suficientemente altos para que los usuarios de los caudales se surtan también sin necesidad de bombeos.

Lo cual no deja de resultar sorprendente, pues esa red de canales ha sido tendida por empresas privadas mediante iniciativas individuales y sin plan de coordinación entre ellas que garantizara la racionalidad de su organización general.

En Tenerife se da además otra condición infraestructural que favorece el comercio del agua: la fragmentación y dispersión de la oferta, dependiente del gran número de fuentes (galerías y pozos, principalmente) de las que provienen los caudales del suministro hidráulico insular.

### **4.2. Condiciones institucionales específicas de los mercados hidráulicos.**

Pero a estas dos características de carácter infraestructural se añaden otras dos de carácter institucional; a saber: las particularidades de la forma casi única en la isla de empresa hidráulica: la Comunidad de Aguas canaria; y en segundo término, la existencia de los intermediarios de aguas.

La Comunidad de Aguas canaria en una forma de organización empresarial que, para lo que aquí nos interesa, se atiene a dos principios: 1º, la Comunidad de Aguas es la persona jurídica que agrupa a sus socios, y, como tal, es la propietaria de la infraestructura social y la responsable de su adecuada gestión; pero, 2º, el agua obtenida por la comunidad es de sus asociados a título individual y privativo. El papel de la comunidad termina, pues, cuando entrega las aguas que ha obtenido a sus auténticos dueños, que son sus partícipes. De modo que las comunidades nunca intervienen en el comercio del agua, ni tienen beneficios

pecuniarios. Tal circunstancia favorece el minifundismo en la propiedad del agua y la fragmentación de su oferta. Con pocas excepciones, los caudales que se aprovechan en la isla provienen de comunidades de aguas de profusa, por lo general, participación.

Lo cual significa que debe haber una figura que agrupe esa oferta muy fragmentada y la haga encajar con la demanda. Esa figura es el intermediario de aguas. Quienes desean arrendar sus caudales o adquirir los que precisan para un abastecimiento o un determinado regadío se dirige por lo común a estos empresarios, que no suelen ser los propietarios de las aguas con las que comercian ni de los canales por los que se trasvasan. Es decir, tomando como referencia a los intermediarios financieros, puede decirse que operan como brokers más que como dealers.

### 4.3. Tipos de mercados.

En principio, y en cuanto a la propia agua, hay dos tipos de operaciones: las de compraventa de títulos de participación (las acciones) de las comunidades de aguas (lo que, siguiendo con el símil financiero, representarían actuaciones en los mercados de capitales) y las de compra directa del agua, pero sin la adquisición de esos títulos. A esta segunda se le llama muchas veces de arrendamiento de agua (en puridad, lo que se arrienda son las acciones que dan derecho al uso del caudal correspondiente.) Los intermediarios de agua intervienen sólo en las operaciones de arrendamiento, y no, por lo general, en las de compraventa de acciones.

Los arrendamientos de caudales pueden extenderse a períodos anuales (es lo corriente) o a plazos inferiores al año. Los precios son función, como cabe comprender, entre otras cosas, de las circunstancias relacionadas con esos plazos. Lógicamente, los precios de caudales estivales suelen ser más caros que los anuales y lo contrario los invernales.

Además se prestan en régimen de libre empresa los servicios de canalización y de regulación de aguas. Quien deba trasvasar aguas cuenta en la isla con la posibilidad de contratar su pase por la conducción o canal que le interese de entre los existentes en ella.

El servicio de estos canales se presta contra un precio. Del mismo modo si se busca almacenar agua para utilizarla en el futuro, hay también sistemas de embalses (en este caso, mayoritariamente públicos) a disposición de los propietarios de caudales a cambio de ciertas contraprestaciones. Cuando el servicio lo ofrecen particulares, los precios de esos servicios son libres. Las tarifas son relativamente complicadas. En los trabajos citados se recogen algunos detalles sobre ellas.

### 4.4. Las ventajas del sistema.

Evidentemente, si el sistema se ha adoptado y mantiene la estructura que tiene es porque entraña ciertas ventajas. Ya que no ha sido el producto de la imposición de nadie, sino el fruto libre, espontáneo y adaptativo de la actividad de los inversores e interesados en la gestión del agua y, muy en particular, de los regantes de la isla; Y, si se ha mantenido muy vivo durante un siglo, habrá sido seguramente por su utilidad y funcionalidad.

A juicio del autor de estas páginas, tales ventajas pueden agruparse en tres capítulos: el primero se refiere a la capacidad del sistema para hacer posible la creación de infraestructura hidráulica; el segundo, a la eficacia en la gestión del recurso hídrico; y el tercero, a la flexibilidad o elasticidad adaptativa del sistema, cosa que tiene mucho que ver también con la eficacia de su funcionamiento.

#### Capacidad de capitalización hidráulica

El sistema se mostró muy eficiente a la hora de impulsar y mantener el proceso de acumulación de capital exigido por la generación de la costosa infraestructura hidráulica insular. Y en efecto, lo realizado resulta impresionante si se compara con la dimensión de una isla de unos 2.000 km<sup>2</sup> y una población (cuando se erigió la mayor parte de esa infraestructura) inferior al medio millón de habitantes.

Ha de considerarse que la captación de sus aguas se lleva a cabo mediante centenares de galerías, en las que se han perforado más de mil quinientos kilómetros de túneles, además de por centenares de pozos, con frecuencia muy profundos, y de cuyo fondo pueden partir también largas galerías. El agua se trasvasa por una red de centenares de canales de pequeña sección, pero de varios miles de kilómetros de longitud conjunta. Prácticamente toda esa infraestructura es de propiedad privada, la ha levantado la iniciativa privada a su costa y, como se comentó, en ausencia casi totalmente de apoyo público.

Lo singular del caso se revela al considerar el punto de partida de estas realizaciones: el de una economía de subsistencia, atrasada y depauperada por crisis anteriores. Bien es cierto, que el capital extranjero (especialmente inglés) debió contribuir algo a prender la llama de lo que luego sería una gran hoguera. Pero el intenso proceso de reinversión de beneficios del propio sector más la participación en él de todo tipo de ahorros hizo que la inversión hidráulica se convirtiera en un fenómeno típicamente tinerfeño.

Sin embargo, como se explica más adelante, es posible que esta capacidad sea algo del pasado y ya dudosamente efectiva en la actualidad.

## Eficacia en la gestión del recurso hidráulico

Esta eficacia se manifiesta en la seguridad del sistema como proveedor hidráulico. Tenerife no ha padecido crisis de desabastecimiento. Hasta donde nos alcanza la memoria, las alarmas de cualquier color con motivo de situaciones de escasez de agua han sido prácticamente desconocidas en la isla, aunque es bien cierto que alguna que otra vez ha sido menester usar la amenaza de la requisa de caudales para que propietarios de caudales y municipios llegaran a acuerdos en cuanto al suministro de los caudales necesarios para ciertos servicios urbanos de agua potable, pero estas contingencias han sido infrecuentes. La verdad es, de todas formas, que los problemas importantes que suelen darse entre suministradores y estos servicios públicos son más bien de orden financiero debidos a los retrasos con los que algunos ayuntamientos suelen satisfacer sus deudas por compras de aguas.

Sin embargo, el problema de la pérdida de calidad química de las aguas subterráneas y la dependencia de los abastecimientos municipales de la infraestructura privada de canalización son dos problemas que pueden oscurecer bastante este panorama optimista del abastecimiento insular de agua potable.

La agricultura, por su parte, ha contado siempre con los necesarios recursos hidráulicos, aunque a costa de un cierto proceso de retroalimentación, pues según prosperaban los cultivos y su comercio, los beneficios generados debían reinvertirse en buena parte en infraestructura hidráulica, que suministraban más caudales que, a su vez, propiciaban nuevas expansiones del riego y así durante décadas.

Pero es que además siendo como es el agua (es decir, las acciones de las Comunidades de Aguas) un bien de mercado muy líquido –en sentido económico, es decir, un bien que puede convertirse fácilmente en dinero– todo propietario que lo utiliza mal o lo desaprovecha sabe que está tirando patrimonio o renta. Lo cual se traduce en eficacia en las operaciones que implican su manejo.

Sólo un par de ejemplos, aunque tal vez bastante significativos. La red de canales de propiedad privada, muy amplia,

como ya se ha referido, antigua y tendida campo a través, a veces por zonas de orografías en extremo abruptas, y en consecuencia de difícil vigilancia, control, mantenimiento y reparación, tiene unas pérdidas medias de entre el 2% y el 3%; y como máximo del 10% (y si tienen más las pagan sus propietarios, porque la tarifa máxima que en la actualidad se cobra en concepto de pérdidas por trasvases es de ese 10%). Los servicios municipales de abastecimiento urbano muestran, por su parte, medias muy superiores de pérdidas en redes (comparativamente más fáciles de mantener que las extraurbanas, como puede suponerse).

(Tal vez sea necesario introducir aquí un inciso. Los estudios –muy detallados– de seguimiento de los caudales que promueve el Consejo Insular de Aguas con regularidad se hacen en función de una distinción muy concreta: la que hay entre gestión en alta y gestión en baja del agua. La gestión en alta es aquella que tiene lugar antes de la llegada de los caudales a las tomas de sus usuarios, es decir, antes de los depósitos de los suministros municipales, o de las tomas de los regantes, industrias, campos de golf, etc. Este es el espacio de los mercados de aguas. El resto constituye gestión en baja. Las particularidades del sistema de aprovechamiento hidráulico de Tenerife a que se está aludiendo en esta contestación atañen siempre a la gestión en alta. La gestión en baja se desarrolla en la isla como en cualquier otro lugar, aunque quizás, en la mayor parte de los casos, con mayor eficiencia en el uso de los caudales disponibles.)

En segundo lugar, se ofrece el cuadro adjunto en el que se describe cómo se repartieron en 2010 las aguas en alta que en los balances hidráulicos del CIATFE se suelen denominar como «sin uso», y que engloba a las que aunque fueron extraídas o captadas no llegaron a sus usuarios. Los conceptos de pérdidas en conducciones, rechazos de EDAS (estaciones desalinizadoras de aguas de galerías) y evaporación de embalses no precisan explicación. El renglón de caudales desaprovechados se refiere mayormente a las aportaciones invernales no utilizadas de algunos manantiales. Los caudales no utilizables son, por su parte, los de algún embalse fuera de explotación (Tahodio), las pérdidas de un canal por su rotura accidental o los de una galería que se usan sólo parcial u ocasionalmente por razón de su deficiente calidad química. Ha de sopesarse lo que significan esos 10,89 frente a los 197,48 hm<sup>3</sup>/año captados o producidos ese mismo año 2010 como expresión de un sistema de aprovechamiento sorprendentemente ajustado y eficiente.

## Flexibilidad o elasticidad del sistema

Esta cualidad que se denomina flexibilidad o elasticidad del sistema tiene varias caras. Por una parte, la de la libertad de localización de los usos del agua. En Tenerife el líquido elemento es un recurso móvil y por lo común al margen de tensiones y conflictos por su exportación desde su zona de extracción. Los caudales van y vienen por la red de canales de un extremo a otro de la isla. Circula por lo

### CAUDALES SIN USO EN ALTA

concepto	hm <sup>3</sup> /año
pérdidas en conducciones	5,51
caudales desaprovechados	2,03
caudales no utilizables	0,77
rechazos de EDAS	1,98
evaporación embalses	0,60
<b>TOTAL</b>	<b>10,89</b>



general tan libremente como cualquier mercancía de las que se transportan por su red de carreteras. Lo cual debe incidir de forma muy favorable en la eficiencia del regadío, al hacer posible localizarlo en las comarcas de condiciones más favorables para él. Con esta libertad de movimientos tal vez no tenga poco que ver la distribución de la propiedad de los caudales entre amplias capas de la población, circunstancia que facilita que el agua se emplee con un máximo de utilidad por lo que ello supone, en definitiva, de mejores precios de los caudales y de mayores beneficios para sus propietarios.

Pero además se pone de manifiesto lo que podría denominarse flexibilidad en la asignación a usos. Del mismo modo que hay reparos en cuanto a la distribución territorial del agua, tampoco suele haberlos cuando se trata de repartirla entre sus diferentes destinos. Así, los asignados al regadío pueden reasignarse al abastecimiento urbano y viceversa, por lo general si mayores problemas (aunque dicho esto siempre con las salvedades que pueden imponer las calidades de las aguas).

Comúnmente, el caudal agregado de un conjunto de las galerías resulta muy estable, al contrario de los de cada una de ellas en particular, por razón de su alimentación a cargo de reservas subterráneas que, como tales, tienden al agotamiento. De forma que para la garantizar la eficiencia del sistema son imprescindibles la posibilidad y agilidad de los reajustes de usos de los caudales disponibles.

El sistema permite, además, compensar periódica y automáticamente las oscilaciones a corto plazo de las demandas de agua con motivo, por ejemplo, de las coyunturas climáticas. Estos procesos tienen un sentido no solo físico o volumétrico, sino también económico. Porque, como se ha explicado antes, los caudales de las galerías dependen del agotamiento de las reservas que los alimentan, pero no de las circunstancias meteorológicas. Lluvia o no, siguen aportando sus caudales. La estructura de costes de los pozos es muy distinta: en ellos suelen pesar mucho los energéticos de bombeo. Por tanto, en épocas de lluvias, cuando el riego es innecesario, hay una disminución de los caudales extraídos de pozos para usar preferentemente los de galerías, lo que permite ahorrar costes de elevación. El cese de las extracciones de pozos puede mejorar además la calidad general de las aportaciones de la isla, ya que las de galerías suelen ser de mejor composición química que las de pozos, a menudo muy afectados por la intrusión marina. EL descanso de los pozos a veces sirve además para propiciar una cierta recuperación de los acuíferos costeros.

Lo último comentario a propósito de estos asuntos se refiere a la plasticidad de adaptación del sistema a largo plazo. Conforme se va modificando la estructura económica de la isla, cambian los requerimientos de agua de sus distintos sectores económicos. La flexibilidad en la asignación de usos antes comentada facilita la adaptación a largo plazo de la oferta a las condiciones de la demanda. Ello

se está manifestando en ocasión de las profundas transformaciones de las últimas décadas al calor de la expansión del sector turístico. La reasignación de caudales se ha producido y se sigue produciendo sin tensiones sociales notorias. Antes bien, los propietarios de los cultivos que se abandonan cuentan al menos con la posibilidad de enajenar o arrendar sus caudales, los que les permite resarcirse de las inversiones en obras hidráulicas que quizás se vieron obligados a realizar en el pasado.

Todos estos procesos de adaptación y encaje entre oferta y demanda de agua, tanto a corto como a medio y largo plazo se verifican automáticamente. No hay autoridad pública ni gestor privado alguno que dirija el sistema. Funciona de forma por completo mecánica y descentralizada. Y lleva funcionando así muchas décadas, durante las que por lo general nunca se ha precisado de intervención de ninguno de sus aspectos: no hay controles de precios ni racionamientos de caudales, con la excepción del mecanismo de requisa para el abastecimiento de poblaciones, que aunque se ha planteado alguna vez no ha llegado a ser aplicado en ninguna ocasión que recordemos.

## 4.5. Los inconvenientes y problemas del sistema.

Pero el sistema no es la Arcadia feliz que parece deducirse de las anteriores líneas. Encierra además abundantes problemas, tensiones.

### El agotamiento de las reservas

Como puede comprenderse, el inconveniente esencial del sistema estriba en su insostenibilidad a muy largo plazo por virtud de su dependencia de reservas subterráneas de imposible reposición en normales horizontes temporales. Ciertamente, de todas maneras que cualquier otro sistema que hubiera pretendido acceder a los caudales de que ha disfrutado la isla durante el último siglo hubiera tropezado con el mismo inconveniente. Porque al fin este asunto es de naturaleza hidrogeológica, e independiente de la forma en que está social o económicamente organizado el aprovechamiento de las aguas extraídas.

### Las afecciones entre obras de captación

Se dejó dicho, por otro lado, que el sistema de captación de aguas no transmite costes externos apreciables fuera del sector hidráulico. Pero que los ha habido masivamente dentro del propio sector, de eso no cabe ninguna duda. Efectivamente, el problema y el temor de todo promotor de galerías eran y, tal vez, todavía sigan siendo –en la escasísima medida en que aún hay promotores de galerías– que una vez alumbrados sus caudales, se vean interceptados por captaciones próximas. En épocas tempranas de la investigación de las aguas del subsuelo insular, la búsqueda de alumbramientos se convertía muchas veces en una ca-

rera de galerías contra galerías, en la que podían ir quitándose el agua unas a otras. No hay más que mirar un plano de sus trazas para ver cómo se arraciman en determinadas zonas. Esto es, se han perforado más metros de los necesarios si se hubiera operado con mayor racionalidad. Lo que significa que los costes de las aguas de galerías han debido ser bastante superiores a los óptimos. El asunto mereció palabras de Lucas Fernández Navarro<sup>13</sup> de fecha tan temprana como 1924:

*Los ejemplos pudieran multiplicarse. Si se hiciera una estadística del tiempo perdido, de las energías inútilmente consumidas y de los recursos gastados en esta labor de competencias y cuestiones judiciales, los mismos que las provocan quedarían asombrados. Es preciso que los más se propongan concluir con este estado de cosas y aplicar en obras fecundas los esfuerzos de todas clases que hoy se consumen en una labor destructora.*

Este problema de interferencias entre galerías llegó a ser crucial para la consolidación del sistema. Se volverá sobre el asunto en próximo capítulo. Por ahora nos limitaremos a concluir que, sea cual fuere la solución dada al problema de interferencias entre las galerías, al final todas se alimentan del mismo acuífero, con lo cual las extracciones de cada una de ellas influye en todas las demás y viceversa. Es decir, los efectos externos en la captación son inevitables.

### **La inadecuación para el abastecimiento urbano de la actual infraestructura de trasvase en alta**

En segundo término, aquellos canales troncales mencionados páginas atrás son ya antiguos (en su mayor parte se construyeron en las décadas centrales del pasado siglo), aunque siguen en servicio. Pero, son únicos, con lo que se quiere señalar que por ellos circulan aguas, sea cual fuere su destino: el suministro urbano, el industrial o el riego. Sin embargo la calidad exigida a los caudales para cada uno de esos usos es comúnmente ser diferente. Este problema de mezcla de aguas que acaso fue poco relevante al construirse esos canales, ahora, que la calidad química del agua de galerías ha decaído sensiblemente, es relevante, por lo difícil que muchas veces resulta compatibilizar las adecuadas para el suministro urbano con las que sí pueden aplicarse a la agricultura.

Además, en general, esos canales se construyeron como acequias agrícolas. Aunque en la actualidad se emplean en gran parte al servicio de los sistemas de abastecimientos urbanos de agua potable. Y en esta función no dejan de evidenciar algunos inconvenientes: aparte del ya citado de mezclas de aguas, cabe señalar que están tendidos campo a través, a cielo abierto y muchas veces ni siquiera tapados, con lo que siempre están expuestos a accidentes por vertidos imprudentes o por mala fe. Ya han sucedido casos de problemas accidentales en canales importantes. Se puede comprender la importancia del problema si se piensa que

de algunos de algunos de ellos depende el abastecimiento de cientos de miles de personas.

Estos inconvenientes se resolverían con el tendido de nuevas redes de trasvase en alta al servicio exclusivo de los suministros urbanos, empeño que por razones financieras le resulta inabordable en estos momentos al sector público canario. Se ha hecho bastante para mejorar las conducciones que llevan los caudales del suministro de agua potable de la capital de la isla, pero quizás no todo lo necesario, y desde luego poco en el resto de la isla.

Como se ve, una parte de los inconvenientes del sistema tienen que ver especialmente con dos factores relacionados con la infraestructura: 1º, la incapacidad de la libre competencia para llegar a soluciones racionales cuando se trata de levantar complejos infraestructurales, que lógicamente constituyen sistemas y han de ser contemplados como tales, en su unidad e integridad; y 2º, la inadecuación actual de algo que se construyó en otras épocas, en otros contextos o situaciones y con otros propósitos.

### **El crepúsculo del sistema y su inercia**

Se ponderó antes la capacidad del sistema para generar y acumular capital hidráulico. Pero esa cualidad dudosamente sigue vigente en la actualidad. El sistema hidráulico tinerfeño funcionó impulsado por un motor y alimentado por un combustible. A su motor, la agricultura de regadío y exportación, le resta ya poca potencia; y combustible –el agua– queda cada vez menos. De modo que puede darse por concluido el modelo de inversión hidráulica privada vigente en la isla durante el último siglo o siglo y medio. Queda por aclarar, por tanto, cuál será el sistema financiero e inversor que lo sustituya.

Las aguas tinerfeñas llevan alguna década inmersas en un proceso de cambio al ritmo que le marcan las transformaciones de la base económica insular. Frente a este proceso de mudanza tiene dos cualidades excelentes: su plasticidad adaptativa arriba referida, que le ha permitido caminar por entre todas esas transformaciones sin especiales dificultades; y la marcada inercia de su sistema hidrogeológico –de su acuífero basal–, producto de la lentitud en su evolución, con lo que ello supone a la hora de contar con amplios plazos de adaptación.

Pero, a su vez, experimenta la dificultad de ser un sistema apoyado en una base infraestructural muy potente y muy exigente en inversiones. Estas dos últimas décadas, el sector público ha ido sufriendo en parte los caudales de aguas subterráneas perdidos a base de inversiones propias, sobre todo en desalación y reutilización de aguas depuradas. Pero no ha sido posible ni siquiera mantener las disponibilidades hídricas de la isla, no ya aumentarlas. El caso es que estas exigencias de sustitución de caudales perdidos, sumandos a las de reposición de las infraestructuras actuales que van quedando anticuadas, deterioradas u obsoletas y a las de cobertura de las importantes bolsas

<sup>13</sup>Estudios hidrogeológicos en el valle de La Orotava.1924

de déficit infraestructurales que aún restan en los servicios urbanos de agua potable y, sobre todo, de saneamiento de residuales de las poblaciones de la isla, hace que sea natural inquirir por cuáles van a ser los mecanismos financieros que permitirán encarar estos problemas. Porque es dudoso que el sector público pueda hacerles frente por sí solo, y, tal como se ha dicho, el viejo sistema de capitalización hidráulica ya no está vigente.

#### **4.6. Las tensiones del sistema.**

Las aguas tinerfeñas constituyen un mundo de competencia libre y abierta, y por tanto, duro, lleno de antagonismos y tensiones y tan expuesto a las actuaciones y prácticas disfuncionales como cualquier otro sistema basado en mecanismos de mercado.

Ya se han comentado las cuestiones y pugnas frecuentes y a veces interminables entre comunidades propietarias de pozos y, sobre todo, de galerías. Problema que, como se ha dejado dicho, no dejó de llamar la atención desde un principio de los observadores exteriores del sistema. Tales disputas nunca llevaron sangre al río, pero tinta a los juzgados... toda la que se quiera.

Sin embargo, los aspectos comerciales del sistema aparentan haber funcionado bien. Merced a su especial constitución, en él no han aflorado, que se sepa, situaciones en general de dominio de mercado, situaciones que suponen riesgos apreciables en los mercados hidráulicos por la rigidez a corto plazo de la demanda de agua (lo que promete substanciosos beneficios para quien consiga controlar la oferta).

En el terreno del comercio del agua, el personaje menos popular tal vez sea el intermediario de aguas. La figura es necesaria para el funcionamiento del sistema, pero por la propia naturaleza del papel que representan son pocos en número y cada uno de ellos puede controlar grandes cantidades de agua. Constituyen, pues, empresas que concentran mucho la oferta. No obstante, los grandes compradores de agua son los ayuntamientos. Es decir, que la demanda está también muy concentrada y no es fácil, por tanto, dominarla, aparte de que hay mecanismos institucionales que permiten controlar los abusos de mercado, mecanismos a los que hasta ahora no ha sido necesario recurrir en ningún caso.

En realidad, la organización del propio sistema lo pone bastante a cubierto de las manipulaciones del mercado. De hecho, es sintomático a este respecto el que los precios del agua en términos reales no hayan subido en la isla a lo largo de los últimos treinta años, pese de que cada vez hay menos agua y cada vez es más costosa de alumbrar.

Por lo demás, no parece haber una oposición anti-sistema más allá de la de quienes rechazan en general los mecanismos mercantiles, oposición que puede parecer más justificada en el caso del agua por lo su significado como

elemento indispensable para la vida.

En cambio las posiciones pro-sistema pudieron ser bastante activas y efectivas, en ocasión de las tramitaciones de las leyes de agua del Parlamento de Canarias en la última década de los 80.

#### **4.7. Por qué en Tenerife no pueden funcionar eficientemente los sistemas de asignación administrativa del agua.**

El sistema peninsular de gestión hidráulica, basado en las aguas superficiales, la Comunidad de Regantes y la adscripción del agua a la tierra fue el prisma bajo el que la Administración Central española miró siempre al sistema tinerfeño, y la razón por la que lo contempló invariablemente con reservas.

Es la opinión del que suscribe estas páginas que, aplicado a Tenerife, ese sistema de asignación administrativa del agua habría sido francamente inconveniente por su menor capacidad inversora, su falta de flexibilidad y su ineficiencia en la gestión del recurso.

Esa referida incapacidad es de orden financiero e inversor. Si el agua se hubiera adscrito a la tierra, la inversión hidráulica habría recaído en exclusiva sobre las espaldas de los agricultores. Y sería cuestión de preguntarse si el sector agrario habría tenido capacidad como para erigir por sí solo la infraestructura hidráulica a disposición hoy en día de la isla. Caben otras preguntas semejantes ¿qué hubiera pasado con los caudales sobrantes de las captaciones adscritas a la tierra? ¿Y si no hubiesen sido suficientes los conseguidos para la tierra a la que estaban adscritos? Aunque los cultivos se hubieran ajustado al agua o el agua a los cultivos, ¿qué hubiera pasado al cabo de un cierto plazo, cuando esos caudales hubieran variado?. ¿Qué habría sucedido en épocas de lluvia cuando sobrara agua?.

Y es que a la hora de analizar este asunto lo que hay que considerar es que en Tenerife el encaje entre oferta y demanda de agua es asunto para tratar en el día a día, e inimaginable, desde luego, planteado a golpe de actos administrativos.

#### **4.8. La Administración pública en el sistema de aprovechamiento de agua de Tenerife.**

El asunto ha de suscitarse de nuevo según la divisoria que para las aguas canarias supuso el proceso de descentralización político-administrativa de los años 80. Se va a contemplar además en dos ámbitos separados: el de fomento administrativo, esto es, el de participación pública en las iniciativas e inversiones en pro de mayores disponibilidad de recursos hidráulicos o de su mejor aprovechamiento; y, en segundo término, el que se puede denominar de política administrativa, es decir, el de regulación de la actividad

privada en el sector.

En los años centrales de la pasada centuria, la experiencia de la Administración hidráulica española se centraba principalmente en la regulación de los cursos de aguas superficiales y en la implantación de regadíos mediante Comunidades de Regantes. Aunque trató de trasladar con tenacidad al archipiélago el modelo (al extremo de que no se sabe si algunas de las islas no será acaso la zona del mundo con mayor densidad de grandes presas), sus logros en Tenerife fueron por demás parcos.

En esta isla, tan poco favorecida por la naturaleza para la construcción de embalses, esa Administración, forzada por la necesidad de intervenir, llegó a extremos del todo inconvenientes, al punto de cosechar algún que otro resonante fracaso. Solo en la década de los 80, ya en el umbral de los procesos de trasferencias, se dispuso a abordar la construcción de algunos canales para aguas subterráneas, que acabaron ejecutando sus herederos en las competencias del sector: la Comunidad Autónoma y el Cabildo Insular. Así que antes de esas trasferencias la situación era que de los dos o tres centenares de canales de importancia grande o mediana que había entonces en la isla, solo tres o cuatro de ellos estaban construidos o subvencionados por el Estado. Y ninguna galería ni pozo. Su actividad se contrajo, pues, a la mejora de las infraestructuras municipales de distribución de agua potable y saneamiento de residuales, donde, dicho sea de paso, ayudó a cubrir déficit considerables existentes en todas las islas.

Pasado la época de las trasferencias, la política de inversiones se mantuvo de acuerdo con las directrices –que se comentan más abajo– de las nuevas Administraciones descentralizadas. La Administración Central se limitó a partir de entonces a facilitar apoyo financiero a proyectos de aquéllas, bien es cierto que en volúmenes muchas veces decisivos.

En cuanto a la regulación de la actividad privada, el asunto tuvo su complejidad. Como se señalaba arriba, desde el mismo momento en que en la isla se iniciaron las labores de prospección de aguas subterráneas, sobrevinieron los conflictos y pleitos entre los promotores de galerías («semillero de pleitos», las llamaba el profesor Fernández Navarro.) Y este estado de cosas se mantuvo hasta que la actividad inició su declive. Posiblemente, en su historia, las aguas de Tenerife han dado mucho más trabajo a los letrados que a los ingenieros.

El problema tuvo su causa inicial en la legislación de aguas vigente desde la década de los 80 del siglo XIX: la Ley de Aguas de 13 de junio de 1879. El artículo 24 de esta disposición establecía un perímetro de 100 metros como protección para las obras de captación de aguas subterráneas. Pero esta distancia era del todo insuficiente para garanti-

zar los alumbramientos de las galerías tinerfeñas.

Como se imaginará, tal circunstancia llevó al sector de las aguas a una encrucijada, pues las iniciativas de prospección de aguas subterráneas abocaban a empresas en extremo azarosas y de exigentes inversiones, que, con la ley en la mano, podían acabar dando frutos –cuando los daban– jurídicamente desprotegidos.

El Estado debió ofrecer cierta resistencia para, en función de intereses puramente locales, modificar lo establecido por la ley dictada para todo el territorio nacional. Así que los tinerfeños tuvieron que aprovechar una rendija política muy concreta para lograr la promulgación de la Real Orden de 27 de noviembre de 1924, que inauguró la serie de disposiciones especiales que a partir de entonces regularían las aguas subterráneas canarias. El enfoque de esta disposición –enfoque que se mantendría invariable en el futuro– era el de que las obras mineras o de captación requerían previa autorización administrativa dictada con la misión de proteger alumbramientos preexistentes. Esta manera de ver las cosas no dejó de ofrecer sus incoherencias. Obsérvese cómo encaraba el asunto una disposición posterior (la Ley 59/1962, de 24 de diciembre, sobre aprovechamientos de aguas y auxilios a los mismos en Canarias).

*Artículo primero.– La distancia de cien metros que con carácter general fija el artículo veinticuatro de la Ley de Aguas en relación con las obras a que se refiere el artículo anterior de la misma Ley para poder realizar obras de alumbramiento de aguas privadas, podrá ser incrementada en la medida en que se determine la zona real de influencia sensible del pozo, socavón o galería existente, según resulte de los informes que en la tramitación establecida para el otorgamiento de las requeridas autorizaciones han de emitir el Distrito Minero y la Comisaría de Aguas de Canarias.*

La determinación de dicha zona de influencia sensible (lo que en el posterior lenguaje burocrático se llamaría la «distancia o zona de afección») se acabó convirtiendo, por tanto, en la piedra angular del sistema. Lo problemático del asunto es que esa distancia no es ya que resulte de difícil apreciación práctica, sino que en la mayor parte de los casos es indefinible incluso en el marco de la teoría hidrogeológica. De modo que todo el edificio jurídico de protección de los alumbramientos acabó edificado sobre un concepto jurídico irreal, ficticio o inconsistente.

Y en efecto, dos ingenieros comisionados por Real orden de 14 de junio de 1927 del Ministerio de Fomento para que informaran sobre la conveniencia de mantener o reformar la Real orden de 27 de noviembre<sup>14</sup> se refirieron al problema destacando sin paliativos «la imposibilidad de garantizar los aprovechamientos existentes con el señalamiento de un área de protección.»

En la práctica administrativa, sin embargo, se salió de este callejón sin salida por la vía de los hechos, que en Tenerife consistió en fijar extraoficialmente una distancia fija que

<sup>14</sup>Aprovechamiento de las aguas en las islas Canarias por D. Juan Gavala y D. Enrique Goded. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España. Tomo 52 (12<sup>a</sup> de la 3<sup>a</sup> serie)-1930. Resultante de la Real orden del Ministerio de Fomento de 14 de junio de 1927.

asegurara en términos prácticos la zona de influencia sensible: mil metros. Siempre que se superaba esta distancia los técnicos informaban negando la afección, y al contrario cuando no se superaba. Con lo cual el sistema acabó dando un curioso giro de 360°: se partió de una distancia fija que se rechazó en función del procedimiento de los informes técnicos, que acabaron emitiéndose sobre la base de unas distancias fijas.

No obstante lo cual, el sistema funcionó: Las distancias de protección adoptadas, mucho más amplias que las de la Ley de aguas, fueron, de una manera u otra, aceptadas por los promotores hidráulicos como suficientes para garantizar sus inversiones y el proceso de perforación se desarrolló con vigor, aunque entre un raudal de pleitos y un tráfico burocrático desmesurado. Pero funcionó.

Pero esta intervención y las materias relativas a la policía minera fueron los exclusivos terrenos de las aguas subterráneas de la isla en que intervino la Administración pública. En nada de lo demás participó: ni en la producción, asignación, usos, comercio, precios, etc. del agua.

La entrada de la Ley de Aguas de Canarias del 90, posterior al proceso descentralizador de las competencias en la materia, cambió bastante de esta situación. Pero la nueva Administración descentralizada vino a regular una actividad ya en proceso de decadencia, con problemas que de ninguna manera mostraban la virulencia que tuvieron en el pasado. Los problemas de interferencias entre galerías, enfocados bajo el imperio de una nueva legislación, pasaron a muy segundo plano.

## 5. Cuestiones legales y administrativas

### 5.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados? ¿Cómo se manejan?

Tal vez convenga significar que aunque la Ley de Aguas de Canarias califica las aguas subterráneas como de dominio público, las que se aprovechan lo son en su casi totalidad de propiedad privada. Esa definición como dominio público llegó a Canarias de la mano de la Ley de Aguas de 1990, esto es, ya en fase de agotamiento de la etapa económica que décadas antes había propiciado la intensa explotación hidráulica del subsuelo de Tenerife. Había poco lugar, pues, o había pasado ya el momento, para que el cambio del régimen de los recursos subterráneos canarios produjera algún resultado.

De modo que casi 25 años después de la promulgación de esa Ley, los caudales alumbrados en función de la nueva normativa, es decir como dominio público, apenas cubren

el 2% de la totalidad de los aprovechados en la isla. De modo que ésta vive desde el punto de vista hidráulico en el contrasentido de que su sistema legal es de aguas de dominio público, pero sin aguas de dominio público.

Es más, resulta que la propiedad hidráulico-pública de aguas de origen subterráneo es varias veces superior al caudal de las aguas de dominio público. Y ello es así porque, sobre todo los municipios, pero también algunos organismos, órganos o empresas públicas del Estado, la Comunidad Autónoma y el Cabildo Insular, participan en las Comunidades de Aguas de la isla. Esto es, con respecto a las aguas subterráneas, no hay aguas de dominio público –o hay muy pocas–, pero sí de propiedad pública.

Por tanto, el aprovechamiento hidráulico de la isla se verifica como siempre. Con lo que no cabe hablar de dificultades prácticas en la situación del agua del dominio público debido a los derechos de las privadas por la práctica inexistencia de aquélla.

### 5.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la Administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la Directiva Marco del Agua europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?

En opinión del que suscribe, la Administración pública canaria está intentando en estos momentos favorecer que en la isla la explotación hidráulica del agua subterránea se mantenga en la dirección que ya lleva espontáneamente, es decir, hacia una disminución de los caudales extraídos del acuífero basal conforme la base económica de la isla se desplaza hacia sectores con inferiores demandas hidráulicas.

Una actuación administrativa más activa en orden a disminuir con mayor rapidez la explotación de reservas sería de complicada implementación. Y ello porque, como ya se ha dicho, las galerías –que constituyen las principales responsables del drenaje de reservas– pueden cerrarse, pero no taponarse físicamente. Y en todo caso, cualquier eventual intervención de los caudales insulares disponibles exigirá un vuelco en su estructura económica, cosa por demás problemática si no se plantea a muy largo plazo.

Debe entenderse en todo caso que la Administración española (esto es, la estatal) no tiene competencias en las aguas canarias. Aunque sí participa activa y generosamente

te –con los altibajos que cabe imaginar en asuntos de componente política– en los proyectos de inversiones hidráulico–públicas del archipiélago, aportando substanciales ayudas financieras.

### **5.3. ¿Qué se hace para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite? ¿Es necesaria una mayor intervención pública o bien es más adecuada la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.**

Desde luego, no se trata de potenciar los instrumentos de mercado, porque los mercados ya están bien presentes en las aguas de la isla.

A juicio del autor de estas páginas, la actual de política hidráulica de la Administración tinerfeña gira en torno a un planteamiento estratégico básico: ocupar los espacios de gestión en los que no actúa o no puede actuar la iniciativa privada, que son especialmente cuatro: la desalación de agua del mar para los abastecimientos urbanos; la desalinización de aguas subterráneas de baja calidad química para aplicarlos a estos mismos abastecimientos; la reutilización de aguas residuales urbanas; y la regulación de las aguas de origen subterráneo (acompañada de la captación de aguas superficiales, que tiene un muy escaso relieve.)

En esta política se pueden reconocer dos objetivos: 1º, aumentar la oferta de recursos alternativos a los del subsuelo para disminuir las presiones de la demanda sobre las reservas subterráneas; 2º, hacer presente a la Administración en los mercados de aguas, concurriendo a ellos con su oferta. Es una política adaptativa y que no puede plantearse sino a largo plazo, pero razonable y factible.

Como se ha dicho, esas líneas de actuación citadas están exigiendo un notable esfuerzo inversor del sector público, desde luego al límite de su capacidad. Realmente no se sabe si en la Administración hidráulica de la isla hay una conciencia y una estrategia en torno a los problemas de los elevados requerimientos inversores y financieros que se ciernen sobre el sector.

### **5.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para reconducir la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?.**

Por lo que se cree, la actual Administración hidráulica canaria tiene conocimiento del fenómeno; asume también su insostenibilidad a largo plazo; y aplica una política de control del problema también a largo plazo. La cuestión es la que se acaba de señalar: si se tiene una política decidida para enfocar los problemas financieros relacionados con las inversiones en materia de infraestructura hidráulica que acosan ya a la isla y la seguirán acosando en un futuro incluso a largo plazo. Quien suscribe estas páginas lo desconoce.

### **5.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las transferencias de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se compensan derechos cedidos y externalidades?.**

No se cree que este problema relativo a las transferencias de agua entre áreas distintas sea de relieve en Tenerife. Se explicó antes.

### **5.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las compensaciones económicas para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.**

No nos parece que este problema tenga importancia en Tenerife. No es menester prever compensaciones económicas para corregir externalidades. Es decir, las externalidades que hay en la captación del agua conducen al problema de afecciones entre captaciones que se comentó anteriormente, y que están resueltos de acuerdo con la legislación vigente cuando se autorizaron las galerías o los pozos.

### **5.7. ¿Qué papel juega la administración pública ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la sociedad y de la iniciativa privada?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?.**

Como se ha dicho, en tanto se mantenga un adecuado ritmo de inversiones en infraestructura hidráulica no es probable que en Tenerife haya, incluso a largo plazo, proble-

mas serios de desabastecimiento o de escasez de agua. En la isla, esta escasez tiene sentido y carácter fundamentalmente económico: se trata de aprovechar con máxima utilidad social un recurso relativamente escaso y susceptible de usos alternativos. Ese es el problema.

### **5.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la gobernanza del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?**

Se estima que en tanto haya disponibilidades suficientes para cubrir el abastecimiento de agua de la isla, no es probable que surjan tensiones sociales en torno a la gestión del recurso. Ahora bien, ya se ha dicho que para que existan esas disponibilidades es menester cubrir déficit infraestructurales que se están acumulando. El problema de gobierno en torno a estos problemas es de orden financiero.

El sector privado tradicional está perdiendo protagonismo en la oferta de caudales, y el público se ve obligado a cubrir su retirada y tendrá que cubrirla ya para siempre, a menos que se creen nuevos procedimientos que permitan revitalizar la inversión hidráulica de carácter privado, pero será una participación de nuevo cuño. Es menester, pues, abrir cauces nuevos a la inversión privada.

### **5.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser muy diferidos, de decenas de años?**

Desgraciadamente, los efectos de empeoramiento en calidad y cantidad de las disponibilidades hidráulicas de la isla no son fenómenos diferidos, porque están muy presentes en la vida de la isla. En ella, todo el mundo medianamente informado sobre el asunto tiene asumido que en tanto se sigan explotando reservas subterráneas, la calidad y la cantidad del agua insular seguirán disminuyendo.

Pero no es mucho lo que al respecto se puede hacer; en principio, especialmente, dos cosas: 1ª, controlar en la medida de lo posible –y de acuerdo con las líneas básicas de la política hidráulica oficial– las extracciones de reservas subterráneas. 2ª, procurar la sustitución de los caudales que proporcionan esas reservas por los de otro origen. A ellas se tiende espontáneamente; y en esta dirección se

mueve la Administración hidráulica.

### **5.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, qué consideración realista tienen y han de tener los derechos legales frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulatino de la calidad?**

No se cree que este problema tenga mucha trascendencia en Tenerife. En la isla, los derechos legales no interfieren significativamente en la explotación racional del recurso. El problema del agotamiento progresivo de la calidad y cantidad de agua tiene importancia por lo que supone para el abastecimiento hidráulico de la isla, no por la existencia de derechos legales. Si se agotan las reservas desaparecerán al mismo tiempo esos derechos, pero lo importante no será esta desaparición, sino la falta de agua.

### **5.11. ¿Qué papel juegan las asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?**

Ya se ha dicho que en Tenerife no hay asociaciones de usuarios, por lo tanto no pueden representar papel alguno en ningún escenario.

Aunque conviene considerar que la Administración hidráulica canaria está organizada en forma muy descentralizada y participada: los principales organismos gestores y ejecutivos son de ámbito insular: los Consejos Insulares de Aguas; y en ellos confluyen las variadas instancias de la vida social y económica de cada isla.

Obsérvese a este respecto lo que expresan los estatutos del de Tenerife a propósito de las representaciones en su Junta General (Decreto del Gobierno de Canarias 115/1992, de 9 de julio).

*Artículo 7.– la Junta General estará compuesta por 50 Consejeros que ostentarán las siguientes representaciones:*

- a) Uno del Gobierno de Canarias, designado conforme a lo que disponga la propia normativa autonómica.*
- b) Catorce del Cabildo Insular de Tenerife.*
- c) Nueve de los Ayuntamientos.*
- d) Uno de los Consorcios, empresas públicas y de gestión de servicios públicos que operen en la isla y cuyas actividades estén directamente relacionadas con el agua.*

e) Doce de las entidades concesionarias o titulares de aprovechamientos así como de sus respectivas organizaciones.  
f) Siete de las organizaciones agrarias de ámbito insular.  
g) Dos de las organizaciones empresariales, dos de las organizaciones sindicales y dos de las organizaciones de consumidores y usuarios.

En definitiva, en los órganos de gobierno de la Administración hidráulica insular están bien presentes los consumidores de agua, pero en concepto de consumidores, no como representantes de sus asociaciones que –se insiste– no existen. Y es que en general esos mismos representantes, al propio tiempo que consumidores, pueden ser o suelen ser –sobre todo los agricultores– propietarios de aguas.

## 6. Miscelánea de otras cuestiones sociales

### 6.1. Agua y sociedad en Tenerife.

Cuando una actividad social alcanza la intensidad y fuerza a que en Tenerife llegó la búsqueda de alumbramientos, se admitirá seguramente que se trata de algo más que del mero y normal ejercicio empresarial. De modo que los aspectos sociológicos, las actitudes mentales y sus aspectos políticos tuvieron mucho que ver con el sector.

Así que en este capítulo se ofrecen una serie de opiniones y noticias sueltas y muy resumidas en relación con la vertiente social de los problemas de obtención, aprovechamiento y administración de los recursos hidráulicos de la isla. Se verá, no obstante que en muchos casos se aportan más preguntas y conjeturas que datos. Y es que, como se anunció en la entrada de estas páginas, dichos asuntos no han merecido prácticamente la atención de los investigadores académicos.

### 6.2. La percepción técnica del problema de la explotación de las reservas subterráneas.

No está clara qué imagen tenía el común de la gente sobre las aguas subterráneas de la isla cuando su exploración comenzó a adquirir impulso. Como es de suponer, en esa época, e incluso mucho después, las ideas populares sobre su hidrogeología podían resultar pintorescas: por ejemplo, era opinión muy extendida que todas sus aguas subterráneas, e incluso las de todo el archipiélago, tenían su origen en las lluvias y nieves caídas en las Cañadas del Teide.

Pero el problema de que se estaban extrayendo aguas embalsadas en el subsuelo era bien evidente a poco cuidado que se pusiera en la observación del fenómeno. En efecto, en Tenerife la principal fantasía del promotor de galerías era el descubrimiento de la gran bolsa de aguas. Es de suponer que cuando se pensaba en una bolsa, se hacía en

algo destinado tarde o temprano a quedar vacío.

Y es que, desde casi el inicio de la actividad, la experiencia inmediata ponía claramente de manifiesto ante todo el mundo el fenómeno del agotamiento de las aguas del subsuelo: ya a principios del siglo XX hubo alumbramientos súbitos y muy crecidos, pero que tardaban poco en disminuir, incluso al extremo de agotarse o casi agotarse del todo en cuestión de meses. Estos sucesos no pasarían desapercibidos a los más informados y capaces de reflexionar sobre el asunto. De modo que alguna idea del problema debía haber entre ellos. Pero si se alumbró el concepto, debió ser en forma bastante imprecisa.

Lo cual no tendría nada de extraño porque la idea resultaba borrosa incluso entre los propios técnicos y peritos en la materia. Antes de la Guerra Civil hubo dos informes de especial significación con respecto a las aguas del archipiélago. Ambos muy documentados. El primero, el de 1924 ya citado y debido al catedrático de la Universidad Central, Lucas Fernández Navarro.

Este profesor reconoció el hecho de que algunos alumbramientos de galerías habían sufrido merma notable de sus aportaciones, pero lo atribuyó a la afección de captaciones próximas. No identifica con claridad el problema de las reservas, aunque sí distinguió entre aguas de «la corteza» para referirse a las de las capas superiores del acuífero, y aguas profundas. Su preocupación principal era, sin embargo, racionalizar las labores de perforación de galerías, que él contempló en todo el hacinamiento y desorden con que se manifestaban entonces en los dos Realejos. En todo caso, su visión estaba condicionada por su dedicación a esa zona, donde por aquellos años se habían abierto ya más de un centenar de galerías, y que, dentro de la isla de Tenerife, constituye un territorio de condiciones hidrogeológicas un tanto especiales.

El segundo informe fue el de ingenieros del Ministerio de Fomento que visitaron parte del archipiélago y que formularon tras observaciones muy concienzudas. Pero en él en ningún momento se echa de ver que se hubieran percatado del problema de la extracción de reservas subterráneas. El enfoque de su mirada, como el de Fernández Navarro, se dirige al problema de la interdependencia y afecciones entre captaciones en competencia, que en aquella época era la cuestión capital de las aguas subterráneas canarias.

Desde que el la Real orden de 1924 exigió la autorización administrativa previa al inicio de trabajos de exploración de aguas subterráneas en la islas, el caudal de informes técnico empezó a engrosar hasta convertirse en riada. Pero los emitidos eran normalmente informes de rutina o de batalla, centrados en el problema que los originaba y sin visión independiente del problema que trataban.

A menudo eran tributarios de las ideas y conceptos de Fer-

13 Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife. 1952.

14 Estudio Científico de los recursos de agua de las islas Canarias (ISPA/69/513). Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. UNESCO. 1975.



nández Navarro o de los ingenieros del Ministerio. Las primeras referencias explícitas que se han encontrado sobre la sobreexplotación de las reservas subterráneas son relativamente tardías. Se deben al geólogo tinerfeño Telesforo Bravo Expósito. Por ejemplo, en una conferencia de 1952<sup>15</sup> (Aspectos geológicos y biológicos del futuro próximo de Tenerife) en el Círculo Mercantil de Tenerife señalaba:

Dentro de cincuenta años el subsuelo de nuestra isla estará materialmente acribillado de galerías, los depósitos geológicos se habrán ido agotando y solo quedará como fuente de suministro la cantidad que represente su régimen de alimentación. Con mucha frecuencia vemos el ciclo de una galería que ha alumbrado agua. Durante los primeros años el caudal es constante pero luego va perdiendo presión y acaba en uno pequeño, en los casos más favorables, pues en otros se agota totalmente. Durante estos próximos años es posible que se hagan obras de captación de las aguas de Las Cañadas, pero ellas solas, en el caso de conseguirse, no serán suficiente para el aprovisionamiento de la isla. También se habrá tratado de construir embalses pero, como se dejó dicho en anterior conferencia, su interés económico dependerá de que podamos detener su atarquinamiento.

En estos momentos estamos haciendo esfuerzos para el mayor aprovechamiento de nuestras reservas hidráulicas, pero vamos llegando al límite. Los déficits de unos caudales son compensados por los alumbramientos de otros, aunque este estado de cosas no puede durar mucho tiempo más, y cuando transcurran 30 o 40 años la mayor parte de las galerías serán deficitarias con relación al primitivo caudal alumbrado.

Esta visión relacionada con la explotación de las reservas insulares fue prácticamente la única hasta la llegada del denominado proyecto SPA-15<sup>16</sup>. En el informe final de este estudio está ya perfectamente identificado el problema, aunque poco acotado en su dimensión cuantitativa. Al respecto se manifiesta de la siguiente manera (pág. 117 del volumen 3):

- La infiltración anual constituye el techo del aprovechamiento de los recursos subterráneos, por lo que un nivel mayor de explotación sólo puede mantenerse durante algunos años, a costa de un progresivo y total agotamiento de las reservas. Aprovechar una fracción importante de los recursos supone, en cualquier caso, acceder a una nueva situación de equilibrio, con unas reservas menores y otra superficie piezométrica, que puede llegar a ser inaccesibles desde el punto de vista económico.
- Dicho de otro modo, el caudal de base de las galerías que en definitiva es el máximo que se puede explotar, depende de la infiltración eficaz en su zona de influencia y la velocidad de descenso de la superficie piezométrica es función del porcentaje de utilización de reservas y de la porosidad del acuífero. Conocer ambos extremos resulta así vital, y únicamente puede lograrse con acierto mediante

una continua y cuidadosa observación de las respuestas del acuífero a las sollicitaciones a que se le somete, y por medio de sucesivos ajustes del balance. Un modelo de simulación sería también una herramienta de gran utilidad a estos efectos.

- Admitiendo que las reacciones del sistema va a ser congruente con la evolución histórica y aceptando las cifras del balance establecido, solamente mantener la producción anual de galerías exige su permanente prolongación a un ritmo de unos 40 km/año, lo que se traducirá en un encarecimiento progresivo del coste del agua, que será aún mayor cuando concluyan las oportunidades de continuación de las galerías existentes –posibilidades que no superan los treinta años– y hayan de empezarse otras nuevas, que serán estériles en sus primeros kilómetros.

Una década después, comenzaron a resultar muy asequibles los sistemas de modelización matemática, y se abordaron las sucesivas simulaciones que se comentaron en el primer capítulo, y que llevarían finalmente a las actuales estimaciones (se supone que cada vez más precisas) del problema. Pero hay que subrayar que para tenerlo completamente diagnosticado debió esperarse a que la explotación de las aguas subterráneas de Tenerife hubiera iniciado ya su definitiva cuesta abajo.

### 6.3. Agua y política.

En la conciencia del canario y del tinerfeño de cuatro o cinco generaciones, el agua más que un problema era «el problema». De modo que resulta imposible que el asunto no tuviera su cara política. Y en efecto, desde la misma finalización del Antiguo Régimen, la Administración española dio muestras tempranas de su interés por el problema hidráulico regional.

En la época que aquí se contempla preferentemente –la del siglo XX y la etapa frutera de su economía–, el primer y principal problema hidráulico de Tenerife era el ya referido de las interferencias entre captaciones. Un segundo asunto: el de la personalidad jurídica de las Comunidades de agua, emergería más tarde.

Como se ha visto en el anterior epígrafe, el tercer gran problema del sector, la explotación de reservas subterráneas, se identificaría tardíamente, ya muy avanzado ya el ciclo. Las materias relacionadas con las ayudas a los particulares en sus inversiones hidráulicas atrajeron buena parte de la atención pública hacia el sector, pero, por lo menos en Tenerife, con resultados prácticamente nulos.

Los conflictos de interferencias entre galerías adquirieron su inicial virulencia entre las captaciones del valle de La Orotava, donde en la zona de ambos Realejos un buen número de comunidades propietarias de galerías se encontraban enzarzadas en pleitos y cuestiones interminables. Como se comentó, la solución del asunto era crucial para

17 Estamos hablando de la etapa del Directorio Militar de la dictadura del General Primo de Rivera.

la efectiva continuidad de las inversiones privadas en obras de captación y aprovechamiento.

El movimiento decisivo en este terreno surgió de la iniciativa de una decena de Comunidades de Aguas del valle de La Orotava y de una empresa británica con fuertes inversiones hidráulicas en la parte baja de Los Realejos, cuyos representantes elevaron el 15 de septiembre de 1924 un escrito al Gobierno Civil de Canarias en el que se pedía la suspensión de las obras de captación en ambos Realejos por el peligro que suponían para alumbramientos preexistentes. Este escrito mereció un informe del Gobernador Civil de 29 de octubre y dio lugar a una Real orden del Ministerio de Fomento de 27 de noviembre, publicada en la Gaceta del 3 de diciembre, y que constituyó la primera disposición especial sobre las aguas canarias. En la Administración española de aquellos tiempos, el que una petición de provincias se transformara en ochenta días en una disposición de carácter general, da que pensar. Y en efecto, algún telegrama de esos representantes y del Subsecretario de Fomento (entonces no había Ministro<sup>17</sup>) al Gobernador Civil parecen denotar la existencia de contactos de aquéllos con la Presidencia del Directorio Militar.

Es de suponer, por tanto, que se partió de un acuerdo político previo, ya que la petición se tramitó como asunto esencialmente político (se substanció tras un único informe del Gobernador Civil, y al margen de cualquier dictamen técnico o pericial.) Por tanto, algún trasfondo político debió tener el asunto; pero es imposible plantearlo si no es especulativamente, lo que parece impertinente en las presentes páginas.

Aunque sí aludir a que la solución dada al problema no debió gustar mucho en el Ministerio de Fomento, porque, transcurrido sólo año y medio, se emitió otra Real orden, esta vez para crear la comisión de ingenieros ya referida con el propósito de informar sobre la conveniencia de mantener o reformar aquella disposición de 27 de noviembre. Sus técnicos visitaron varias islas, realizaron una labor bien concienzuda, y emitieron un informe quizás sorprendente por la falta de realismo de algunas de sus propuestas. En la práctica no llegó, finalmente, a ninguna parte. Se publicó cuando el Dictador ya había sido desalojado del poder.

Tales acontecimientos dejan entrever que en Canarias y sobre todo en Tenerife agua y política eran asuntos muy cercanos. Así que desde entonces en adelante, los cambios de rumbo político de la vida nacional vendrían al archipiélago acompañados por lo regular de alguna manifestación acerca de política o legislación hidráulicas.

La República no dejaría de responder a este principio, de modo que, bajo gobierno del Partido Radical, el Ministerio de Obras Públicas emitió dos Decretos de 27 de noviembre y 8 de diciembre de 1833 y una Orden de febrero de 1934 referido a las aguas canarias. El segundo, el único que nos interesa aquí, fue la primera norma de auxilios

dictada específicamente para Canarias, que de esta manera se vio en cierta manera privilegiada con respecto al régimen del resto del territorio nacional, sujeto a la Ley estatal de Obras Hidráulicas de 1911. Fue una disposición tan bienintencionada como desenfocada por su propensión hacia los aprovechamientos superficiales. Pero partía de una percepción mucho más cercana a la realidad canaria que otras normas posteriores al aceptar la «facultad de adquisición del agua por unidad de volumen con arreglo a la práctica insular y según tarifa que al efecto y siguiendo estas mismas prácticas, se fija.» Es decir, por primera y única vez se rompía en la Administración española el monopolio del rígido principio de adscripción del agua a la tierra. Como ya se apuntó, esta visión tolerante de las particularidades canarias en el aprovechamiento hidráulico sería repudiada posteriormente por la Administración surgida de la guerra civil.

Con el cambio de régimen, las nuevas autoridades se apresuraron –tal vez se apresuraron demasiado– a mostrar su interés por los asuntos hidráulicos. De modo que el Cabildo Insular de Tenerife gestó, en medio del fragor de la guerra, su Plan insular de obras hidráulicas, de 1938 (el primer plan hidráulico de la isla.) Su contenido substancial es muy liviano (apenas una veintena de páginas) y más parece una pequeña operación de propaganda política que otra cosa. Lo cual no fue óbice para que no incidiera en el problema de siempre: pensar exclusivamente en el aprovechamiento de aguas superficiales. Y dejar ahora taxativamente establecida la imposibilidad legal de incorporar a los auxilios públicos los aprovechamientos de aguas privadas, esto es, de aguas subterráneas.

La Administración del nuevo Régimen seguiría con una labor normativa que le llevó a emitir las leyes ya vistas en capítulo anterior, las únicas promulgadas para las aguas canarias antes del proceso descentralizador de la etapa Democrática. Los años inmediatamente posteriores a la guerra civil vieron crecer la fiebre del expediente. Se ignora en verdad por qué los años 40 presenciaron una inundación de solicitudes ante la Administración para realizar obras de captación de aguas subterráneas (el año 1942 estableció una marca en este terreno que ya nunca sería superada).

El Plan de Obras Hidráulicas de Tenerife de Amigó-La Roche (1961) vino a coincidir poco más o menos con el Plan de Estabilización. Y la llegada de la fase tecnocrática del bajo franquismo se correspondió en el tiempo –tal vez fuera sólo pura coincidencia– con el SPA-15.

El cambio del modelo de las aguas subterráneas de la Ley nacional de 1985 hacia un sistema de dominio público, y lo que esta calificación suponía para las aguas canarias, entrañaron fuertes tensiones en la isla, tensiones que aflorarían con las primeras iniciativas legislativas en la materia del recién nacido Parlamento de Canarias. Las tramitaciones parlamentarias se desarrollaron en medio de crisis

paciones sociales y dentro de un proceso político-jurídico de perfiles extraordinariamente complejos. Pero esa es ya otra historia.

#### **6.4. Algún apunte relativo a la sociología de la Comunidad de Aguas.**

En los trabajos a los que ya se ha hecho referencia, Tres Comunidades de Aguas de Tenerife y Los costes del agua en Tenerife (que se adjuntan) hay una serie de datos relacionados con la estructura y participación de las Comunidades de Aguas tinerfeñas. Aquí vamos a facilitar alguna opinión relacionada con la interpretación de esos datos y con alguna otra cuestión aneja.

##### **La tesis de la desaparición y apropiación indebida de las aguas naturales de la isla.**

Este es un viejo postulado. Viene a predicar que las aguas de galerías no son otras que las de las primitivas fuentes naturales de la isla –propiedad de los Heredamientos canarios creados en tiempos de los Reyes Católicos–, que desaparecieron interceptadas por esas obras. Este aserto tiene su parte de verdad: lo que de entrada hicieron las primeras perforaciones fue interceptar los primitivos manantiales de la isla. En el informe Análisis estadístico de la evolución histórica de los alumbramientos de agua mediante galerías en la isla de Tenerife puede encontrarse datos al respecto. Pero no es en absoluto toda la verdad. Por no alargar la cuestión se dirá sólo que las fuentes naturales del primer tercio del siglo XIX (antes de que se iniciara la perforación de ninguna galería) daban un caudal promedio de entre 20 y 25 hm<sup>3</sup>/año, que servía para regar unas 1.500 hectáreas. En la década de los 70 del siglo XX, en el apogeo de la extracción de aguas de galerías, éstas suministraban del orden de 200 hm<sup>3</sup>/año, destinadas a regar unas 25.000 hectáreas. No parece necesario añadir nada más.

Acerca de la más o menos equitativa distribución de la propiedad del agua.

Las grandes Comunidades de Agua de la isla son un cajón de sastre en el que cabe todo tipo de partícipes: en ellas puede haber particulares, sociedades mercantiles, comunidades de bienes (hereditarias o no), otras comunidades de agua, organismos, órganos (civiles y militares) o empresas públicas del Estado, la Comunidad Autónoma, el Cabildo Insular y los municipios. En los citados trabajos pueden contemplarse algunos detalles y particularidades de esta participación.

Nuestra estimación es que hacia el año 2000 estos propietarios de agua, es decir, los titulares de participaciones en Comunidades de Agua, de la isla podían cifrarse en unos 50.000. Si estas acciones se ven como propiedad familiar,

resultaría que cerca del 25% de las familias de la isla son propietarias de aguas o inversoras en Comunidades de Aguas.

Para estimar la regularidad en la distribución de esa participación se han evaluado sus índices de Gini en las Comunidades estudiadas. Se mueven entre 0,38 y 0,44. Como en estos cálculos van incluidas las instituciones y sociedades partícipes, que muchas veces son las mayoritarias, es probable que al considerar sólo las personas ese índice de Gini puede rondar valores de 0,35. Es decir, que la distribución de la propiedad del agua dentro de las Comunidades de Aguas puede ser semejante a la de la renta personal de España.

En todo caso, la dimensión media de la propiedad de agua es pequeña: el conjunto de los 3.840 partícipes (personas físicas) de las tres comunidades estudiadas (las más ricas en agua de la isla) disfrutaban de un caudal medio de 5.365 m<sup>3</sup>/año, esto es, de una renta bruta de unos 2.500 euros/2005 al año.

Propiedad de la tierra y propiedad del agua.

Desde hace tiempo se ha manifestado que en la isla el agua está más repartida o más equitativamente repartida que la tierra. Que ello es así parece cosa obvia a la luz de los datos de las Comunidades de Aguas estudiadas. En efecto, en las dos más importantes hay un total de 2.713 personas físicas que son partícipes, esto es propietarios de agua, pero solo 1.045 regantes (también personas físicas). Es decir, el número de personas que tienen acciones de agua más que duplica el de los que utilizan esos caudales para el riego y puede suponérseles, por tanto, propietarios de tierras regables.

La tesis de la inversión hidráulica a costa de las remesas de emigrantes y la propiedad femenina del agua.

La tesis de las remesas de la emigración americana como cobertura de una parte substancial de la inversión hidráulica de Tenerife no puede probarse. Pero se ha dicho que es indirectamente apreciable a través de la participación femenina en las Comunidades de Aguas, pues era normal que las mujeres tuvieran la responsabilidad de administrar los patrimonios de familias cuyos padres estaban emigrados. De modo que ellas habrían acabado siendo las titulares de las acciones de agua adquiridas con los fondos que remitían sus maridos.

Pues bien, en las tres Comunidades de Aguas estudiadas, la participación de varones es del 63%, y la de mujeres del 37%. A ciencia cierta no se puede afirmar que estas cifras sean significativas. Pero si se piensa que en la sociedad canaria lo normal es que el varón represente a la familia y que las cifras originales de propiedad femenina podrían haberse diluido por el paso del largo tiempo transcurrido desde las épocas de la gran emigración canaria, tal vez sí tengan algún valor indiciario. Sépase, por otro lado, que

<sup>18</sup>El índice de Gini mide la irregularidad de la distribución de un valor en una muestra. Varía entre 0 y 1. Por ejemplo, si lo que se evalúa es la distribución de la renta en una colectividad, el que tenga el valor 1 significa que esta renta está concentrada en una sola persona; por el contrario, si es 0, que está distribuida de modo por completo uniforme. Por tanto, los índices de Gini bajos significan una distribución de renta equitativa; y lo contrario cuando son altos. Los índices de Gini de la distribución de la renta de Europa en 2011 variaron entre 0,23 (Noruega) y 0,35 (Letonia). La media de la UE-27 fue de 0,305. El índice de España (de los más altos de Europa) fue de 0,34.

esa misma proporción, cuando se trata de regantes es, en las mismas comunidades, de un 85% de hombres frente a sólo un 15% de mujeres.

## 6.5. La recomendación de Lucas Fernández Navarro.

El profesor Fernández Navarro trabajó en los asuntos hidrogeológicos del valle de La Orotava a invitación de un grupo de propietarios de aguas de la zona.

Al poco, su estudio sirvió como fundamento de las peticiones de intervención al gobierno nacional. Pero ahora eso no es lo que importa. Lo que sí se quiere destacar es una de sus sugerencias, al que cabría un largo recorrido.

### En efecto, en sus conclusiones expresa:

*Y aquí de mi consejo. No veo más remedio para concluir con estos males, que una asociación de todas las empresas y propietarios de aguas del valle, dispuestos a cooperar de buena fe en un plan general debidamente madurado. Esta asociación podría tener un organismo director formado por aquellas personas de mayor experiencia y de solvencia moral más acreditada, cuyos fallos obligarían a todos. No es otra cosa en el fondo el famoso Tribunal de las Aguas de Valencia, prudente institución que sin más medios coercitivos que su prestigio moral, mantiene el orden y hace una labor que no podrían llevar a cabo tal vez las instituciones jurídicas del Estado.*

Poco más o menos en esta dirección se dirigió el movimiento que luego se llamaría «de fusión de comunidades». Se trataba de federar o fundir de alguna manera las diversas comunidades de un territorio en una sola entidad, y ello con miras a evitar las interferencias y pleitos entre ellas.

Las posibilidades de planear exploraciones racionales de los subsuelos de una comarca con arreglo a una visión unitaria de ella, y con independencia de las afecciones que se pudieran producir en caudales de captaciones preexistentes, pues todas estarían integradas en la federación, convertían en muy atractiva la idea. Y se avanzó bastante por ese camino. En la actualidad, con pocas excepciones, las mayores o las más importantes Comunidades de la isla tienen su origen en fusiones.

El sistema de fusiones era tanto más interesante para la isla por cuanto los principios de funcionamiento de las comunidades de aguas las ponían a cubierto de inconvenientes o tentaciones oligopolísticas.

El procedimiento, sin embargo, no alcanzó todo el éxito prometido por dos razones principales: 1ª, por la propia dificultad de valorar y compensar los intereses individuales fusionados. Por ejemplo, si lo que se hacía era intercambiar las acciones de las comunidades fusionadas por las

de la federación, era necesario disponer de una valoración de aquellas.

Y aquí podía encallar cualquier proceso negociador, pues esas valoraciones dependen mucho de las expectativas que cada quien pueda tener sobre el futuro de la galería de cada comunidad y de factores semejantes no siempre perfectamente evaluables o tangibles.

Este problema llegaba al extremo de que aunque el proceso de algunas fusiones llegara a culminarse con éxito, quedaba un pequeño resto de descontentos que se mantenían en sus comunidades de origen.

Y, 2ª, porque la fusión de todas las comunidades de una comarca no impide que puedan aparecer otras de nueva creación, pues en su funcionamiento el sistema nunca abandonó el principio de libertad de entrada. Así que una vez fusionadas las Comunidades de una zona, los conflictos podían reiniciarse con otras que llegaban a ella con nuevos proyectos.

Está claro que las circunstancias de las aguas tinerfeñas las diferenciaban mucho de las que competen al Tribunal de la Aguas de Valencia. Desde, para regirlas no parece que baste con la fuerza moral de un prestigio personal.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-22

<b>Autoría</b>	José Jiménez Suárez, Ing. CCP Ex-director general de aguas, Gobierno de Canarias Ex-director del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria Consejero del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria Prof. Universidad de Las Palmas de Gran Canarias		<b>Siglas</b> JJ
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Canarias	<b>Lugar</b> Gran Canaria	<b>Cuestiones</b> 1.1; 2.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea? Valorarlo.

Las islas son ámbitos reducidos y aislados en equilibrio, desde hace milenios, entre las entradas por recarga y las salidas por el perímetro hacia el mar. Interrumpir este equilibrio, como se ha hecho, ocasiona minería del agua subterránea; “aguas abajo y aguas arriba” en el sentido del flujo. Sin embargo en las cuatro décadas, 1950–1990, de mayor explotación de agua subterránea, la isla de Gran Canaria superó una crisis económica importante gracias al cultivo de los plátanos y el tomate. La valoración económica y social de esa minería localizada en el tiempo puede justificar la acción. Existe un dato significativo. Hoy la Unión europea subvenciona con 0,5€/kilo la producción de plátanos por su repercusión social, son más de 200 millones de Euros/año que se destinan al agricultor, pero ni un euro para recuperar el acuífero. Sería oportuno destinar un 20% de esa cantidad para reuperar el acuífero.

#### 1.1.2. ¿Qué acuíferos sufren explotación minería del agua subterránea?.

Fundamentalmente Gran Canaria y Tenerife. En menor medida, y más conceptual que real, La Palma. Gomera y Hierro.

#### 1.1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

En algunas islas como Tenerife puede ser el 50% de los recursos totales y en Gran Canaria algo menor pero también cerca del 40%. En La Palma puede ser del orden del 15% y en la Gomera y el Hierro menos del 10%.

#### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

Entre los años 1950 y 1980 el 80% del agua de las islas mayores procedía de la minería del agua y desde entonces cae su importancia cada año.

#### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsibles de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.

Es muy difícil pero restablecer los caminos del agua en algunas zonas puede ser imposible. En el caso de explotación de galerías es imposible y en zonas con mucha intrusión marina, más de un siglo.

#### 1.1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución? ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

Desafortunadamente no existe sistema, método y orden para hacer un seguimiento global de la recuperación de los acuíferos en cantidad y calidad. Luego la incertidumbre es grande.

#### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.

El grado de conocimiento no es bueno, ni continuo ni existe programa predefinido para hacer un modelo, contrastarlo y que sirva de herramienta para hacer un seguimiento y prognosis del futuro.

#### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.

En Gran Canaria, el riego fue más del 80% en 1970 y hoy menos del 50%. En Tenerife todavía es más del 60% para riego.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En que medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?

Durante mucho tiempo fue un precio especulativo y de oportunidad por la rigidez de la oferta y ser un bien insustituible, hoy la desalación y la depuración ha permitido avanzar hacia un precio de mercado.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso? ¿Hay diferentes precios según la calidad? ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?

Sí, la calidad marca el precio, las plataneras son muy exigentes, incluso más que las personas y permiten pagar precios altos para las aguas de mejor calidad.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?

En el consumo humano la de peor calidad sencillamente no se usa para determinadas demandas y en la agricultura repercute en la producción de forma apreciable

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados? ¿Cómo se manejan?

Las tensiones respecto a la propiedad han disminuido desde que existe en el mercado agua de dominio público, desalada, depurada o superficial, embalses.

4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea? ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados? ¿Cómo se está llevando a la práctica?

En las islas Canarias ni siquiera está asumido por la administración el concepto, y mucho menos la práctica.

4.2.3. ¿Qué se hace de para **salvaguardar los beneficios** obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite? ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado? ¿De qué modo?

Es complejo, pero repito el dato. La Unión Europea subvenciona a los cultivadores de plátanos con más de 200 millones de euros/año por el carácter social y paisajístico del cultivo, pero los acuíferos masacrados durante décadas no tienen atención especial.

4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo? ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?

En las islas Canarias no tiene capacidad ni económica ni técnica para afrontarlo y dudo que voluntad.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-23

<b>Autoría</b>	Francesc La Roca Universitat de València		<b>Siglas</b> FLR
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Vinalopó	1.3; 2.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

Las consecuencias ambientales directas del uso intensivo de las aguas subterráneas –más allá del deterioro de los acuíferos y el descenso de los niveles piezométricos– se manifiestan puntualmente en la pérdida de fertilidad de los suelos (por salinización). Por otra parte, con el descenso del nivel freático, las surgencias naturales dejan de manar, afectando a los ecosistemas dependientes (entre otros, el propio río Vinalopó) con el consiguiente impacto en la vegetación y la fauna silvestre. Los terrenos abandonados por la agricultura (y prácticamente sin cobertura vegetal) quedan más expuestos a la erosión (Ver Anexo 2. Fotos).

Algunos aspectos del deterioro ambiental se pueden estimar, pero desconozco que se haya hecho de manera sistemática.

**1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.**

Algunos daños son recuperables, si bien sólo a largo plazo y con un coste elevado. Formalmente, los objetivos de la política de aguas contemplan la recuperación de los acuíferos sobreexplotados; la realidad es más problemática. La pérdida de suelo puede ser irreversible.

A mi juicio, el problema principal, en este sentido, es que la recuperación de los ecosistemas dañados se plantea mediante la extensión y propagación del daño. Así, la declarada estrategia de recuperación de los acuíferos se basa en el trasvase de agua desde el Júcar, trasladando a esa cuenca –que según el PHC tiene un “déficit” de 175 Hm<sup>3</sup>– las consecuencias ambientales de la merma de caudales.

Por otra parte, a la luz de las reiteradas declaraciones de agentes sociales públicos y privados de la zona, es legítimo dudar de la voluntad real de destinar los caudales trasvasados a la efectiva recuperación de los acuíferos.

La ausencia de medidas de contención de la demanda, el rechazo frontal al uso de agua desalada –pese a la existencia de una capacidad de desalación notable– o el intento de venta de agua subterránea de buena calidad a una multinacional (ver Anexo 1) por parte del representante del lobby encargado de la reivindicación de agua barata inducen a pensar que los objetivos ambientales no son prioritarios, sino más bien un instrumento de legitimación de la solicitud de fondos europeos para la subvención de las infraestructuras del trasvase.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las **externalidades**, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.**

No tengo noticia de ninguna internalización de costes ambientales. Los costes ambientales se deben reflejar, al menos, en dos momentos. Primero, en la selección de las medidas de la planificación, se deben tomar en consideración los impactos ambientales de las diferentes alternativas y priorizar las menos nocivas.

Segundo, aquellos costes que sean monetizables, bien sean de prevención, mitigación o restauración, deben ser imputados a los usuarios. Los usuarios de aguas subterráneas también deben contribuir a sufragar los costes de las medidas de recuperación de los acuíferos sobreexplo-

tados.

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su calidad para uso? ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

En cuanto a los precios hay una variada casuística y mucha opacidad. Los propietarios de pozos tan solo pagan el coste del bombeo y el mantenimiento de las instalaciones. Aún así el coste puede ser considerable debido a la profundidad creciente de los mismos y al aumento de las tarifas eléctricas.

El agua de mejor calidad, en principio es más cara, porque ha sido necesario tratarla, bien potabilizándola para uso urbano o bien desalándola, y al menos parte del coste se repercute en la tarifa. Sin embargo, en algunos acuíferos se puede disponer de agua subterránea de buena calidad al coste del bombeo (y mantenimiento del pozo).

El coste de la depuración del agua urbana empleada en la agricultura es asumido principalmente por los usuarios urbanos.

Los intercambios de agua de distintas calidades entre diferentes usos, sin duda deben reflejar las diferencias cualitativas, pero la opacidad de las operaciones no permite establecer una relación clara. En términos generales se puede considerar que los usos urbanos subvencionan los precios agrarios del agua; lo que se añade a la socialización de los costes tanto de infraestructuras como ambientales originados por el regadío.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

**4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?.**

El dominio público del agua en relación con las aguas subterráneas se puede considerar una entelequia. Las Comunidades Generales de Usuarios se comportan como auténticos propietarios del agua.

**4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la Directiva Marco del Agua europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?.**

En el caso de la demarcación del Júcar, la reducción de

presiones no forma parte de las alternativas estratégicas consideradas. A pesar de que, al menos aparentemente, la modernización de los regadíos podría ir en ese sentido, en la práctica, la recuperación de caudales por esa vía es más bien simbólica, ya que se compensa con "consolidación" de derechos e incremento de garantías. En el Vinalopó, las medidas que se están previstas para resolver la problemática en el conjunto de las masas subterráneas del Vinalopó, van dirigidas reducir el déficit existente en la actualidad mediante la sustitución de bombeos por otro recurso adicional. Este recurso procederá de la desalinizadora de Mutxamel, de la transferencia del río Júcar y de aguas regeneradas de las EDAR de la zona, principalmente de Rincón de León, Villena, Novelda-Monforte del Cid e Ibi. (CHJ 2013, A8; 80) La estrategia del Plan de Cuenca es claramente de oferta, incluso más allá de las posibilidades de la propia demarcación:

*1.- Este plan hidrológico reconoce que en los sistemas Júcar y Vinalopó-Alacantí no es posible atender con sus recursos disponibles todos los derechos de agua existentes, las redotaciones y los posibles futuros crecimientos de demanda con las adecuadas garantías y cumplir con el régimen de caudales ecológicos establecido en esta normativa.*

*2.- Se requiere por tanto el aporte de recursos, cuyas características y procedencia serán determinados, en su caso, por el Plan Hidrológico Nacional, para: [...]*

*d) Atender los volúmenes para los que no se dispone de recursos propios, correspondientes a derechos de agua y redotaciones de demanda agrícola en las masas de agua subterránea del sistema Vinalopó-Alacantí, estimados en 70 hm<sup>3</sup>/año. [CHJ 2013, Normativa. Artículo 33. Demandas no atendidas con recursos propios.]*

Los objetivos relativos a las masas de agua subterráneas de la zona están aplazados hasta 2027, en aplicación (no justificada convenientemente) del artículo 4.4 de la DMA. En esto se sigue una práctica que es común a todas las masas de agua con problemas de cumplimiento.

Del total de 439 masas de agua de la Demarcación, se consideran en buen estado 216 a fecha de 2009, a las que se añadirán 8 más en 2015. Para el resto –a excepción de tres masas para las que se establece un objetivo menos riguroso– se adoptan prórrogas. 27 masas alcanzarán presumiblemente el buen estado en 2021 y entre esa fecha y 2027 lo harán (¿cómo?) las restantes 185.

**4.2.3. ¿Qué se hace de para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.**

Para intentar responder a esta pregunta y a las siguientes creo que conviene ampliar la perspectiva y contemplar brevemente algunos elementos que han contribuido a la

<sup>18</sup>Si bien, tanto la competencia como la titularidad de estos pozos fueron de la Generalitat Valenciana a través de la Conselleria de Agricultura desde 1985, el funcionamiento y la financiación de su explotación presentó problemas ante los pagos de los usuarios, por lo que, a finales de los años 90, era la Conselleria la que soportaba casi todos los costes. La solución que se le dio a este problema no fue la de cortar el suministro a los usuarios morosos o gestionar mejor los cobros, sino la de transferir gratuitamente los pozos a las Comunidades Generales de usuarios. (Sevilla et al. 2010; 327)



formulación actual del problema.

La cuestión del agua en esta zona (semi)árida como en otras similares es una construcción cultural potente y generadora de signos identitarios. El evidente contraste entre los paisajes áridos del secano y los vergeles producidos por el agua no necesitan mayor explicación; forman parte de la experiencia directa de los habitantes. También, la experiencia de la escasez. La minería del agua es una actividad secular en la cuenca, siempre acompañada de la precariedad de los recursos obtenidos. Cuando un alumbamiento se seca o resulta insuficiente hay que “traer el agua de dónde sea”. La búsqueda de nuevos recursos se percibe como un acto tan natural como el agotamiento de los recursos propios. Con todo, la sobreexplotación actual de los acuíferos del Vinalopó se construye a partir de la introducción de los grupos de bombeo sumergibles a finales de los años 50 del siglo pasado. Como ha recordado recientemente Martín Sevilla (et al. 2010) la administración pública, a través del Instituto Nacional de Colonización (INC), jugó un papel destacado en el fomento del regadío a pesar de las primeras alertas de sobreexplotación de otro organismo oficial: el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). ¡Ya en 1965!

En la espiral expansionista del regadío (y, más tarde, la urbanización) operan dos tipos de estrategias. Por un lado, la formal –y exitosa– de obtención de derechos de agua muy por encima de las disponibilidades de la cuenca. Las administraciones públicas que promueven (INC) u otorgan las concesiones (CHJ) quedan de alguna manera comprometidas –“endeudadas”– con los concesionarios a los que se ha reconocido un derecho al agua que no pueden ejercer. La representación de la escasez de agua como elemento identitario facilitará la presentación de la reivindicación de los derechos de los concesionarios como una causa colectiva (ver Anexo 2, Foto 1). El agua es tanto un elemento de cohesión social, cuando se reclama el auxilio de los poderes públicos, como una fuente de conflictos internos provocados por el reparto de un bien limitado.

En este segundo aspecto, el del reparto del agua, opera otro tipo de estrategia marcada por la informalidad. El carácter de dominio público del agua desaparece en cuanto se entra en posesión unos caudales que son considerados como propiedad privada y que serán objeto de transacciones mercantiles informales, amparadas en la opacidad del negocio privado.

Volviendo a las preguntas del cuestionario, para salvar los beneficios obtenidos hay que transitar hacia la lógica de la sostenibilidad. Eso significa reconocer que el entorno –en este caso las condiciones pluviométricas– imponen límites a los que hay que adaptar el modelo de desarrollo y los estilos de vida. El crecimiento descontrolado, sea de la superficie regada o de la urbanizada, tiene unas consecuencias que es necesario asumir. El cálculo y la correcta atribución de los costes de estas actividades es el primer paso. El saneamiento del modelo de desarrollo exige acabar con la socialización y externalización territo-

*rial de los costes.*

Para ello, más que una mayor intervención pública lo que se necesita es una intervención pública distinta, que establezca objetivos claros de adecuación a las disponibilidades reales de agua, que promueva un cambio en el modelo de desarrollo hacia actividades menos intensivas en agua y que repercuta los costes reales a los beneficiarios. La administración pública debería actuar también para recuperar efectivamente el dominio sobre los recursos hídricos, como establece la Ley.

**4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con que apoyos?.**

A la luz de la experiencia de las últimas décadas de planificación y gestión del agua se puede afirmar que la administración pública ha contribuido activamente a construir el problema actual de sobreexplotación de los acuíferos del Vinalopó. Es más, la lectura del borrador de Plan de Cuenca presentado en agosto de 2013 no permite identificar signos de cambio. Por un lado, persiste la oposición al uso de las desaladoras, que solo se aceptan de manera subsidiaria y por las amenazas de Bruselas de reclamar los fondos invertidos en ellas si no se ponen en funcionamiento. La operación de las plantas por debajo de su capacidad incrementa los costes. Por otro, la renuencia a aplicar el principio de recuperación de costes, además de socialmente injusta, dificulta la puesta en marcha de medidas de racionalización de los usos.

Las medidas de incremento de la oferta (cuasi)gratuita refuerza el despilfarro y la insostenibilidad del modelo.

**4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?.**

En el caso del transvase Júcar–Vinalopó no está prevista la recuperación de los costes de inversión. Por otra parte, el sistema de explotación Vinalopó–Alacantí es el de menor recuperación de costes del agua de riego de toda la Demarcación del Júcar (64%, según la estimación (muy sesgada al alza) de la CHJ (2013, A9; 65). No hay compensación alguna a la cuenca por externalidades. Algunos concesionarios del Júcar tienen expectativas de negocio futuro por compensaciones por cesión de sus derechos de uso concesionales.

**4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.**

Desde mi punto de vista antes de entrar a calcular las posibles compensaciones para corregir externalidades, se deben analizar cuidadosamente las posibles alternativas

de gestión, incluyendo la valoración –no siempre monetizable– de los impactos ambientales que conllevan. En el caso del Vinalopó, si esto se hubiera hecho, probablemente no se hubiera construido el acueducto Júcar-Vinalopó, a pesar de la minoración del impacto que supone el cambio de toma de Cortes de Pallás al azud de la Marquesa.

Una vez realizada la obra, las compensaciones económicas no llegan, en el mejor de los casos, a cubrir los daños, puesto que muchos de los elementos ambientales sacrificados son valiosos e irrecuperables y su pérdida no puede ser compensada con dinero.

Partiendo de lo dicho, se deberían priorizar las alternativas de menor impacto ambiental y, una vez adoptada una decisión acompañarla de las medidas necesarias para prevenir, mitigar y corregir en lo posible los daños ambientales. Los costes de estas medidas deben ser repercutidos a los beneficiarios de las mismas.

**4.2.7. ¿Qué papel juega la administración pública ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la sociedad y de la iniciativa privada?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?**

La administración pública dispone de información suficiente acerca del estado de los ecosistemas hídricos y del probable agravamiento de la situación en el futuro (debido entre otras cosas, al cambio climático, pero también al agotamiento del modo energético fosilista, que reduce el repertorio de medidas viables) para promover un cambio radical en la orientación de la política de aguas. Cuenta además con el soporte legal de una Directiva Marco del Agua, que ha abierto el camino en esa dirección. Este cambio no es fácil. Para empezar tiene que cambiar la propia administración, anclada todavía en la concepción hidráulica del incremento ilimitado de la oferta mediante la construcción de obra pública.

Tiene que desactivarse también el secuestro de la administración hidrológica por parte de los intereses de regantes, hidroeléctricas, constructoras e ingenieros de caminos. Los agentes del cambio son todavía excesivamente débiles y su voz se abre paso con mucha dificultad en la conformación del discurso social. Sin embargo, además de los grupos ecologistas y los movimientos sociales locales hay otros agentes que no se alinean necesariamente con los intereses de la comunidad política tradicional del agua antes mencionados.

Por ejemplo, las empresas –públicas o privadas de abastecimiento de agua– tienen un interés objetivo en la recuperación y mantenimiento en buen estado de las masas de agua, lo que redundaría en una reducción de los costes de tratamiento. Las empresas aseguradoras están jugando ya un papel activo en la promoción de políticas de prevención de riesgos, por lo que en parte se pueden alinear con posiciones de protección de los ecosistemas y reducción de las

presiones sobre los mismos.

**4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la gobernanza del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.**

En el territorio que nos ocupa, las situaciones de tensión son el resultado de políticas inadecuadas que han ignorado sistemáticamente las limitaciones biofísicas y han eludido la confrontación con una realidad que resultaba incómoda. En lugar del diagnóstico realista de las disponibilidades, del establecimiento de prioridades y de la adopción de las medidas de gestión pertinentes, se han creado unas expectativas de crecimiento ilimitado de la oferta a cargo del contribuyente, que finalmente acaban chocando con la realidad. El previsible surgimiento de conflictos ha actuado de atractor para unas fuerzas políticas dispuestas a avivarlos con la finalidad de obtener réditos electorales, de manera irresponsable, por cuanto que en lugar de contribuir a resolver los problemas han enquistado las posiciones dificultando los acuerdos.

Aunque con dificultad, también en este territorio se van haciendo oír voces discrepantes con la formulación hegemónica de los términos del debate que pueden contribuir a superar la situación actual de bloqueo o de huida hacia delante. Un cambio en la actitud de la administración en el sentido de la gestión sostenible, propugnada por la política europea, sería un apoyo importante para las iniciativas sociales a favor de una nueva cultura del agua.

**4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser muy diferidos, de decenas de años?.**

Si nos atenemos al contenido del borrador del Plan de Cuenca (2013) la inercia propia del deterioro de los acuíferos es el argumento principal esgrimido para prorrogar el plazo de cumplimiento de los objetivos ambientales en las numerosas masas de agua subterráneas en mal estado. Sin embargo, según las previsiones del propio Plan, el año 2027 todas las masas (salvo 3) alcanzarán el buen estado. El Plan no explica cómo, pero evidentemente sus expectativas no son creíbles y contribuyen al descrédito de la política y al agravamiento de los problemas.

**4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los derechos legales frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulativo de la calidad?.**

De manera esquemática (aunque no necesariamente secuencial) habría que dar los siguientes pasos:

- 1.- Diagnóstico realista
- 2.- Abandono del discurso de oferta ilimitada y pedagogía de la autocontención y la sostenibilidad
- 3.- Mecanismos transparentes de control de extracciones
- 4.- Nuevo reparto de la escasez. Asignación equitativa de

derechos y posibilidad de negociación entre agentes con la mediación de la administración

5.- Medidas de incremento de la oferta con recuperación íntegra de costes (incluidos los ambientales) como última opción, cuando sean posibles.

**4.2.11. ¿Qué papel juegan las asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.**

Las asociaciones de usuarios pueden constituir un instrumento de gobernanza muy útil, al simplificar el diálogo con la administración y facilitar la autoorganización de los agentes que operan en una misma masa de agua. Sin embargo, para garantizar la eficacia de las asociaciones en el cumplimiento de los objetivos de la política de aguas es necesario:

1.- democratizar su funcionamiento (transparencia, toma de decisiones,..)

2.- ampliar el concepto de usuario para incluir representación de "nuevos" usos

3.- evidenciar los vínculos entre los usos y el estado de las masas de agua y la oferta de otros servicios ecosistémicos

4.- garantizar la tutela efectiva de la administración pública como garante del interés general en el gobierno del dominio público.

## Referencias

CHJ (2013) Borrador de la Memoria del Proyecto del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia

**<http://www.chj.es/es-es/ciudadano/consultapublica/Paginas/Consultap%C3%BAblicadelproyecto.aspx>**

Sevilla, M. et al. (2010) Las aguas subterráneas y la "tragedia de los comunes en el Vinalopó" (Alicante, España), Estudios de Economía Aplicada Vol. 28-2, págs. 305-332.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-24

<b>Autoría</b>	Elena López-Gunn, Dr. en Sociología Observatorio del Agua, Fundación Botín University of London		<b>Siglas</b> ELG
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	General	Península Ibérica	3.2; 3.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

### 3. Cuestiones sociales y éticas

#### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

##### 3.2.1a. ¿Qué realidad se tiene en cuanto al asociacionismo en cuanto a los diferentes usos de agua?

El asociacionismo como tal, se da fundamentalmente más en el ámbito agrario de forma directa o indirecta. Muchas veces está relacionada o surge en relación a sindicatos agrarios existentes en la zona, o con experiencia previa de cooperativismo agrario. Quizá la excepción que confirma la regla es el caso de Cataluña, donde estuvo ligado a la actividad industrial, más que a la actividad agraria, pero no creo que se pudiera llamar "asociacionismo" como tal.

##### 3.2.1b ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?

Creo que aquí se pueden diferenciar tres aspectos diferentes. En cuanto al reconocimiento, por una parte estaría el **reconocimiento interno de los propios asociados**, con respecto a su organización. Y por otra el reconocimiento externo, y por quien.

1.- En el reconocimiento interno, el panorama es muy variable, y depende de dos factores: por una parte factores de liderazgo interno del representante en cuestión, y por otra de hasta qué punto los propios miembros reconocen la organización como legítima.

2.- El segundo aspecto es el **reconocimiento de forma formal**, p.e. por las Confederaciones, etc. Y aquí igualmente el panorama es muy variopinto, y que evoluciona con el tiempo. Desde el caso de Campo de Montiel, que paso por no ser reconocida, a cambiar su estructura legal para pasar a ser adscrita a la Confederación en un proceso de acercamiento paulatino.

3.- El tercer aspecto, en cuanto a la **representación efectiva**, creo que todo gira en torno a cómo –o incluso más importante– quien define la efectividad. Por

ejemplo, la efectividad puede ser garantizar el acceso a agua (y aquí se puede jugar p.e. con casos como Mancha Oriental donde se negocio acceso a agua superficial a cambio de la reducción de extracciones), o a un tipo de agua específico (p.e. por temas de calidad, etc.). La efectividad también puede estar relacionada más que con el acceso al agua en sí, con el acceso al derecho de sacar agua. En este caso, por ejemplo, el caso de la Loma es interesante porque es un proceso constante de legitimar unas extracciones de forma ex post y sobre hechos consumados.

##### 3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor **asociacionismo** entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?

Creo que sí, en el trabajo de campo que hicimos con el OA, uno o el factor que mas o mejor explicaba la emergencia del asociacionismo era precisamente el uso intensivo, y la concienciación o darse cuenta de que, de alguna manera, había que regular el uso. Un factor que a veces o incluso casi siempre actuaba de detonante era un periodo de sequía, porque concienciaba al regante de la resiliencia del agua subterránea vis a vis p.e. agua de lluvia. Esto daba aun mas empuje al asociacionismo para empezar a diseñar a) reglas de extracción pero aun mas importante b) quien tenía derecho a extraer agua, y, en el caso de acuíferos declarados sobreexplotados, c) quien estaba excluido de extraer agua, al cerrar el recurso a nuevas concesiones, etc. (aunque fuera de forma teórica, porque en la práctica es bien conocido el problema del uso informal/ilegal en las aguas subterráneas).

##### 3.2.3. ¿Se consigue con el **asociacionismo**, mayor eficacia, control de costes y mayor gestión?

Creo que aquí, antes de entrar a cualificar los logros posibles del asociacionismo, el primer paso es preguntar si se puede conseguir la eficacia, el control de costes y la mejor gestión SIN el asociacionismo. La respuesta probablen-

te es sí, pero NO probablemente en el caso de que haya un uso intensivo, y por lo tanto haya (o hay) una enorme competencia por el recurso. Pienso en casos, mas de usos urbanos, sobre todo en zonas rurales, donde puede (o no) haber mancomunidades de uso, pero donde no es fundamental el asociacionismo para la gestión.

a. Con respecto a la **eficacia**, la misma duda, eficacia definida como y Por quien?

b. **Control de costes:** creo que sí, de hecho dentro del uso intensivo hay diferentes formas de explotación, y en algunos casos, la gestión colectiva del agua, p.e. con pozos comunes es muy sensata desde el punto de vista de los costes, tanto de la inversión inicial como de la explotación. Un factor sin embargo es la dimensión de los costes/beneficios. Es decir, por una parte si los pozos son profundos y de inversiones grandes, y por otro los beneficios por hectárea, y en los diferentes valores de estos costes y beneficios, encaja con que el asociacionismo puede ser una estrategia útil para bajar los costes.

c. **Mejor gestión:** una vez más, diferenciaría de lo que es la gestión interna, mas de los aspectos humanos, de la gestión del recurso en sí. Creo que ambas van de la mano, y que una buena gestión interna, probablemente conduzca a una mejor gestión del recurso, no en todos los casos, pero intuitivamente tiene sentido. La mejor gestión ocurre sobre todo porque hay una mejor información, y mejores datos sobre los cuales tomar decisiones en la gestión del recurso. Aun así, esto o significa que estas decisiones se tomen, porque habrá (y hay) otros factores.

**3.2.4a. ¿Qué experiencia existe de asociacionismo, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local y por los propios usuarios?.**

La experiencia que existe del asociacionismo y los controles y limitaciones es muy variada. Aquí hay que diferenciar de forma muy importante si el régimen de controles es interno, y a su vez si es voluntario o no (de forma interna) entre los miembros de la asociación. Por otra parte ver el régimen de control con la administración del agua. A nivel local, aquí tengo mucha menos información, pero creo que no hacen un papel muy activo porque no es un actor(es) que tenga una función clara.

Los controles pueden ocurrir porque el sistema mismo de gestión lo permite, porque el control es colectivo (p.e. un pozo colectivo) o puede ser de forma individual. Por ejemplo, unas normas o reglas consensuadas internamente y donde el papel de la CUA para vigilar que se apliquen estas "auto" limitaciones es fundamental. Es el caso por ejemplo de Mancha Occidental. No sé si se pregunta más abajo, pero debe ir unido claramente a un régimen sancionador,

aunque sea interno.

Con respecto a controles de la administración, una vez más hay dos aspectos:

1.- Si estos controles p.e. como la Ley de contadores es un requisito legal, o si es un acuerdo mas "de caballeros" donde la administración delega parte de sus funciones de control a las asociaciones mismas

2.- El caso de las limitaciones es diferente y se refiere más bien a si hay un plan efectivo de extracciones reguladas. P.e. en casos de sobre explotación antes de la DMA, y ahora en el contexto de Masas en Riesgo, sería un escenario parecido, de limitación de las extracciones en base a unos estudios científicos validados.

**¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.**

Los escollos para su implementación, tanto a nivel interno como externo, creo que muchas veces se apoya en hasta qué punto se parte de unos datos consensuados tanto a nivel interno como a nivel externo.

Creo que se puede superar con una rigurosidad científica en los estudios, con mucha transparencia, y con mucho dialogo entre las partes interesadas para llegar a cifras científicamente lo mas robustas posibles- dentro de que siempre habrá incertidumbre- y lo mas consensuadas posibles.

**3.2.5b. ¿Qué papel juega o podría jugar la Sociedad Civil en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?.**

La sociedad civil puede y debe jugar un papel muy activo. Pero aquí hay que abrir la caja negra del concepto de "sociedad civil". Es decir, si estamos hablando de un pueblo, la "sociedad civil" también son los ciudadanos y gente del lugar. Por eso es tan importante que la información este fácilmente disponible y en un formato adecuado para que incentive la participación de la sociedad civil, que podrá sopesar lo que a veces son decisiones complejas p.e. con respecto al beneficio a corto plazo vs beneficio a largo plazo, y que a su vez pueden ejercer presión sobre los políticos, y las diferentes partes interesadas. La sociedad civil a un nivel mas macro, juega un papel diferente, en el sentido de la escala en la toma de decisiones, y p.e. garantizar que la sociedad civil este bien representada en los diferentes niveles y fases del proceso. P.e a nivel de planificación de cuenca, o a nivel central. A nivel temporal cuando se les involucra en el proceso y hasta qué punto pueden verdaderamente influir en la toma de decisiones.

A nivel de los acuíferos y su uso intensivo esta participación de la sociedad civil multi-escala es clave porque los intereses pueden cambiar, p.e. pienso en el caso del Campo de Dalías.

### 3.2.5.c. ¿Cuál es su realidad y evolución en el uso intensivo de acuíferos y minería del agua?

La realidad del uso intensivo y minería de los acuíferos es como bien dice la pregunta, una realidad. Sin embargo, creo que es importante ponerlo en contexto, es decir, que hay puntos neurálgicos donde este uso es especialmente intensivo, por ende a menudo problemático desde el punto de vista ambiental, pero sin embargo con grandes beneficios económicos a corto. A largo la pregunta es si se internalizaran las externalidades de forma sistemática, ya que estos beneficios y costes probablemente variarían, y depende del equilibrio entre costes y beneficios públicos y privados. La evolución es complicada de predecir, como todo, pero p.e. si las predicciones de cambio climático se cumplen, a la vez la demanda de alimentos incrementa a nivel agregado por el crecimiento de la población mundial, no ya en Europa sino en el resto del mundo, y el crecimiento urbano ya se empieza a notar, toda esta confluencia de factores es probable/posible que haga que algunos acuíferos más se pongan en juego. El entender también como afectan los posibles cambios en el clima (ya sea natural o antropogénico de origen) en la recarga de los acuíferos dependiendo p.e. del tipo de acuífero, su manera de explotarlos, etc., si hay o no otras fuentes alternativas o complementarias, son todo factores a tener en cuenta.

### 3.2.6. ¿Qué elementos de la Sociedad Civil están actuando o deberían actuar?

Actualmente hay varias ONG que están activas, a nivel nacional ONGs ambientales y otras a nivel local enfocadas hacia problemáticas específicas.

### 3.2.7. ¿Qué impedimentos existen a la actuación de la Sociedad Civil?

Los procesos de participación no son lo bastante robustos por dos razones: la primera razón es por un tema cultural o de internalización del papel real que juegan en robustecer la toma de decisiones. Al no ser alto internalizado como importante, no se le da la bastante prioridad y/o peso.

La Segunda razón (que es consecuencia lógica de la primera) es que no se invierte tiempo y recursos en robustecer estos procesos de participación y/ aun peor si existen, no se sabe bien cómo integrar o utilizar sus resultados, p.e. comparado con otros países desarrollados con tradiciones en estos procesos de más tiempo. Es decir, nos falta rodadura y aprendizaje en el tema.

Sin embargo es paradójico y yo creo (es una opinión y tiene el peso de una opinión, no basada o documentada en datos), que hay un hueco enorme entre la administración y la sociedad civil. En parte creo que la administración va por detrás de la sociedad civil, y refleja en gran parte la crisis política que se está viviendo. Las instituciones en España y las CCAA (unas más que otras) van a destiempo, y a remolque de una sociedad que exige o demanda unas

instituciones que sepan operar en el SXXI y la sensación es que hay un desfase grande y muchas instituciones están aun en el SXX. Esto no significa que no haya gente brillante y competente en la administración, es más un problema sistémico y de incentivos hacia el cambio, más que a la inercia y al inmovilismo que hay ahora. La administración no se ha quedado exactamente en el "Vuelva mañana" pero aun no está en la revolución que se ha vivido gracias a internet etc., y lo que esto podría apoyar en estos procesos de modernización.

## 3.3. Sensibilización pública

### 3.3.1. ¿Qué grado de conocimiento y toma de conciencia tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?. ¿Cómo reacciona ante los mismos?

Creo que el nivel de concienciación es bajo, por no decir muy bajo. Creo que esto es porque el nivel de conocimiento e información, de educación y de divulgación es igualmente muy bajo. Sobre todo para la gente de la calle, que está en otros temas, explicarles bien "que hay de los suyos" en este tema. Y lo hay, p.e. explicar temas de contaminación de acuíferos y costes asociados una vez se pierde dicha calidad, la subsidencia, las fuentes de los pueblos,... creo que la gente no une causa-efecto... y a veces tampoco interesa a nivel institucional, porque llevaría a una caza de brujas, en vez al mentalidad de que hay que arreglarlo entre todos, como creo que es el caso.

### 3.3.2a. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un coste energético creciente?

Creo que sí que se asocia la extracción del agua subterránea al coste energético. Para el uso mayoritario (la agricultura) de hecho, al no pagar por el agua, la energía es el factor económico que más influye probablemente – junto con el valor de la cosecha (que es el más importante). De hecho, esto se confirma por las movilizaciones recientes de agricultores por el llamado tarifazo. El coste energético, tras las modernizaciones de regadío, afectan a muchos regantes de aguas superficiales y subterráneas por igual. Cuando hicimos trabajo de campo vimos como en el caso de Campo de Dalías y del Acuífero 18 los regantes habían contrataron los servicios de una empresa asesora en energía para ir directamente al mercado eléctrico como consumidor mayorista y poder buscar mejores precios en las subastas. El aspecto de calidad surge en parte si va asociada a que la minería supone p.e. Dalías, agua de peor calidad y entonces el problema de cantidad y calidad confluyen en costes más altos tanto de producción como de extracción.

Con respecto a la producción del agua, y sobre todo de la calidad de agua, creo que esto es más un tema para las empresas de agua, pero aquí mucho más ligado íntimamente la relación entre cantidad y calidad también.

### 3.3.2.b. ¿Qué actitud se tiene?

Creo que la actitud es dar más valor al agua y a la escasez, y que tiene implicaciones reales. Esto conlleva una mayor concienciación de las consecuencias de la minería del agua. Lo que no sé es si se traduce necesariamente en mejor gestión, si a la vez se busca solucionar el problema con más recursos adicionales. Este es un tema interesante.

### 3.3.3. ¿Hay campañas de sensibilización pública a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?. Valorar lo realizado.

Creo que no, a ningún nivel, el nivel de concienciación en la población en general es bajo, y en los colectivos particulares las inercias son muchas, a no ser que se cambien el régimen de incentivos.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

#### 4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?

Aquí hay que separar dos temas (creo), uno es más filosófico, sobre si el agua debe ser pública o privada. Aquí las posturas a veces siguen y seguirán enfrentadas porque es una cuestión más de valores y a veces los encuentros serán difíciles.

El otro tema es práctico y de gestión. En principio no hay nada (creo) inherente en que la gestión de aguas públicas o privadas no se pueda hacer bien, y que no hay nada inherente en la naturaleza que marque en una dirección u otra la gestión. Lo que creo si es complicado es la co-existencia de ambos derechos desde el punto de vista de la planificación y de la gestión para los organismos públicos. Sobre todo, porque aun no está resuelto (ni probablemente estará) el punto 1, que vuelvo a insistir es más un tema de ideología que de gestión. Es por tanto un tema complejo de resolver porque no hay consenso. Sin embargo, no estaría mal un debate sobre el tema para empezar a acercar posturas a nivel ideológico, que aunque nunca lleguen al acuerdo probablemente, probablemente podrían llegar al respecto mutuo de posturas.

Esta ebullición a nivel de valores y creencias por tanto mete mucho ruido de fondo que complica la gestión en el día a día, de un sistema donde coexisten multitud de tipos de derechos, quizá un caso único a nivel mundial.

#### 4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la Directiva Marco del Agua europea?

Creo que ha sido un poco una "tiritita". La Directiva marco daba la oportunidad, no solo de añadir, como una cebolla, sino más bien de revisar profundamente lo que había y esta oportunidad creo que no se ha aprovechado al máximo. Ahora (creo) que co-existen las declaraciones de sobre explotación con las nuevas masas en riesgo, pero lo que no se está llevando a cabo es el que ambas designaciones "casen" o encajen. Conozco más el caso del Acuífero 23, y allí en vez de ayudar, creo que está haciendo un sistema complejo aun más complicado de lo que era de partida, con la división en tres masas de agua, con argumentos un poco confusos en la justificación científica de dicha división (creo). También cara a la gestión, ya que no se ha anulado el PEAG, sigue vigente, y a la vez no se ha declarado masa en riesgo, o sea un galimatías.

#### ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?

Conozco poco el caso de las excepciones. Sé que en un informe reciente de la OCDE sobre Holanda, comentaba que Holanda ha declarado ante la EU creo que el 70% aprox. de sus aguas son masas muy modificadas y por tanto no aplica la DMA. En el caso de daños o costes desproporcionados tampoco lo sé. Supongo que sería un caso muy aplicable a Murcia, porque cumplir con la DMA significaría probablemente parar la economía de la región murciana. Aquí habría que plantear modelos de transición, etc.

#### 4.2.3. ¿Qué se hace de para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?

Primero creo que habría que estudiar bien a) cuales son los beneficios y b) quienes son los beneficiados (y por ende la otra cara de la moneda.. quien paga y por que). El caso quizá más curioso aquí sería el de Campo de Dalias por lo espectacular de los números que salen. P.e. para reflejar la reflexión sobre los beneficios, se podría argumentar que un beneficio han sido las empresas desaladoras? Quienes son los beneficiarios? Aquí hace falta profundizar mucho más y con más números, sino es difícil hacer juicios que puedan tener algo de base. Un argumento p.e. es que las generaciones se educan y mejoran en el proceso de minería de los acuíferos, pero eso implica que la minería es una medida transitoria que permite pasar a otro modelo. Y generalmente esto no ha ocurrido en el pasado, el agua subterránea es muy atractiva, y engancha.

#### ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?

Creo que uno no quita lo otro, los instrumentos de mercados pueden ser muy útiles, pero visto lo que ha ocurrido con la crisis, sin una buena regulación por parte de la administración, los instrumentos de mercado pueden: o

bien no funcionar, o llevar a una situación aun peor que la inicial. Creo que ahora se habla más de paquetes de instrumentos, y como con los pacientes, cuales, donde y porque en base a una buena comprensión de la problemática específica en un lugar concreto. No existen soluciones estándar ni májicas para todos los sitios.

**4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?.**

Creo que no tiene capacidad, y aun así, aunque la tuviera la naturaleza del agua subterránea creo que requiere partenariatado con los usuarios, que tienen tanto el conocimiento como el interés. Con respecto a la voluntad, creo que esto varía mucho dependiendo de donde, e incluso aun diría, del momento político, o la constelación de intereses a diferentes niveles, en resumen, un juego político complicado.

Creo que poco a poco (o desde allí) se empezara a valorar cada vez más el enorme valor intrínseco que tiene el agua subterránea de forma intrínseca, porque es más barata, es más democrática y equitativa (o puede serlo) y es más resiliente en temas de cantidad y calidad... pero todas sus bondades solo son bondades si se gestiona bien.

Una vez perdidas estas ventajas naturales es lo contrario, p.e. la contaminación en aguas subterráneas es mucho más cara y compleja que en aguas superficiales, etc.

Para conseguirlo creo que pasa por acuerdos que si o si incluyan al regulador/administración y los administrados, es decir por la cogestión.

**4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las **transferencias** de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se **compensan** derechos cedidos y externalidades?.**

Aquí se muy poco, pero entiendo que a veces (no siempre) estos acuerdos existen, pero aunque existan no siempre a) se cumplen o b) se paga lo que se debería de pagar, o no se actualizan los costes como se deberían actualizar.

**4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las **compensaciones económicas** para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.**

Al igual que arriba, entiendo que mucho pivota en cómo se valora, quien valora, etc. Y aquí con el agravante de nuestra cultural, donde a menudo las leyes no se aplican (p.e. ver el caso ver que cánones hay y si se recogen...)

**4.2.7. ¿Qué papel juega la administración pública ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la **sociedad** y de la **iniciativa privada**?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?.**

Está es una pregunta muy compleja y que no me siento muy cómoda en responder. Lo único que si pienso (como reflexión general) es que los tres actores tienen que jugar un papel fundamental y que si alguno no juega dicho papel van en detrimento de los otros dos.

Son todos mutuamente/colectivamente dependientes de lo que depare el destino a los otros dos. ¿Qué se espera en el futuro?. Creo que ahora hay huecos muy grandes y muy serios entre estos tres pilares y que esto explica en gran parte la crisis que estamos viendo/viviendo. Mas que distribuir y limitar los roles, yo creo que habría que hablar de delimitar y definir los roles y las ventajas y desventajas de cada uno, lo que cual pondría en evidencia esta necesidad mutua porque van en el mismo barco (actualmente a la deriva....)

**4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza** del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.**

Una tema básico para la gobernanza es la información y la transparencia, esto es en si un catalizador que permite que la gobernanza, de alguna manera se encienda y como un motor, empiece a rodar por su cuenta y cada vez más fuerte. Aquí también en la gobernanza hay que distinguir entre procesos y resultados. En la gobernanza ambos aspectos son claves.

Los buenos procesos pueden llevar a mejores resultados, y los mejores resultados a su vez apoya a procesos más robustos, es o puede ser un círculo virtuoso, y en catalizadores, yo diría que la información y transparencia son claves.

**4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser **muy diferidos**, de decenas de años?.**

Aquí creo que hay que hacer un esfuerzo enorme y muy ambicioso y por ende fascinante de innovación a nivel organizativo e institucional. Pero aquí está el kid de la cuestión para las aguas subterráneas.

**4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los **derechos legales** frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulatino de la calidad?.**

Juegan un papel fundamental, el ABC, porque marca las reglas del juego, pero es un equilibrio inestable porque, como se comentaba en el punto anterior 4.2.10. la naturaleza del recurso mismo marca un espacio operativo diferente a otros recursos con horizontes temporales mas largos.



4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios** de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.

Ya se comentó más arriba. A diferencia de otros recursos, incluida el agua superficial, para el caso de las aguas subterráneas, es clave el papel de las asociaciones de usuarios. En España fuimos y somos pioneros pero creo que ahora debe entrar en la fase de madurez, y ahí no lo tengo tan claro. Hay que internalizar que hay que gestionar el recurso a largo, que hay que internalizar externalidades, y que hay otros usuarios en competencia. Este es el gran reto pendiente a futuro.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-25

<b>Autoría</b>	José Juan Ojeda Quintana, Ing. CCP, Economista Ex-funcionario del Canal de Isabel II Investigador de la socioeconomía de Gran Canaria		<b>Siglas</b> JJOQ
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Gran Canaria	2.1; 2.2; 2.3; 3.1; 3.2; 3.3
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar? ¿Es sustentable?.

Ha sido sin duda un factor determinante del desarrollo de la economía en las Islas Canarias, pero lamentablemente, su abuso nos lleva a comprobar su insustentabilidad, al agotarse algunos acuíferos, o descender su nivel hasta profundidades que los hacen inexplotables.

Es por esto que es tan importante el incrementar con recursos no convencionales, como puede ser la desalación, o la reutilización de aguas usadas, la demanda de agua que nuestra sociedad exige para continuar su desarrollo.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

Si, esto es lo que está ocurriendo con la agricultura canaria. El precio del agua encarece los productos, y se abandonan los campos. Pero el problema sigue, pues lo que parece ser la solución de futuro de nuestra economía: EL TURISMO, también es un demandante de agua y de más calidad que la agricultura.

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

Lo es en la actualidad, pero disminuirá en el futuro. Hay que ir a buscar un MIX de todos los recursos hidráulicos posibles, de manera que por un tiempo se dejen recuperar los acuíferos, completando con otro tipo de recursos las demandas existentes.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea? ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

El balance económico es positivo. Seguirá siendo positivo aun cuando la contribución de las aguas subterráneas en el conjunto sea menor.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico? ¿Cómo se podría hacer?.

Para considerar el valor del agua y su evolución, habría que disponer de estadísticas adecuadas, cosa que lamentablemente no hay.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando? ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Las consecuencias de las subvenciones son siempre positivas. Lo que dudo es de que se apliquen adecuadamente, buscando la optimización de recursos en una economía global, donde domina la corrupción.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de las reservas de agua consumidas en el cómputo del **agua virtual** que se exporta? ¿Es importante? ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

No creo que se considere. Y veo difícil de cuantificarla con exactitud, por carecer de datos comprobados, validados desde el punto de vista económico.

### 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el precio del agua al usuario que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

La escasez, sin duda, es lo que determina su precio, y el remedio es aumentar la oferta.

2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua, en el control de precios del agua al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalada, regenerada...) a un precio prefijado ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

En los casos de aguas subvencionadas o de concesiones, es muy necesario un control de precios y de destinos y usos del agua.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una limitación al desarrollo o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

Los precios limitan el rendimiento de las explotaciones actuales y en mayor escala a las futuras. Afectan a sectores económicos en la medida que afectan a los costes totales de las unidades de los diferentes sectores: agrícola, industrial, turístico.

2.2.4. ¿En una situaciones que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?.

En la medida en que los costes del agua propia sean superiores a los del agua adquirida.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.

Así debería hacerlo. Los ajustes debe hacerlos en el beneficio.

2.2.6. ¿Que precio/coste del agua se aplican ¿Bajo qué condicione?.

A finales del siglo XIX y hasta mediados del XX, los precios del agua subterránea, dependían poderosamente de la demanda, que a su vez era función de la estación del año, y de la lluvia mayor o menor cuidaren ese año. Según datos comprobados personalmente, el precio del agua en Canarias era el doble en verano que en el resto del año.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las **externalidades**, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.

Se deben reflejar las externalidades en los precios en la medida exacta de los costes reales de estas externalidades.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.

Hay una gran relación entre calidad y precio. Un caso claro

es el incremento de precios en los abastecimientos urbanos debido a los costes de tratamiento y depuración exigidos.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.

Lo mismo que en las aguas superficiales.

## 2.4. Mercados del agua

2.4.1. ¿Se están produciendo transferencias de agua entre usuarios a causa de la escasez?. ¿En qué contexto y bajo qué circunstancias?.

Sin duda, Según las necesidades y precios, así se viene operando desde hace tiempo.

2.4.2. ¿En cuanto a transferencias de agua ,como afectan y se encuadran las economías del ofertante y del usuario?.

En las utilidades marginales de ofertante y usuario.

2.4.3. ¿Se trata de transacciones oficiales, extraoficiales o sumergidas?. ¿Mejoran el contexto de disponibilidad del agua?. ¿Con que implicaciones económicas?.

Como en cualquier mercado, las transacciones son extraoficiales, y admiten variantes liberadas. Incrementan la disponibilidad de agua, al ampliar la publicidad de la oferta.

2.4.4. ¿Puede hablarse de existencia practica de mercados de agua?. ¿Son en régimen de transparencia y libre competencia?.

Sin duda hay mercados del agua en Canarias. La existencia de intermediarios, complica la transparencia la libre competencia del mercado.

2.4.5. ¿Que se transfiere: asignaciones de agua, derechos de aguas, propiedad de infraestructuras?. ¿Se hace temporal o indefinidamente?.

Admite históricamente todo un amplio abanico de posibilidades comerciales, con variaciones en el tiempo, y los modos de operar.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

3.1.1. ¿Cuál es el beneficio social obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.

El beneficio social es obvio, pero cuantitativamente indeterminable.

3.1.2. ¿Hay proteccionismo y subvenciones en relación con la minería del agua?. ¿Que papel juegan?.

Si que las hay. Ayudan a aumentar la calidad y la cantidad del agua, y a aplicar nuevas tecnologías de ahorro de agua.

3.1.3. ¿Que reacción social existen cuanto a los problemas ambientales ocasionados?. ¿Son estos conocidos o reconocidos?.

Cada día hay una mayor implicación de la sociedad en los problemas ambientales. Obedece a una mayor educación y a la presión de grupos ambientalistas y ONG en los medios de comunicación

3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traducen en cambios en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la sociedad civil?.

Evidentemente hay conflictos sociales que no solo afectan a la escasez y costes crecientes, sino también a otras circunstancias (Gestión pública-gestión privada, problemas de territorialidad, carencia de normativa adecuada). Hay conflictos sociales a nivel local, pero también los hay a nivel internacional como el conflicto entre judíos y palestinos. Generalmente, las percepciones son correctas evidentemente la Sociedad Civil juega un papel fundamental en las mismas.

3.1.5. ¿Que problemática ética moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre generaciones futuras?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?.

Normalmente no se diferencia entre un origen de agua u otro a la hora de plantearse problemas éticos o morales en cuanto a su uso, abuso o cuidado. Es poca la gente que distingue entre la problemática de las aguas subterráneas o superficiales. La unidad del recurso y su gestión conjunta es ya algo totalmente asumido por la sociedad El agua subterránea es un sumando mas el conjunto de los recursos hidráulicos disponibles.

### 3.2. Asociacionismo y sociedad civil

3.2.1. ¿Qué realidad se tienen cuanto al asociacionismo en los diferentes usos del agua?. ¿Hay representaciones efectivas y reconocimiento de esos usuarios de agua?.

En Canarias hay representaciones efectivas en el ámbito de los regantes, agrupados en Comunidades de Regantes, y existen también los históricos heredamientos de aguas, que son asociaciones de usuarios, de gran importancia en las islas.

3.2.2. ¿La situación de uso intensivo de los acuíferos y minería del agua subterránea, favorece un mayor asociacionismo entre los usuarios de agua y entre los explotadores del agua subterránea?.

Naturalmente, por ello hace siglos que así se agrupan.

3.2.3. ¿Se consigue con el asociacionismo mayor eficacia, control de costes mayor gestión?.

Sin duda, sobre todo en una región como Canarias donde las propiedades están tan repartidas y abundan los minifundios.

3.2.4. ¿Qué experiencia existe de asociacionismo, con que limitaciones, controles de aceptación por la administración del agua y local, y por los propios usuarios?. ¿Cuáles son los escollos para su implantación?. ¿Cómo se pueden superar?.

Como ya apunte en el 3.2.1. En Canarias la experiencia en el asociacionismo está más que demostrada, y funciona desde hace siglos. Además hay una experiencia de Sociedad Mercantil, para actuar en el mercado del agua. Son sociedades creadas tanto para suministrar agua a sus accionistas, como para venderla y sacar beneficios económicos de la misma. Los problemas son de diferente índole, algunos técnicos (aumento de la profundidad de la capa freática, interconexión de propiedades, mala calidad del recurso, contaminación) y otros son problemas burocráticos, de la administración de la propiedad.

3.2.5. ¿Qué papel juega o podría jugar la sociedad civil en cuanto al uso racional y sustentable del agua y de los acuíferos?. ¿Cuál es su realidad y su evolución en el uso intensivo de los acuíferos minería del agua?.

El papel de la sociedad civil es muy importante en cuanto se refiere a la Gobernanza del agua. Ya está jugando un papel importante, y es de esperar que este se incremente en el futuro.

### 3.3. Sensibilización pública

3.3.1. ¿Qué grado de **conocimiento y toma de conciencia** tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?.

### ¿Cómo reacciona ante los mismos?.

La mayoría de la población no tiene interés, ni conocimiento sobre el uso de los acuíferos, y la minería del agua subterránea y sus consecuencias. Esa mayoría, pues, se muestra indiferente.

### 3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un **coste energético** creciente?. ¿Qué actitud se tiene?.

Aun se tiene poco conciencia de esa estrecha relación y de cómo la necesidad de profundizar los pozos, debido al descenso de la capa freática, o el incremento de los mismos para cumplir con el aumento de la demanda, así como la desalación, y el tratamiento del agua, exigen un gran consumo energético, que en una zona en que las fuentes energéticas propias son tan escasas, como Canarias, aumenta los costes del agua de manera muy importante. Serían necesarias políticas de sensibilización de la población de esta interdependencia del agua y la energía, y planificaciones conjuntas de las soluciones a adoptar para su suministro.

### 3.3.3. ¿Hay campañas de **sensibilización pública** a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?. Valorar lo realizado.

No son suficientes ni creo que eficaces. Los planteamientos suelen hacerlos publicistas que desenfocan el problema en la mayoría de los casos. Los resultados no son los deseados.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-26

<b>Autoría</b>	Noemí Padrón Fumero, Dr. en Economía Departamento de Economía, Universidad de La Laguna		<b>Siglas</b> ELG
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife	2.1; 2.2; 2.3; 3.1; 3.2; 3.3
<b>Comentarios</b>			

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. Si ¿Es sustentable?.

Claramente no.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

Si.

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.

Si, y estratégicamente tienen un papel fundamental.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

El balance es siempre positivo, la eficiencia baja.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

No, no lo sé, imagino que con un valor de reposición o con el valor de obtención de agua desalada.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

Altísimo. Hay subvenciones cruzadas, financiación a través de impuestos en algunos municipios, y un déficit alto de infraestructuras modernas (saneamiento y depuración).

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de la reservas de agua consumidas en el cómputo del **agua virtual** que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

No se considera, creo que la conservación debe tener un valor. Pero los acuíferos se recargan.

### 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

El precio del agua está altamente influido por los poderes de mercado (distribución) y por la intervención de las administraciones.

2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el **control de precios del agua** al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

Las empresas tienden a dominar y los municipios se financian de forma opaca con los contratos.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una **limitación al desarrollo** o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

No lo son de forma grave por la intervención del consejo, lo serán cuando desaparezcan las subvenciones, se incrementen los precios energéticos.

2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en que condiciones de escasez y/o calidad acude a la **adquisición de agua** ofertada por un sistema público o privado?.

No lo sé.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el **coste real** del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.

No lo creo.

2.2.6. ¿Qué **precio/costes** del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.

Conozco lo que dicen los planes. En ningún caso se introducen costes sociales. Los costes privados están inflados, reflejan una gran ineficiencia.

### 3. Cuestiones sociales y éticas

#### 3.3. Sensibilización pública

3.3.1. ¿Qué grado de **conocimiento** y **toma de conciencia** tiene la población sobre los aspectos relacionados con el uso intensivo de los acuíferos y de la minería del agua subterránea y sobre las consecuencias que se derivan?. ¿Cómo reacciona ante los mismos?.

Una alta disponibilidad a pagar, sin cuestionar modelos, empresas. La escasez forma parte de un discurso político.

3.3.2. ¿Se asocia la extracción del agua subterránea, la producción de agua en general y la obtención de la calidad necesaria con un **coste energético** creciente?. ¿Qué actitud se tiene?.

No creo que la gente lo asocie.

3.3.3. ¿Hay campañas de **sensibilización pública** a distintos niveles?. ¿Cuáles son los resultados?. Valorar lo realizado.

Mayor disponibilidad a pagar.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-27

<b>Autoría</b>	Robert Poncela Poncela, Geólogo Profesional libre, Santa Cruz de Tenerife		<b>Siglas</b> RP
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife	1.1; 1.3
<b>Comentarios</b>	Contiene datos y figuras		

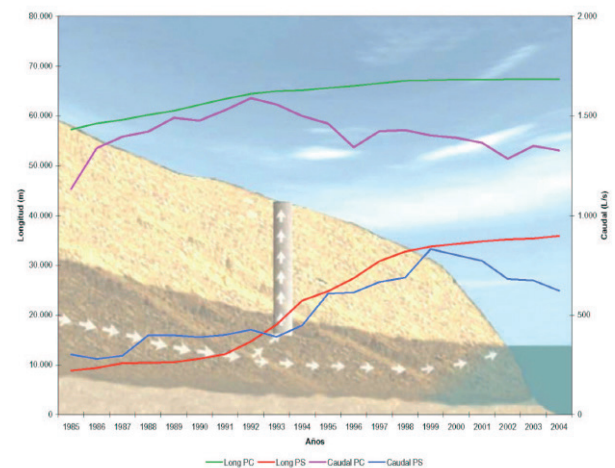
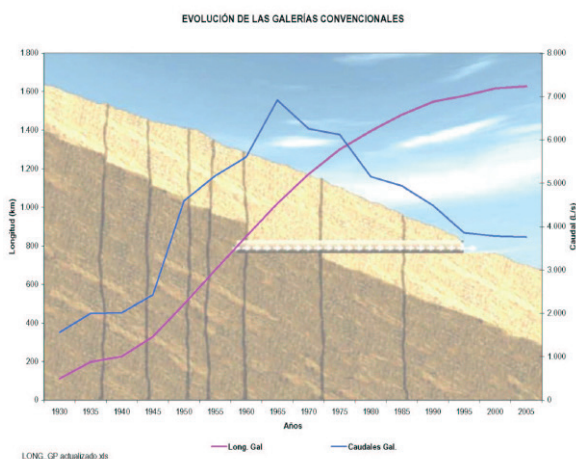
## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?. Valorarlo.

En el ámbito insular los ejemplos más representativos son Gran Canaria y Tenerife.

Específicamente en Tenerife y, hasta no hace demasiados años, la evolución histórica en cuanto a la construcción de captaciones y explotación del acuífero muestra una clara tendencia creciente para la primera y decreciente para la segunda y, especialmente significativa para el caso de las galerías ([www.aguastenerife.org](http://www.aguastenerife.org)).



Ese aumento de caudales se ha realizado a costa del abatimiento de niveles piezométricos que, en los primeros tiempos era compensado con la recarga natural al sistema para, posteriormente extraer del almacenamiento; se empezó con recursos renovables y hasta hace relativamente pocos años se han extraído y se están extrayendo reservas, aunque la tendencia, dada la actual coyuntura económica que restringe la perforación y los elevados costes de elevación, están produciendo un proceso de reequilibrio a medio–largo plazo.

Con las actuales previsiones del balance hídrico, independientemente de las incertidumbres de los términos asociados al balance, parece claro que los ritmos de extracción recientes no compensaban la recarga natural (en mi opinión ligeramente sobrevalorada).

La introducción en el mercado de recursos no convencionales para cubrir la demanda, así como la disminución de pérdidas en redes y los actuales costes de construcción de galerías y explotación de pozos, ha facilitado la disminución de recursos subterráneos y, por ende, de presión al acuífero. No obstante, la gran inercia del sistema hidrogeológico de Tenerife hace que, regionalmente, los niveles



con un proceso de abatimiento pero más amortiguado, recuperándose niveles localmente cuando cesa o disminuye notablemente la extracción.

La realización de un modelo de flujo de agua subterránea en Tenerife (documento CIATF (2002). Revisión y actualización del modelo de simulación del flujo subterráneo en la Isla de Tenerife. Memoria y Anexos. Consultor: SURGE Estudios Hidráulicos e Hidrológicos, S.L. 193 pp), ha permitido cuantificar con cierto grado de precisión, a pesar de las incertidumbres, la situación actual y evaluar una prognosis en base a unos escenarios plausibles. Las figuras adjuntas ilustran esta circunstancia.

En los últimos años, la tendencia de consumo de reservas se ha ido moderando como consecuencia de la disminución de extracciones convencionales por las circunstancias anteriormente apuntadas, así como por la introducción, a costes cada vez más competitivos, de recursos no convencionales.

No obstante, esta sobreexplotación clara del sistema acuífero de Tenerife ha conllevado a un descenso generalizado de niveles y un empeoramiento de la calidad de las aguas subterráneas, sin entrar aquí en otros problemas de contaminación difusa o puntual (presencia de flúor, de arsénico, nitratos, metales, etc).

Como conclusión final, a día de hoy sí creo que existe minería del agua en Tenerife y, las medidas programadas no favorecen la reversibilidad de la situación a corto plazo.

### 1.1.2. ¿Qué acuíferos sufren explotación minera del agua subterránea?.

En el caso de Tenerife, se ha considerado la isla como un sistema acuífero complejo. Fundamentalmente la afección a la zona saturada central es la que sufre la explotación minera. Coincide con la masa de agua subterránea ES70TF001: Masa Compleja de Medianías y Costa N-NE y ES70TF002: Masa de Las Cañadas-Valle Icod-La Guancha y Dorsal NO.

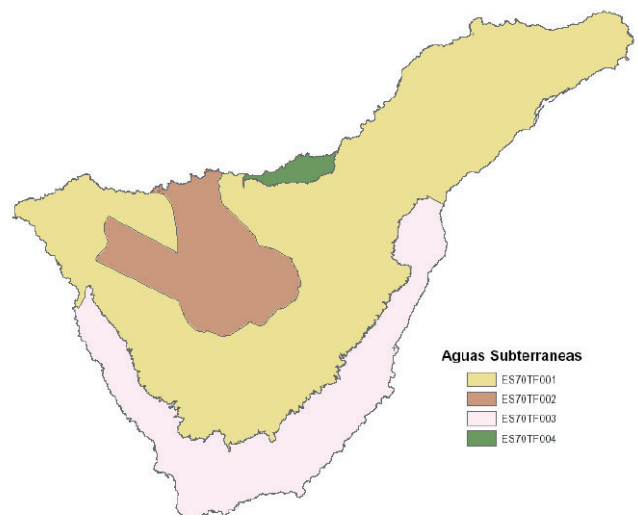
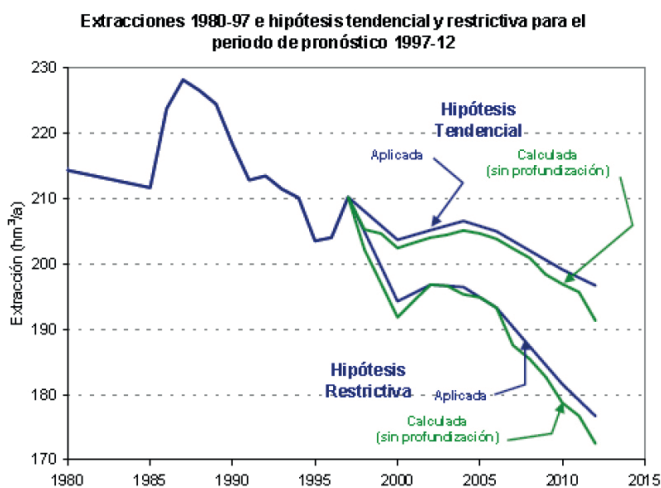
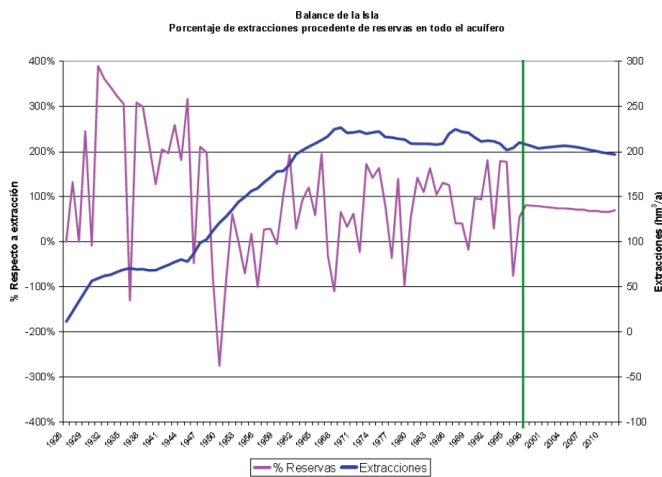


Figura 10.17.- Evolución de las extracciones en el periodo 1980-97 e hipótesis tendencial y restrictiva en el periodo de pronóstico 1997-12

### 1.1.3. ¿Qué peso tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

El agua subterránea supone del orden del 85% de los recursos medios disponibles. De ese porcentaje, una fracción significativa proviene de la utilización de reservas (no existe todavía compensación con el recursos renovable). Es previsible que esa utilización pueda estabilizarse (cuando no revertirse) en el supuesto de alcanzar el equilibrio hídrico dentro del marco de sostenibilidad que define la DMA.

De acuerdo con las gráficas anteriores, el orden de magnitud estaría del orden del 75 % en extracción de reservas, con tendencia decreciente.

### 1.1.4. ¿Cuál ha sido la evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

Ha permitido, gracias a la iniciativa privada en su mayor parte, disponer al alcance un recurso esencial para la vida y para el desarrollo económico. La mejora tecnológica ha contribuido de manera decisiva en la construcción de galerías pero, esencialmente, en la de pozos, unido con el desarrollo de las electrobombas sumergibles:

- Disponer de recursos para abasto, agricultura y otros fines, creando valor añadido.
- Consolidar núcleos poblacionales y redirigir flujos migratorios.
- Crear una cultura y mercado del agua de características singulares.
- Protección contra algunos tipos de contaminación directa.

### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los tiempos previsible de recuperación del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a qué nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.

El cese de la explotación provocaría recuperaciones locales, aunque en el conjunto del sistema los niveles continúan bajando (resultados del modelo de flujo subterráneo).

Si aplicamos la expresión para evaluar el tiempo del efecto hidrodinámico:

$$\tau = \beta \frac{L^2 S}{T}$$

teniendo en cuenta que, en valores medios,  $\beta \approx 1,5$ ,  $S \approx 0,05$ ,  $T \approx 50$  a  $150$  m<sup>2</sup>/día y  $L \approx 15$  km (radio equivalente para círculo inscrito en la isla desde la zona de recarga-cumbres hacia la zona de medianías - ruptura de pendiente), se tiene:  $t \approx 300$  a  $900$  años (posiblemente entre 300 y 500), supuesta una recarga distribuida, para recuperar los niveles iniciales, próximos a principios del siglo pasado.

Como en Tenerife el periodo significativo que produce recarga va de octubre a marzo, fundamentalmente, es decir, habría que multiplicar por un factor 0,5, con lo que  $t \approx 150$  a  $450$  años.

Si se considera el efecto de las vías preferenciales, lo más probable es que se necesite un  $t \approx 50$  a  $150$  años.

En pocas décadas, la aparición de manantiales sería más notoria (algunos por recuperación de niveles piezométricos en relación a la topografía y a la pluviometría, como sucedía antiguamente).

### 1.1.6. ¿Qué grado de incertidumbre tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

Los datos de extracciones y evolución suelen tener una en Tenerife una incertidumbre moderada a baja (especialmente cuanto se consiguen por encuesta; cuando responden a lecturas de contadores y su relación con elementos contables, suele ser muy buena).

En relación a la recarga, entiendo que es de moderada a alta por cuanto:

Los términos del balance presentan gran incertidumbre, incluso la pluviometría, aunque en este aspecto Tenerife dispone de una buena red de control de PT. No obstante, no se ha generalizado de manera correcta el método de Penman-Monteith, dado que se ha interpolado a partir de las estaciones de referencia de Izaña y los aeropuertos.

Si bien la red Agrocabildo ([www.agrocabildo.org](http://www.agrocabildo.org)), tiene estaciones completas donde se calcula y es consultable le ET de referencia para los cultivos, estas se circunscriben a las zonas bajas de medianías y costeras por su interés agrícola, no contemplando la zona de recarga (la de interés en hidrogeología).

En cuanto a la afirmación de que la recarga promedio en Tenerife se sitúa en torno al 44% de la pluviometría, desde mi punto de vista está algo sobrevalorada:

- Son datos que salen del modelo de flujo subterráneo que dependen de los datos de entrada.
- Dado que los sistemas de eficiencia de riego y ahorro de agua están generalizados (cuestión de costes de las explotaciones agrícolas, tanto extensivas como intensivas y de particulares), parece excesivo el dato de retornos de riego aplicado (ya no se riega a manta). No dispongo de datos específicos.
- Se asume las pérdidas en redes, especialmente públicas, pero la tendencia es a la mejora.
- El papel de la lluvia horizontal ayuda a mantener un bosque a 1.500 msnm, especialmente en verano, pero su contribución a la recarga media entiendo que es muy baja, si bien localmente puede ser de algunos mm/año.

Son más razonables para escenarios promedio valores en torno al 30 al 33% de la precipitación.

**1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento adecuado para conocer y evaluar el problema existente?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.**

Conceptualmente sí.

Habría que realizar nuevos balances hidrometeorológicos por zonas edafo-climáticas y de cultivos, aplicando Penman-Monteith, según las recomendaciones de la FAO. Hoy día con el soporte SIG debería ser obligatorio para todas las AA.PP.

Habría que completar la red de estaciones meteorológicas completas y, en la medida de lo posible automáticas, especialmente en la zona de cumbres y medianía alta, que es la zona de recarga natural.

Se necesita la coordinación de esfuerzos entre diversos organismos para evitar duplicidades, como sucede en la actualidad (AEMET, CIATF, Medioambiente, Agrocabildo, etc).

**1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?.**

De acuerdo con el documento Avance del Plan Hidrológico Insular de Tenerife. Memoria de Información. 2006 (el más reciente hasta que se apruebe definitivamente el PHI) se tiene:

RECURSOS (hm <sup>3</sup> /año)	2000	2002	2003	2004	2005(*)
Superficiales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Subterráneos	200,4	190,7	188,2	194,0	192,5
Reutilización	8,7	10,4	10,4	8,3	7,6
Desalación	8,0	10,8	16,8	18,1	19,0
<b>TOTAL</b>	<b>217,1</b>	<b>212,0</b>	<b>215,4</b>	<b>220,4</b>	<b>219,5</b>

(\*) Los valores iniciales de 2005 fueron objeto de una revisión de la que se dedujo se había infravalorado en los subterráneos

Tabla II.37 Evolución de los recursos a nivel insular 2000-2005

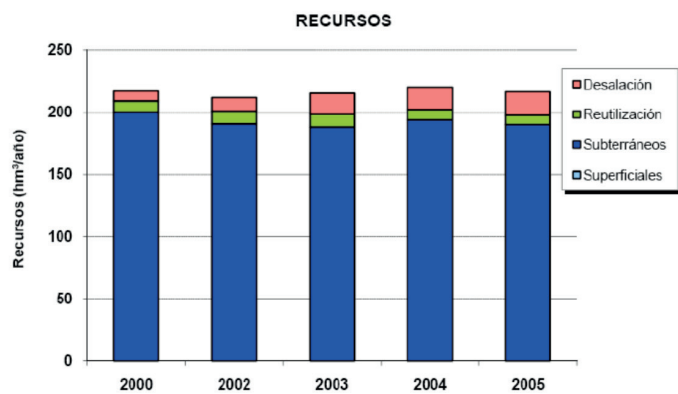


Gráfico II.28 Evolución de los recursos 2000-2005

CONSUMOS (hm <sup>3</sup> /año)	2000	2002	2003	2004	2005(*)
Urbano	69,7	77,4	77,9	80,4	82,6
Turístico	23,2	25,5	26,3	26,6	26,5
Industrial + Servicios	9,1	9,1	9,1	10,4	11,0
Agricultura (**)	98,2	82,9	85,4	86,3	90,7
Recursos no utilizados (**)	17,0	17,0	16,8	16,7	8,8
<b>TOTAL</b>	<b>217,1</b>	<b>212,0</b>	<b>215,4</b>	<b>220,4</b>	<b>219,5</b>

(\*) Los valores iniciales de 2005 fueron objeto de una revisión de la que se dedujo se había infravalorado el agrícola

(\*\*) En 2000-2004 los consumos agrícolas y recursos no utilizados englobaban los errores de cierre del balance

Tabla II.38 Evolución de los consumos a nivel insular 2000-2005

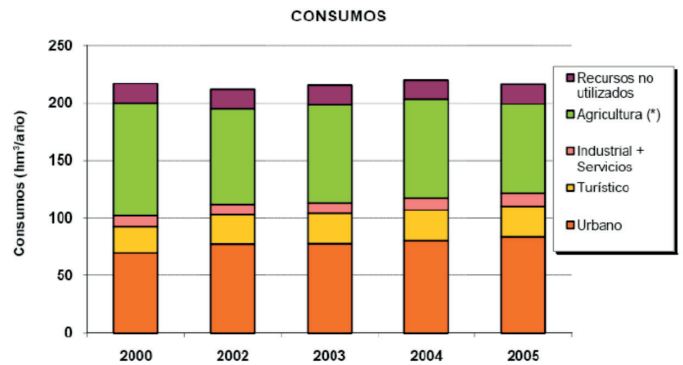


Gráfico II.29 Evolución de los consumos 2000-2005

Para el año 2005, último dato oficial disponible (para la revisión del plan se supone que los datos estarán más actualizados), fundamentalmente, el principal consumo es el agrícola [41,32%], seguido del urbano [37,63%], turístico [12,07%] e industrial+servicios [5,01%]. El 4,00% restante se corresponde con recursos no utilizados.

La tendencia para los usos principales en los últimos años se ha mantenido pero a través de una mayor demanda para los usos urbanos y una disminución en la demanda agrícola, consecuencia de las mejoras en eficiencia y mejores prácticas agrícolas.

Los recursos provienen mayoritariamente de las aguas subterráneas, si bien en los últimos años han contribuido de manera decisiva la aparición de los no convencionales (desalación y reutilización) que prácticamente han doblado su presencia

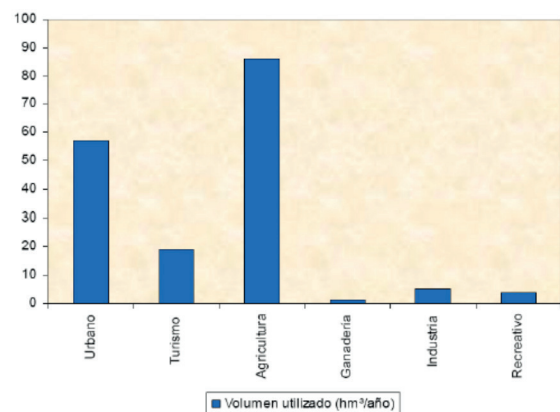


Gráfico II.30 Reparto del volumen utilizado (hm<sup>3</sup>/año) por usos en el escenario actual

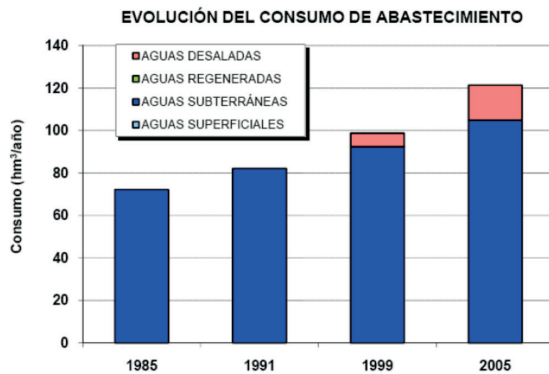


Gráfico II.32 Evolución de recursos para abastecimiento. Período 1985-2005

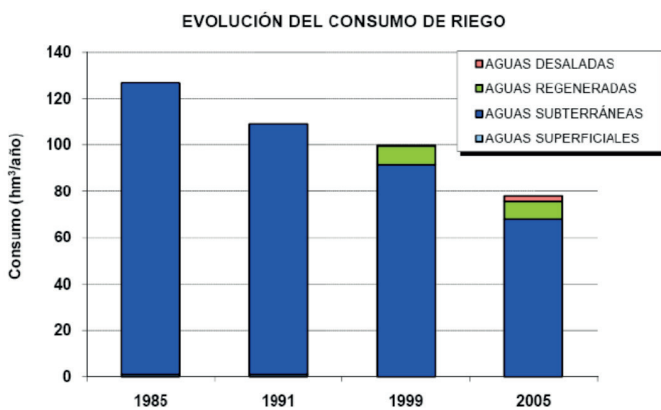


Gráfico II.34 Evolución de recursos para riego. Período 1985-2005

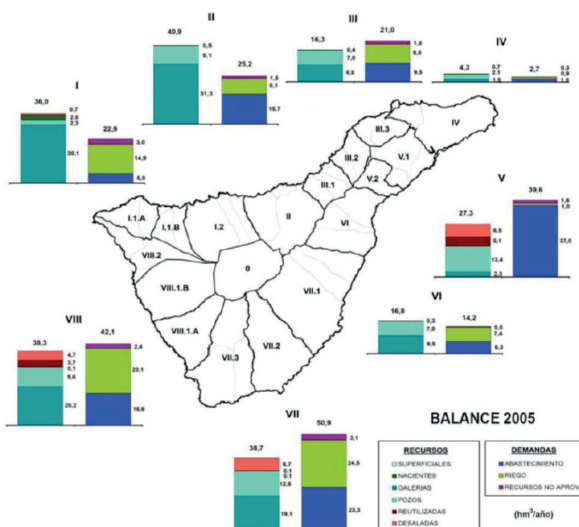


Ilustración II.45 Balance hidráulico por comarcas. Año 2005

### 1.3. Aspectos ambientales

1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

La primera y más notoria ha sido el descenso generalizado de niveles y con ella la pérdida de calidad.

Otro aspecto importante es la desaparición de numerosos manantiales que antaño drenaban acuíferos colgados o próximos a la zona saturada insular, cuando no existía explotación. Ello contribuía también a una mayor escorrentía superficial bajo eventos tormentosos.

En algunos lugares se han producido problemas de contaminación, especialmente en zonas de sorriba: existencia de nitratos en las aguas subterráneas, fosfatos, salinización de suelos, presencia de plaguicidas y otros metabolitos, etc.

En general, la red de control de aguas subterráneas en Tenerife (control operativo y de vigilancia) describen bastante bien la situación, por lo tanto, los problemas son conocidos y se van detectando otras apariciones de contaminantes y razonablemente se pueden estimar adecuadamente para el seguimiento de las masas de aguas subterráneas.

Ello permite una mejor definición y control para los usos previstos en el Plan Hidrológico.

1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

Algunos sí por sustitución de recursos, lo que conlleva disminución de presiones sobre el medioambiente.

La contaminación por nitratos, por ejemplo, especialmente en las zonas del Valle de la Orotava y Valle Guerra precisará de muchos años para que se aproximen a los objetivos medioambientales de la DMA.

Debería tenderse hacia esa circunstancia: es posible además de adecuado y, conveniente, puesto que ello impone una serie de objetivos en la gestión y en la práctica (grado de compromiso) entre todas los sectores implicados, que debe de ser uno de los ejes de actuación.

Lógicamente, todas las actuaciones y medidas, deberán realizarse con las mejores técnicas disponibles, optimizando los costes y reinvertiendo parte de los beneficios (si existen) para la consecución de estos fines.

Va muy ligado a la responsabilidad social, al I+D+i y, por supuesto, a los objetivos medioambientales que plantea la DMA.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

En situaciones de escasez, prácticamente el suministro de abasto está garantizado por cuanto la entrada en el sistema de las dos grandes desaladoras (S/C Tenerife y Adeje-Arona) han supuesto un vuelco a la situación.

El problema es diferente en el caso de la agricultura, pues el sistema de BALTEN de aguas residuales tratadas/regeneradas desde S/C de Tenerife a Valle San Lorenzo no está teniendo una implantación muy importante dado que los precios no son competitivos y la calidad de estas aguas es bastante mala (suelen superarse los 1500 a 2000 microS/cm), nefasto para la platanera, y el agricultor tiene que realizar mezclas cuando puede o acudir a otros mercados del agua.

Es también un problema de prelación. Primero el abasto y después el resto. La existencia de estanques y balsas particulares ayuda a minimizar la situación y, en los últimos tiempos, la construcción de importantes balsas en la isla han repercutido favorablemente en la garantía de suministro; no obstante, cuando la sequía se produce continuada (dos o tres años seguidos con escasa o nula pluviometría), el almacenamiento no es suficiente.

Los pozos no pueden compensar la situación, dado que los pozos costeros de antaño no son funcionales por motivos de salinidad y procesos de intrusión marina y, los que se sitúan a cotas altas, con profundidades de 450 a 600 msnm (en Tenerife se controla bastante que el final del pozo esté por encima de la cota 0), ayudan pero su elevado coste de extracción y mantenimiento suponen un lastre. En el actual contexto los costes energéticos (precio de la energía) no ayuda.

Otro aspecto relevante, ligado al medioambiental es el de cambios en el paisaje, no solo por evolución de la vegetación sino como consecuencia de la transformación de áreas de cultivos a eriales u otros fines. Ello se vio potenciado en los últimos años como consecuencia de las recalificaciones urbanísticas en el "boom" de la construcción.

A día de hoy, la crisis, incluso puede favorecer la recuperación de áreas de cultivo, por cuanto una parte de la población joven presiona socialmente para dedicarse a la labor agrícola (fundamentalmente por ser una opción directa en comparación con otras).

Desde otro punto de vista, la escasez de agua (o de humedad en los bosques) ha contribuido al riesgo de incendios y, por ende, a problemas de orden hidrológico-forestal, de cuantiosa solución, no siempre resueltos satisfactoriamente y que, a la postre, suponen variaciones en la recarga local ligada a los bosques y áreas de vegetación, estén o no protegidas.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-28

<b>Autoría</b>	Luis Olavo Puga de Miguel, Ing. Obras Públicas, Economista Funcionario (jubilado) del Gobierno de Canarias Profesor Asociado (jubilado) de la Universidad de La Laguna	<b>Siglas</b> LP
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife
<b>Comentarios</b>	En parte aportación con datos y figuras	
		<b>Cuestiones</b>
		1.1; 2.1; 2.2; 2.3

Si se ha de hacer caso a lo recogido en el “Proyecto de Plan – Documento para la Aprobación Inicial del Plan Hidrológico de Tenerife”, publicado para trámite de alegaciones en febrero 2014 (le llamaré PHIT2014 en adelante), la posibilidad de llevar a cabo “minería” del agua queda descartada:

*“Además, como ya se ha expuesto en otros apartados de este Plan, las conclusiones del Modelo de Simulación de Flujo Subterráneo, señalan que en prognosis de simulación realizadas al 2040, para distintas hipótesis de reducción en las extracciones (variables entre un 28 y 44% en el periodo 2008–2039 respecto a las extracciones de referencia del periodo 1976–2007), la conclusión esencial que se desprende de los análisis realizados es que en el año horizonte fijado (2040) el efecto de la reducción de las extracciones sobre los niveles es, en principio, escaso.*

La anterior conclusión se matiza cuando se analiza la aportación de las reservas. Los resultados obtenidos indican que entre el 60 y 90 % de la disminución de las extracciones, variable según las hipótesis que se comparen, se invierte en reducir la aportación de reservas.

Por tanto, la reducción de las extracciones– única opción disponible para tender a la estabilización de los niveles–, es un procedimiento muy eficiente en términos de reducción de la aportación de reservas pero no de estabilización de niveles.

Se entiende por estabilización de la superficie piezométrica la situación en que los niveles permanecen invariables en toda la Isla y por lo tanto, la aportación de las reservas es nula. La situación descrita se conseguirá cuando la recarga total en la Isla menos las extracciones sea igual a las salidas al mar.

Por lo tanto, se alcanzará la estabilidad cuando el acuífero modifique sus gradientes hasta igualar la salida al mar a la diferencia entre recargas y extracciones.

Naturalmente, nunca es una situación permanente porque estas variables cambian a lo largo del tiempo y se producirá un reajuste continuo.

El objetivo medioambiental, en lo que respecta a los aspectos cuantitativos, es el de adecuar las disponibilidades del acuífero y su explotación a fin de propiciar la estabilización del nivel freático, o cuando menos, la ralentización del ritmo de los descensos. Teniendo en cuenta lo expuesto, se establecen objetivos ambientales menos rigurosos en relación con el estado cuantitativo de las cuatro masas de agua de la Demarcación.” (Memoria de Información (M.1.) del PHIT2014, p. 198) (1), (2).

No obstante, si se analiza con detenimiento el PHIT2014, encontramos una aseveración interesante

“De la simulación realizada con el Modelo de Flujo Subterráneo se deduce que en el periodo 1925–2010 los recursos renovables (recarga de lluvia y retornos de riego) son superiores a las extracciones.

Sin embargo, parte de los recursos salen inevitablemente al mar, con un valor medio anual de 374 hm<sup>3</sup>. Este factor provoca un balance medio negativo, en el que la diferencia se compensa con la aportación de reservas, lo que provoca un descenso del nivel freático y la consecuente merma en el caudal aportado por las galerías”. (M.1., p. 118)

Cuantificada en la tabla 12–55 (p. 119).

	mm/año	% de aporte
<b>ENTRADAS</b>	Infiltración	86
	Retorno de riegos	14
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
<b>SALIDAS</b>	Extracciones	37
	Flujo al mar	95
	<b>TOTAL</b>	<b>132</b>
<b>VARIACIÓN DE LA RESERVA</b>	<b>-124</b>	<b>-125</b>

Tabla XII-55 Balance hídrico subterráneo periodo 1925-2010

Cifras que se desagregan según las masas de agua determinadas en el mismo documento (M.1., p. 101) <sup>20</sup>.

MASA	VOLUMEN MEDIO 1925-2010					
	RECARGA	RETORNOS	RESERVAS	EXTRACCIÓN	SALIDA MAR	ENTR. BORDES
Compleja de Medianías y Costa N-NE	239	23	100	-104	-161	-101
Las Cañadas- Valle de Icod, La Guancha y Dorsal NO	70	3	23	-21	-57	-18
Costera Vertiente Sur	24	20	4	-8	-127	89
Costera del Valle de La Orotava	5	9	3	-11	-28	23
<b>TOTAL</b>	<b>337</b>	<b>55</b>	<b>131</b>	<b>-143</b>	<b>-374</b>	<b>-9</b>

Tabla XII-38 Balance hídrico de las masas de agua subterráneas deducido con el MSFS.

Lo primero que llama la atención es que, en condiciones medias, las “entradas” son muy superiores a las “salidas/extracciones” originadas por el hombre. Hasta el punto que el desequilibrante del balance son las salidas (subterráneas)/flujo al mar.

Un poco más delante (M.1., p. 120) se detalla la situación casi presente

“En 2010 el caudal conjunto aportado por galerías y pozos era de 157,7 hm<sup>3</sup>/año, lo que supuso una reducción en las aportaciones de origen subterráneo, respecto de 1985 (212 hm<sup>3</sup>), del 26 %.

El caudal de las galerías ha sufrido una reducción de un 35 %, y el de los pozos se ha incrementado un 5 %.

Más significativa que la reducción total en la aportación de las galerías, en el ámbito de la Isla, son las variaciones territoriales. Así, mientras que municipios como La Guancha han incrementado ligeramente las extracciones, otros como Fasnia, Güímar, Garachico, La Orotava y El Sauzal han experimentado mermas superiores al 50 %

El ligero incremento en los caudales aprovechados por los pozos obedece a la ejecución de nuevas obras, todas de tipo sondeo. Entre 1985 y 2010, se pasó de 31 a 106 sondeos. Las nuevas captaciones se localizan preferentemente, por encima de los 400 m de altura, y se concentran mayoritariamente en la vertiente Sur –desde Güímar a Guía de Isora–; y en menor medida en el entorno La Laguna – La Esperanza – Tacoronte (acuífero de Los Rodeos), y en la franja costera de los valles de Icod y La Orotava. En el ámbito municipal la distribución no es homogénea, municipios como Puerto de La Cruz, Güímar y Granadilla han visto reducidas sus aportaciones un 64 %, 51 % y 44 % respectivamente; mientras que en otros como Guía de Isora o La Laguna el incremento supera

<sup>20</sup>Nótese que en la p. 109 de la misma M.I. se cuantifica la infiltración en 295 Hm<sup>3</sup>/año [3]  
 “A partir del modelo distribuido de hidrología superficial elaborado por el CIATF se ha podido determinar el balance hídrico de superficie actual (1980/81–2009/10): P=ETR+ES+I  
 – Precipitación convencional: 753 hm<sup>3</sup>/año  
 – Precipitación horizontal: 85 hm<sup>3</sup>/año  
 – Evapotranspiración: 529 hm<sup>3</sup>/año  
 – Escorrentía: 12 hm<sup>3</sup>/año  
 – Infiltración: **295 hm<sup>3</sup>/año**”  
 “La infiltración efectiva media se estima en 295 hm<sup>3</sup>/año para el periodo 1980/81–2009/10.” (M.1., p. 116)  
 Valor que en otro lugar [Tabla XII-51 Balance hídrico de superficie. Periodo 1944/45–2009/10, p. 113] alcanza los 366 Hm<sup>3</sup>/año. Aunque los periodos considerados no son exactamente iguales, se detectan diferencias sensibles.

ampliamente el 50 %.”

Y el diagnóstico final se localiza, por ejemplo, en la p. 237 de la misma M.1.:

### “XXI DIAGNÓSTICO CONDICIONANTE DE LA ORDENACIÓN XXI.1 RECURSOS

– Tras un periodo de elevadas extracciones de aguas subterráneas, el sistema evoluciona hacia una situación más equilibrada.

– La creciente demanda de agua hace preciso la incorporación de nuevos recursos procedentes de la reutilización de aguas regeneradas y desalación de agua de mar lo que conlleva un incremento importante del consumo de energía en la producción de agua aumentando el consumo de combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>.

– No se ha producido ninguna declaración por parte de la Administración competente de sobreexplotación del sistema acuífero insular.

– Los datos históricos cuantitativos del aprovechamiento de agua subterránea tienen su base en el decenio 1965–1975 coincidiendo con los mayores valores de retorno de riegos. Desde entonces ha habido una disminución paulatina del aprovechamiento, debido en parte a la dificultad de reperforar galerías y al agotamiento en algunas zonas; disminución que no se ha podido compensar con la explotación de pozos costeros.”

de tal manera que en el documento de Gestión y Gobernanza– Normativa del Plan se dice, por ejemplo,

#### “Art. 261º. Zonas sobreexplotadas (NAD)

1. A pesar de que el sistema acuífero de Tenerife presenta una sobreexplotación física bastante generalizada, en este Plan no se ha considerado oportuno declarar, como actuación propia y expresa, la sobreexplotación de ninguna zona, subzona, sector, subsector o área.

2. Se pospone cualquier decisión relativa a declaración de zona (en sentido amplio) sobreexplotada a actuaciones futuras del Consejo Insular de Aguas. En su caso, se seguirá el procedimiento establecido al efecto en los arts. 45 a 48 LAC así como en los arts. 204 y siguientes RDPHC.

3. El PHT incluye medidas correctoras a la sobreexplotación física local: todas las de tipo restrictivo (prohibición de otorgar nuevas concesiones y limitaciones a la reperforación y extracción) específicas que se han precisado en los artículos precedentes.

Las reducciones territoriales en la aportación de galerías pueden servir para dar una medida del comportamiento de las aguas subterráneas como influyentes en el descenso de los niveles piezométricos. Es un axioma plenamente aceptado –aunque no me consta que se haya hecho una comprobación real del hecho galería a galería– que el mantenimiento de caudales en las galerías exige avanzar sus frentes cada cierto tiempo. Sin embargo, el análisis del comportamiento y evolución de ese tipo de obras está mucho menos estudiado en la literatura hidrogeológica que,

por ejemplo, el de los pozos y obras verticales. De hecho, no se conocen estudios intensivos del mero tránsito de lo que, en el ámbito canario, va desde que una galería alumbraba agua tras un dique hasta que el dique se agota paulatinamente para quedar, posteriormente, en agua “de repisa” y lo que finalmente se denomina “caudal base”. Las denominaciones, aunque locales dicen ya algo sobre comportamientos físicos ciertos pero apenas estudiados. Pretender que el simple descenso del nivel piezométrico –inicial, con una determinada columna de agua que no se suele saber con certeza si está o no confinada, termine resultando en un descenso del nivel freático –supuestamente, también– en condiciones de acuífero libre, creo que no se ha estudiado. Más aún: la densidad de galerías en determinadas zonas podrían permitir estudiar si un comportamiento como el que se acaba de presentar es “uniforme” a todas las de la zona en situaciones semejantes, pues es muy probable que se hayan dado, y aún se den, casos.

La digresión antedicha tiene su fundamento en que pretender análisis hidrogeológicos basados solo en los datos numéricos del agua que sale por las bocas de las galerías, la geología de la misma –no siempre completa y detallada– y una hidrogeología macro, sin un conocimiento profundo de las características de las estructuras hidrogeológicas (llámense acuíferos o masas de agua) y de sus comportamientos físicos, parece poco científico. Pero parece que para el PHIT2014 el modelo hidrogeológico es sencillo, a pesar de la heterogeneidad y anisotropía insular:

“El modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico de la Isla de Tenerife  
El modelo conceptual del flujo en Tenerife es sencillo. El sistema recibe agua por infiltración de lluvia y retorno de riegos y la pierde por salida subterránea al mar y extracción por pozos y galerías.  
El déficit se cubre por captura de agua de reservas y el consiguiente descenso de niveles.  
El agua de recarga circula a través de la zona de tránsito hasta alcanzar la zona saturada y una vez allí fluye en función de la permeabilidad y del gradiente hidráulico.  
A pesar de la sencillez del modelo conceptual la complejidad del modelo geoestructural y la elevada heterogeneidad y anisotropía del subsuelo, determinan la necesidad de recurrir a modelos de simulación para cuantificar los términos del balance, especialmente el flujo al mar, y establecer el orden de magnitud de los parámetros hidrogeológicos representativos [coeficiente de almacenamiento y permeabilidad].” (M.1., p. 118)

Por ello no estoy conforme con dicha afirmación. No creo habitual que sea el modelo matemático el que proporcione, como parámetros “de salida” los que se entienden necesarios para fijar su comportamiento (K, T, S, ...) y, por ende, de qué acuíferos se habla.

Para corroborar parte de lo que se lleva dicho, veamos cómo recoge la M.1. los parámetros hidrogeológicos im-

prescindibles:

“En la tabla 12–36 se muestran algunas magnitudes geohidrológicas de referencia para cada una de las masas consideradas. En concreto, los datos de permeabilidad y coeficiente de almacenamiento se han obtenido como resultado del Modelo de Simulación de Flujo Subterráneo (MSFS)95, tras su calibración en régimen permanente y transitorio, estimándose los valores por masas a partir de los datos obtenidos para las celdas de 1 km<sup>2</sup>.” (M.1., p. 100)

Código masa de agua	Posición de la superf. freática en 1997 (m s.n.m.m.)			Potencia media zona de tránsito (m)	Permeabilidad (cm/día)			Coef. de almacenamiento (%)		
	Max.	Min.	Med.		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
ES70TF001	1.910	0	441	447	710	1	87	25	4	10
ES70TF002	2.215	0	1.135	545	850	4	172	25	4	21
ES70TF003	178	0	15	203	781	3	198	25	4	11
ES70TF004	128	0	33	97	255	14	108	20	8	17

Tabla XII-36. Magnitudes geohidrológicas de referencia (Deducidas de los datos del MFS 2011)

En la tabla XII-XXXVII se muestra la variación en la posición del nivel freático

Masa	Descenso de la superficie freática inicial (1925) respecto de 1997 (m)				Descenso de la superficie freática en 1985 respecto de 1997 (m)			
	Max.	Min.	Med.	Promedio anual	Max.	Min.	Med.	Promedio anual
ES70TF001	555	0	112	2,6	162	0	11	0,9
ES70TF002	453	0	48	0,6	127	0	8	0,7
ES70TF003	173	0	14	0,2	20	0	1	0,1
ES70TF004	55	0	16	0,2	5	0	1	0,1

Tabla XII-37 Datos del MFS 2011

Desde luego resulta intrigante que los elementos del balance se “deduzcan” de un tan traído y llevado Modelo de Flujo Subterráneo (MFS), en particular parámetros como posición de la superficie freática, potencia media de la zona de tránsito, K, S. Otra duda: no alcanzo a delimitar si se habla de masas/acuíferos exclusivamente libres. Si volvemos al balance hídrico subterráneo reproducido arriba y a las salidas al mar, el flujo, al igual que la variación de las reservas, también se han determinado “desde” el MFS:

#### “VIII.4.2 Modelo de Flujo Subterráneo

Desde 1991 se dispone de un modelo de simulación del flujo subterráneo, construido a partir del esquema hidrogeológico e hipótesis de funcionamiento actuales del sistema acuífero insular. El MFS ha permitido comprobar que las hipótesis de funcionamiento hidrogeológico son en conjunto correctas y su calibración en régimen transitorio permite disponer de un instrumento de pronóstico del funcionamiento del acuífero ante futuras situaciones de explotación de las aguas subterráneas. Además cuantifica algunos de los términos del balance hídrico subterráneo, como son el flujo al mar y la variación de las reservas, tanto para el período histórico como para las prognosis de futuro. La modelización matemática del sistema se realiza sobre una discretización de la isla en 2.188 celdas de 1 km de lado que en la vertical se dividen en cuatro capas. A cada celda se le asignan datos de tipo geométrico, geohidrológicos e hidrológicos. En 2008



*y 2011 se revisó la validez del MFS, tras la incorporación de los nuevos datos, la actualización de los datos de extracción y medidas directas, en zonas concretas, de la posición y variación del nivel freático.” (M.1., p. 33).*

Para no hacer más largo el razonamiento se puede añadir que una conclusión/efecto, reducir por la vía de la intervención pública la extracción de caudales, sustentada en los resultados de un modelo matemático que pretende reproducir de una manera excesivamente simple una realidad hidrogeológica compleja, y que aporta como datos resultantes o de salida parámetros que comúnmente se entienden como de entrada, se puede (y quizás se debe) entender como aventurada o imprudente.

No quiero cerrar el apartado sin considerar la otra razón que subyace en la propuesta de minorar las extracciones de agua: el empeoramiento paulatino de la calidad de las aguas alumbradas. Admito que tal situación parece ser más fácil de aceptar y aparenta estar más fundamentada en el PHIT2014 que las que soportan el MSF, entre otras razones porque es una situación que viene de atrás. Un hecho sí es tozudo: a medida que las aguas se alumbran más profundas en el acuífero, desciende su calidad.

Admitir una cierta razonabilidad no impide cuestionar lo que parece indubitable. Para ello me apoyaré en el trabajo que, posiblemente, sea el más completo realizado hasta el momento en la materia: el elaborado por Farrujia y otros<sup>21</sup>. En realidad, de las cuatro masas de agua en que se particiona la Isla, solo en una se concluye con que

“Los valores altos de conductividad eléctrica coinciden, mayoritariamente, con valores altos de bicarbonatos, poniendo en evidencia que el aumento de la salinidad en estas aguas se debe principalmente a los siguientes procesos naturales:

- Aguas con mayor periodo de residencia en el acuífero y por tanto más mineralizadas. En la Dorsal NE se está explotando, tanto por la vertiente norte como por la sur, los niveles más profundos de la zona saturada.
- Aguas afectadas por la actividad volcánica residual. En la Dorsal S y medianías de Guía de Isora el aporte de CO<sub>2</sub> aumenta la capacidad de disolución del agua sobre la roca.”

Sin embargo, esto, que parece incuestionable, me plantea dos preguntas a las que no les he dedicado el tiempo necesario para darle la respuesta, por lo que las dejo en el aire. La primera es que la actividad volcánica residual puede ser totalmente aleatoria y podría producirse en puntos de toda la Isla. Sin embargo, parece centrarse en la dorsal Sur y parte de Guía de Isora, dentro de la masa más extensa: pero existen otras zonas en la Isla con cantidades significativas de CO<sub>2</sub> en el agua. Por el contrario, en la Masa de Las Cañadas-Valle de Icod-La Guancha y Dorsal

NO (TF002), supuestamente con volcanismo residual más intenso (que no reciente) “la variabilidad composicional de las aguas de esta masa es reducida”, predominando la aportación de flúor en las aguas alumbradas. ¿Pueden, por tanto, considerarse determinantes estos resultados para concluir con la degradación inapelable de la calidad de las aguas?.

Segunda cuestión. Recordemos que las galerías avanzan sus frentes horizontalmente. Imaginemos varias de ellas emboquilladas a distinta cota que penetran en un acuífero y cuyos frentes están alineados en vertical en un determinado instante. Aceptemos, asimismo, que en ese momento, las calidades de las aguas son diferentes atendiendo, exclusivamente, a la explicación ¿habitual? de que las aguas están más mineralizadas de abajo a arriba en función de la antigüedad. Si esa fuera la causa de la diferente calidad, el avance de los frentes no debería modificar los parámetros cualitativos de las aguas de las distintas galerías.

Por lo tanto, debería/n existir otro u otros motivos para que la química cambie. Cabe ofrecer otra explicación para las modificaciones: culpar de ellas a los terrenos atravesados. Pero en tal caso, la situación y empaquetado de estos no cumplen reglas fijas, esto es, no están colocados horizontalmente (como se supone que lo hace el agua) ni siquiera siguen un orden fijo ni mantienen pendientes uniformes. Alternativa: actividad volcánica residual. Pero esta no está ligada al horizonte de explotación de las aguas ni siquiera al avance de las galerías salvo que se entienda que sí aparecerá inevitablemente a medida que nos acerquemos al centro de la Isla, en la que se sitúe una enorme chimenea volcánica. ¿Aceptamos esta idea simplista?. Conclusión: que parece haber una degradación cualitativa de las aguas alumbradas parece incuestionable. Lo que me permito poner en duda es que las causas alegadas, y en particular las que se han recogido a lo largo de esta digresión, sean las únicas y, además, las ciertas.

¿Hay alternativas a la propuesta del PHIT2014?. La más inmediata, sin duda, podría ser la de recomendar dejar sin efecto la reducción de extracciones de agua subterránea y continuar con el sistema actual. Complementariamente, resulta imprescindible invertir en conocimiento: conocimiento del medio físico, de la Hidrogeología insular. Se ha dicho con insistencia que Tenerife es, entre las islas Canarias y aún en el ámbito mundial, el territorio con mayor densidad de perforaciones, en particular horizontales (galerías).

Sin embargo está por hacer el estudio hidrogeológico detallado y completo de la isla, apoyado en las más de 1.500 perforaciones horizontales y verticales. Superar los conceptos de series estratigráficas en cuanto a Geología, realizar ensayos in situ para determinar comportamientos hidrogeológicos de las series por separado y/o intercaladas o empaquetadas, y de los distintos materiales integrantes de cada una; conocer más a fondo el papel del tan admirado “mortalón”; comprobar, p. ej. si el del Norte y el del Sur

<sup>21</sup>Farrujia, I., Fernández, J., Skupien, E., Poncela, R. (2008): REDES DE CONTROL QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN TENERIFE. VALORACIÓN DE RESULTADOS - [http://www.aguastenerife.org/5\\_educayforma/pdf/Articulo%20AQUAMAC%20final.pdf](http://www.aguastenerife.org/5_educayforma/pdf/Articulo%20AQUAMAC%20final.pdf)

son y se comportan de igual manera hidrogeológicamente; determinar si hay que considerar la existencia de un único acuífero insular, con subacuíferos que se comporten como acuitados, o como acuíclados, o incluso como acuífugos; tratar de establecer las potencias/espesores de las distintas estructuras o ratificar si puede hablarse de un espesor único como concepto macro; o si los diques y sus mallas introducen variaciones significativas en las permeabilidades horizontales y verticales para considerarlas por separado, o cabe trabajar con conductividades hidráulicas iguales en las dos dimensiones Y,Z. Elaborar isolinéas (¿piezométricas?) a partir de alumbramientos en galerías o niveles estáticos de pozos ya perforados significa que, en todos los casos, el agua ya se encuentra a presión atmosférica. Sin embargo, tras un dique de una galería la presión ya no es la atmosférica: ¿cómo hay que reproducir y valorar eso de cara a prospecciones futuras?. Todas las preguntas o propuestas anteriores, y otro conjunto extensísimo, creo que están por responder de manera tajante y debería hacerse antes de concluir en la reducción de las extracciones de aguas subterráneas.

Otra posibilidad: en una isla en la que hay unas 500 galerías con explotación no parece razonable que la casi totalidad no cuenten con cierre artificial. Y menos aún que no se cuente con el inventario de aquellas en las que podría o debería instalarse. La minería del agua no está reñida con la optimización de la explotación del recurso. Explotación que debe planearse a largo plazo, con los estudios previos necesarios.

Arriba ha quedado reflejada la componente determinante del desequilibrio del balance hídrico: el flujo subterráneo al mar. El PHIT parece entender que su cuantía es permanente aún cuando considera que la piezometría descende<sup>22</sup>. Y ha quedado plasmada la duda de quien ahora escribe de que la cuantía de ese flujo sea próximo a la realidad; y, sobre todo, que la manera de cuantificarlo sea acertada. Lo real es que hay que comprobarlo porque es determinante en la evolución futura del acuífero insular. Así pues, otro objetivo a estudiar.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un **factor de progreso** económico y bienestar?. ¿Es sustentable?.

2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) **estrangular el desarrollo** y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?.

2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un **impulsor del desarrollo** económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir

siendo?.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las subvenciones directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de las reservas de agua consumidas en el cómputo del **agua virtual** que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

Si se entiende por “minería” la explotación, más o menos intensiva, de las aguas subterráneas, creo que habría que concluir que en el caso de algunas islas entre las Canarias ha sido un (si no el más destacado) factor de progreso económico y bienestar: casos de Tenerife, La Palma, El Hierro y G. Canaria. No incluyo La Gomera porque su desarrollo se ha basado, hasta no hace mucho, en el almacenamiento de aguas superficiales; y los recursos subterráneos que se usan actualmente, aunque tienen un destino de abasto urbano-turístico, no tengo claro hasta qué punto han sustituido a aquéllos. Ante la pregunta ¿es sustentable? no me atrevo a responder categóricamente: a mi juicio, no estamos en condiciones de afirmar o negar tal hecho. Creo que no conocemos, aún, el alcance de la minería de las aguas en islas como Tenerife o La Palma.

Ahora bien: si hemos de hacer caso al PHIT2014, reseñado arriba, no es sustentable. El balance hídrico de la tabla 12-55, reproducido igualmente, indica que hay déficit entre oferta y demanda. Pero ya he dado mi parecer respecto a la fiabilidad de dicho balance y, en particular, sobre el elemento determinante del resultado: el flujo al mar.

Si retomamos el PHIT2014 encontramos que se postula un cambio radical de modelo: reducir de manera ostensible las extracciones de agua subterránea y sustituirlas (incluso: no se habla sino de pasada de minorar la demanda y gestionar este actuar) con aguas de producción industrial (API).

En todo caso, se reconoce en el Plan que no cabe volver a la situación de equilibrio antes de empezar la explotación de aguas del subsuelo:

“En el momento actual, tras más de cien años de aprovechamiento de las aguas subterráneas, aún en el supuesto de que se paralizara la reperforación en las galerías, a lo máximo a que se podría aspirar, a nivel insular, es a conseguir que el nivel freático no continuara descendiendo y se alcanzase una nueva situación de equilibrio, donde las entradas y las salidas al sistema acuífero general estuvieran compensadas y no se requiera del aporte de agua de reservas; **pero en ningún caso se recuperaría la situación inicial**, la existente antes del comienzo de la captación de aguas subterráneas. Conseguir una nueva situación de

<sup>22</sup>Véase p. 11

equilibrio en el sistema acuífero subterráneo es un objetivo básico del Plan Hidrológico a largo plazo, pero independientemente de que se alcance o no, lo cierto es que no afecta, ni afectará, a los ecosistemas de la Isla.” (Memoria de Información –M.1.– del PHIT2014, p. 46)

Lo que ya resulta menos inteligible es que un objetivo básico del Plan sea, simplemente, alcanzar una “nueva situación de equilibrio en el sistema acuífero”. ¿Cual es su objeto?: ¿no “degradar” más el sistema?, ¿legar esta situación a nuestros herederos?, ¿...?. Más aún: se alcance, o no, el nuevo equilibrio, “no se afectará a los ecosistemas de la isla”. ¿Entonces?.

Veamos la alternativa: aumento de la Producción Industrial de Agua (PIA). De acuerdo con la Memoria de Información (p. 237, y en otros lugares, vgr. Memoria de Ordenación –M.O.–, ps. 212 y 219)

#### “XXI.1 RECURSOS

- Tras un periodo de elevadas extracciones de aguas subterráneas, el sistema evoluciona hacia una situación más equilibrada.
- La creciente demanda de agua hace preciso la incorporación de nuevos recursos procedentes de la reutilización de aguas regeneradas y desalación de agua de mar lo que **conlleva un incremento importante del consumo de energía en la producción de agua aumentando el consumo de combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>.**”

A confesión de parte, relevo de prueba, dicen los juristas. La alternativa es más desfavorable en términos de contaminación ambiental.

Lo preocupante es que el Plan despacha el asunto con escasos (ninguno) análisis cuantitativos, ni de las necesidades futuras de energía ni de la producción de GEI. En cuanto a los requerimientos energéticos se los “en-carga” a la planificación energética sectorial, al justificar la selección de la “Alternativa de Transición”

#### “VI.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA ALTERNATIVA DE TRANSICIÓN.

La **Alternativa de Transición** es la que alcanza un equilibrio adecuado entre el nivel de consecución de los objetivos estratégicos y de sostenibilidad y el realismo de los recursos y esfuerzos integrales para alcanzarlos. Plantea objetivos ambiciosos, pero no maximalistas, en el ahorro y reducción de la demanda (2,8% respecto al año 2005) y en la reducción de las extracciones (15% respecto al año 2005) mediante el incremento de disponibilidad de agua de producción industrial.

Desde el punto de vista ambiental, si bien la **Alternativa de Cambio** supone una mejora de algunas de los criterios ambientales globales considerados, la relación entre agua desalada y agua reutilizada en la **Alternativa de Transición** determina que el consumo energético global sea el más bajo de las opciones barajadas, con un consumo

energético unitario por m<sup>3</sup> de agua disponible (Producción industrial y recursos naturales) bajo.

**Las consecuencias de la presión sobre el sistema energético en relación con la producción de gases de efecto invernadero y otros gases perjudiciales para la salud dependerá de la estructura de producción energética de la Isla, cuya planificación corresponde a otros planes.”** (Informe de Sostenibilidad Ambiental –ISA–, p. 34).

Por lo dicho hasta el momento, uno se puede preguntar: ¿por qué no seguir con la explotación de las aguas subterráneas?, incluso hasta agotar los recursos.

El primer argumento a favor de tal situación está muy maduro tras el Informe de Río: en el plazo hasta que se llegue al agotamiento, las tecnologías pueden avanzar lo suficiente para encontrar soluciones alternativas. Soluciones que ya se conocen y se proponen en el PHIT2014, pero desde ahora. Sin embargo, en el futuro es presumible que se perfeccionen y aún que aparezcan cosas nuevas. Por ello no me extendiendo más en él.

Segundo: uno de los pocos sectores estudiados en cuanto al comportamiento del sustrato hídrico de la Isla es el conocido como Acuífero de las Cañadas (el otro es el de los Rodeos):

*“Con el objeto de obtener datos más precisos de la posición y variación del nivel freático en el tiempo, así como del efecto de la recarga en las variaciones de nivel, desde mediados de la década de los noventa se controla la evolución del nivel en dos áreas de estudio: Las Cañadas del Teide y el Acuífero de Los Rodeos. **Los datos obtenidos han aportado información sobre el ritmo de descenso medio anual en esas zonas** (apartado 12.3.1.2).*

*El zócalo impermeable, es el límite inferior del sistema, por debajo del cual ya no hay reservas hídricas significativas; al contrario que la superficie freática, está fuertemente condicionado por la geología. Y su presencia depende no sólo de la naturaleza intrínseca de las rocas sino también de su estado de alteración y compactación. Estos factores, unidos a que en la actualidad sólo es intersectado por un número relativamente escaso de galerías, hacen que conocer su geometría resulte más problemático que la de la superficie freática. La determinación precisa de la geometría del zócalo impermeable es esencial para la cuantificación de las reservas hídricas y para poder determinar la vida útil de un gran número de galerías.” (M.1., p. 117).*

Según el párrafo reproducido atrás, los datos obtenidos son<sup>23</sup>

**“XIII.4.1.2 Zona saturada, piezometría y almacenamiento** En el apartado correspondiente de esta Memoria se señalan las características generales de la superficie freática insular y el procedimiento seguido para estimar su posición (apartado 12.4.4.1); así como las dificultades para disponer

de datos de control piezométrico derivadas, especialmente, de la potencia de la zona de tránsito y de la ausencia de datos del espesor de la zona saturada por encima de las galerías con agua.

Dado el procedimiento seguido para estimar la posición de la superficie freática (isopiezas de 1925, 1985 y 1997), sólo es posible obtener una nueva familia de isopiezas cuando ha habido una variación significativa en la posición de los alumbramientos, extremo este que no se ha producido de forma generalizada con posterioridad a 1997, ya que las labores de perforación y/o reperforación han estado, salvo excepciones, prácticamente paralizadas. De ahí que el descenso en la posición del nivel freático se infiera, de forma indirecta, a partir de la merma de los caudales aprovechados, sin que se pueda cuantificar la magnitud de los descensos.

Para mejorar el conocimiento del sistema acuífero y tratar de cubrir la carencia de medidas directas de la evolución del nivel freático, se habilitaron dos áreas de estudio: una en Las Cañadas del Teide (Masa ES70TF002) y otra en el entorno de Los Rodeos (Masa ES70TF001). En el primer caso se dispone de dos sondeos de investigación profundos y en el segundo el control se realiza a través de pozos emboquillados en área de medianías que captan sus aguas varios centenares de metros por encima del nivel medio del mar. Estos puntos forman parte de la red de control cuantitativo.

En Las Cañadas la situación es dispar; así, mientras el sondeo S-1 ha experimentado en el periodo 2000-2010 un ascenso relativo de 1,43 m, el sondeo S-2 -en el mismo periodo- ha sufrido un descenso de 20,38 m (descenso medio anual de 2.3 m). En el entorno de Los Rodeos el descenso medio anual, en el periodo 1996-2010 ha sido del orden de 3 m/año.

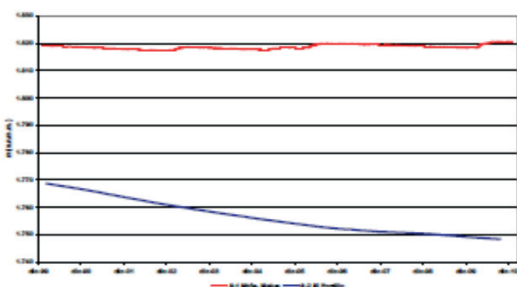


Ilustración XII-15 Evolución del nivel freático en los sondeos de investigación de Las Cañadas del Teide

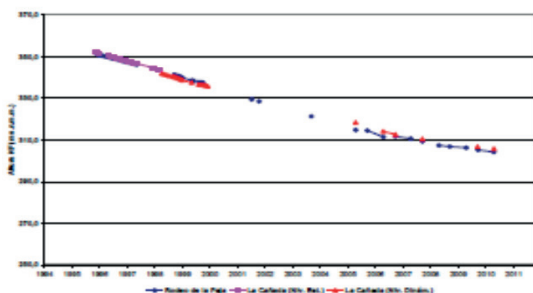


Ilustración 12-16 Evolución del nivel freático en los puntos de control ubicados en el entorno de Los Rodeos

La considerable potencia de la zona no saturada implica tiempos de tránsito elevados por lo que, en general, no se constatan variaciones anuales significativas en la posición de la superficie freática como consecuencia de la pluviometría. Sólo en los casos en que la zona de tránsito muestra una permeabilidad muy elevada, como sucede en el anfiteatro de Las Cañadas del Teide, se han constatado variaciones en el nivel freático asociadas a períodos de pluviometría muy intensa (retardos inferiores al año). En la tabla 12-36 se muestran algunas magnitudes geohidrológicas de referencia para cada una de las masas consideradas. En concreto, los datos de permeabilidad y coeficiente de almacenamiento se han obtenido como resultado del Modelo de Simulación de Flujo Subterráneo (MSFS)95, tras su calibración en régimen permanente y transitorio” (M.1. ps. 99-100).

No voy a incidir en el reconocimiento de las “dificultades para disponer de datos de control piezométrico derivadas, especialmente, de la potencia de la zona de tránsito y de la ausencia de datos del espesor de la zona saturada por encima de las galerías con agua”, o del modo de determinar las isopiezas y sus exigencias, que dejo para quien quiera profundizar en el asunto. Me fijaré, de momento, en dos apartados:

- a) en uno de los sondeos el nivel asciende; en el otro, descendiendo, ambos en el mismo periodo temporal;
- b) “... en el anfiteatro de Las Cañadas del Teide, se han constatado variaciones en el nivel freático asociadas a períodos de pluviometría muy intensa (retardos inferiores al año)”

Nótese que esas piezométricas, determinadas solo en situaciones muy específicas, junto con las evoluciones de los niveles medidos en dos áreas (Cañadas y Rodeos), sumados a resultados de los volúmenes de agua extraída del acuífero, constituyen el magro del conocimiento de éste. Añadamos la Hidroquímica y algunas determinaciones sobre el terreno y nos encontramos ante la suma de conocimientos hidrogeológicos. Y con ese bagaje se concluye con el objetivo de lograr un nuevo equilibrio en el sistema hídrico y se planifica a 30 años vista.

Pero la realidad es tozuda. Porque al menos en dos ocasiones sabemos cómo se ha comportado el “acuífero Cañadas”:

A) En el diario “La Opinión de Tenerife” de 17/3/2011<sup>25</sup> (no hace tanto) se lee:

“Según informó ayer Pedro Suárez, consejero de Aguas del Cabildo insular, la nieve, la lluvia y el granizo de estos días **lograrán que el acuífero alcance niveles históricos dentro de doce meses**, que es lo que puede tardar el agua en filtrarse, aproximadamente. Este depósito de agua natural es la principal reserva de agua subterránea de Tenerife para uso doméstico y la recuperación que está experimentando garantiza el abas-

tecimiento de la Isla durante varios años, indicó Suárez. De hecho, el consejero informó que esta nueva circunstancia obligará al Cabildo a revisar el Plan Hidrológico –que está en fase de exposición pública– ya que en el capítulo dedicado a las necesidades futuras de agua se prevé un descenso importante del nivel del acuífero debido a su sobreexplotación.”

B) Ayer, como el que dice (23/7/2013), otra noticia semejante:

“El acuífero de Las Cañadas del Teide se recupera gracias a las lluvias de este año– La mayor reserva de agua de Tenerife sale del nivel crítico y se sitúa a la mitad de su capacidad

... Gracias a las precipitaciones, la capacidad de este depósito se encuentra a la mitad, mientras que en la temporada pasada estaba “muy por debajo” debido al verano más seco de los últimos 64 años, según explicó ayer el consejero con delegación especial en Aguas del Cabildo, Jesús Morales.

Su nivel actual también se encuentra muy por encima de los resultados obtenidos de la primera muestra realizada por el Consejo Insular de Aguas (Ciaft), organismo dependiente del Cabildo, en el año 2000. De hecho, se ha conseguido recargar más agua en el acuífero de la que se extrae....”<sup>26</sup>

Noticias que pueden ser la premisa o la confirmación de lo que indica el Plan: “... se han constatado variaciones en el nivel freático asociadas a períodos de pluviometría muy intensa (retardos inferiores al año)”. Sea como sea, lo destacable debería ser que el comportamiento del mentado acuífero es muy variable en el corto plazo. Sin otras aseveraciones podemos preguntarnos por qué no puede ocurrir lo mismo en otros sectores del acuífero insular, lo que invalidaría las predicciones agoreras a medio y largo plazo. Y si, además, como quedó recogido arriba, “...independientemente de que se alcance o no (el nuevo equilibrio), lo cierto es que no afecta, ni afectará, a los ecosistemas de la Isla”, ¿por qué no la minería del agua?

## 2.2. Precios del agua subterránea

Para no inventar recurriré, de nuevo, al PHIT2014. Recapitulemos con algunas precisiones del documento. Confieso que la primera cita me resulta algo oscura:

### “XIII.3.1 Caracterización económica de los usos del agua. Escenario actual

**Todos los costes derivados de la captación, aprovechamiento y transporte están implícitos en el precio del agua**

<sup>26</sup>He encontrado, de momento, éstas  
[http://www.aguastenerife.org/5\\_educaforma/pdf/Evoluci%F3nNivelFreaticoCa%F1adasTeide.pdf](http://www.aguastenerife.org/5_educaforma/pdf/Evoluci%F3nNivelFreaticoCa%F1adasTeide.pdf)  
<http://www.tesisenred.net/handle/10803/6277>

<sup>27</sup><http://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/65211>  
 (17/03/2011) El acuífero de Las Cañadas del Teide recupera cinco metros en un año– La Opinión de Tenerife

<sup>28</sup><http://www.laopinion.es/tenerife/2013/07/23/acuífero-cañadas-teide-recupera-gracias/488758.html>

**cuando se comercializa.** El titular de agua incluye en su oferta la amortización de todas las inversiones de primer establecimiento y todos los gastos de operación, mantenimiento y gestión, incluso sus expectativas de beneficio. El intermediario añade en su margen sus costes y su beneficio.

Los costes de transporte también terminan siendo incorporados al valor final del agua para el comprador.

La caracterización económica de los usos del agua en Tenerife se ha realizado para los siguientes usos:

- Urbano
- Turístico
- Recreativo
- Agrícola
- Ganadero
- Industrial
- Energético
- Pesca
- Acuicultura
- Transporte marítimo

El análisis económico 101, efectuado en 2006 en cumplimiento del artículo 5 de la Directiva Marco, considera el escenario de 2005 para el abastecimiento urbano (población residencial), turístico (población flotante) y recreativo; para el uso industrial utiliza datos de 2003; para la agricultura, datos de entre los años 2002 y 2004; y para la ganadería evalúa el año 2005. “Teniendo en cuenta los costes asociados a la obtención de los datos” y la elaboración del estudio, tal como determina la DMA en su Anexo 3, no se ha considerado conveniente revisar este estudio dentro del mismo ciclo de planificación. ...”(M.1.; p. 139).

Me parece entender que esa internalización de costes viene referida a los precios del agua “en origen”, esto es, de las aguas subterráneas en boca de galería/pozo y, en la mayor parte de las ocasiones, en los puntos de toma de los distintos usuarios “en alta”. En efecto, es habitual que el que recibe el agua, bien sea para abasto, riego o industria pague, amén del precio en bocamina, los costes de transporte, bien en concepto de merma en la conducción, bien de pase por la misma. Conviene hacer esta precisión porque el resto de usuarios, especialmente si hay una intervención pública de por medio, no pagan la totalidad de costes. Por ejemplo, es habitual que las administraciones locales no repercutan las amortizaciones de las instalaciones que precisan y emplean, llámense ETAPs, depósitos, redes y, por supuesto, las necesarias para la producción industrial de agua. Súmese a eso la habitualidad de las transferencias públicas vía subvenciones, a cargo de los presupuestos locales. Raro es, como resumen, que el precio pagado por el usuario incorpore todos y cada uno de los costes<sup>27</sup>. Situación que no solo se da en abasto urbano sino también, por ejemplo, en regadío: la empresa pública BALTEN es el claro ejemplo<sup>28</sup>.

Así pues, el mercado es quien, únicamente, obliga a internalizar los costes totales. Para no hacer demasiado extensa esta respuesta con reproducciones externas, se

recomienda la lectura del parágrafo “XV ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS A LOS DISTINTOS USOS” de la Memoria de Información del PHIT2014 (ps. 159–161, ambas inclusive) parte de cuya esencia se recoge en la siguiente frase:

“La asignación de los recursos hídricos se caracteriza por la **presencia hegemónica del mercado**, frente a otras fórmulas concurrentes, por lo que **casi todos los costes derivados de la captación, el aprovechamiento y el transporte están implícitos en el precio del agua cuando se comercializa**, cumpliendo uno de los requerimientos de la DMA.”(M.1.,p. 159)

Por lo tanto, en Tenerife, y sobre todo en esta isla (junto con La Palma, posiblemente), la asignación de recursos vía precios es de las más cercanas a la teoría económica del mercado. Ciertamente que hay alguna opinión en contra de la bondad y eficiencia del mercado como asignador<sup>29</sup>, pero no me asusta añadir que no conozco la demostración de que otros asignadores, en particular públicos, mejoren aquella. Y, sobre todo, que lo hayan demostrado de forma práctica.

A tal efecto, en Tenerife se tienen experiencias al respecto. Con carácter general, los ayuntamientos; como situación particular, BALTEN.

Siguiendo con el Plan, en él se enumeran limitaciones al modelo económico vigente<sup>30</sup> (M.I., ps. 239–240). Limitaciones que tienen que ver con 1) déficits de conocimiento, información, regulación y control, 2) valoración de los costes del agua, 3) recuperación de los costes de agua y 4) mercado del agua.

Un repaso a los 32 puntos de la recapitulación muestra que los problemas se suscitan en el sector público, que no gestiona directamente las aguas subterráneas salvo como titular del dominio público hidráulico. Tan solo 7, a saber,

– El precio elevado del agua subterránea en el Sur y Suroeste insular puede hacer inviable la desalinización de éstas (EDAS de Aripe y Tamaimo), al no poder competir con las aguas procedentes de la desalación de agua de mar (sin amortización)

– La incorporación del agua desalada en el mercado ha permitido la estabilización de los precios de compra de agua subterránea.

– La reutilización de agua regenerada se encuentra condicionada por el precio de mercado de la zona, así como por sus propios costes de tratamiento y transporte.

– En el Norte y Noroeste de la Isla, los precios de mercado del agua hacen económicamente inviable la reutilización de aguas regeneradas y la desalación de agua de mar, si bien la posibilidad de incorporar ésta sirve de contención de los precios de la zona.

– En el Sur y Suroeste de la Isla, el precio de mercado del agua subterránea hace viable la incorporación de agua regenerada y la desalación de agua de mar hasta los 400 ó 500 m de altitud (sin amortización).

– **El sector privado se encuentra en la actualidad muy desmotivado.**

Afectan a las aguas subterráneas como recurso y gestión directa. Con la particularidad de que no se aportan datos que permitan concluir en una supuesta carestía de algunas aguas subterráneas; carestía que también podría entenderse como relativa frente a otras aguas baratas o excesivamente baratas. Ni análisis de que la incorporación de la PIA haya servido para estabilizar precios, como se

<sup>29</sup>Se echan en falta, en alguna zona en concreto, como la de Anaga Sur –prácticamente desprovista de instrumental de observación–, estaciones completas que registren medidas de las variables climáticas que intervienen en el balance hídrico de superficie.

– La inexistencia de nivómetros en las zonas de cumbres está llevando a posibles infravaloraciones de la recarga debido a la imprecisa medida que se tiene de este meteoro, controlado a través de los pluviómetros tradicionales.

– En las zonas de cumbres donde el viento acompaña con gran fuerza a las precipitaciones sería conveniente, también, disponer de algún aparato medidor de la lluvia que tuviera en cuenta esta circunstancia.

– A nivel social y político, falta cultura y concienciación sobre la problemática del agua.

– Falta de concienciación sobre el uso responsable del agua.

– Escasa disponibilidad de datos sobre la calidad de las aguas a la salida de los depósitos municipales, debido a un deficiente seguimiento municipal, y falta de intercambio de información entre administraciones.

#### 21.8.2 Valoración de los costes del agua

– Los costes de desalación de agua de mar dependen en gran medida de la dimensión de la instalación y de la altitud del punto de consumo

– Aprovechamiento de aguas salinizadas a cotas medias y bajas, comprometido al tener que repercutir en su coste la compra de aguas subterráneas de mala calidad a un precio elevado

– El precio elevado del agua subterránea en el Sur y Suroeste insular puede hacer inviable la desalinización de éstas (EDAS de Aripe y Tamaimo), al no poder competir con las aguas procedentes de la desalación de agua de mar (sin amortización)

– Coste adicional en tratamientos correctores de la mala calidad del agua de riego.

– Imposibilidad de aplicar economías de escala debido a la pequeña dimensión de gran parte de las instalaciones de tratamiento, con el consiguiente incremento de los costes de explotación.

– Los costes de implantación de infraestructuras de saneamiento son importantes debido a la dispersión de la población en el territorio, y a la complejidad que supone en un gran número de viviendas su conexión.

– Incorporación de EDAM y EDAS en aquellos cultivos en que el incremento del coste marginal del agua que supone la introducción de estos nuevos recursos es inferior a los aumentos de rentabilidad agrícola por la mejora de la calidad del agua de riego.

#### 21.8.3 Recuperación de los costes de agua

– El grado de recuperación de costes de los servicios de agua es alto, si bien aún se disfruta de un volumen importante de ayudas

– La no imputación de los costes de amortización en la desalación de agua de mar, y la aplicación de subvenciones a la producción incide notablemente a la baja en el precio del agua producida.

– Incidencia del coste del agua en el cultivo de la platanera, denota la fragilidad de éste ante la competencia con otros usos del agua, y la necesidad de seguir contando con ayudas y protecciones comunitarias para su subsistencia.

– Importante nivel de aguas no facturadas (30% a nivel insular), debido al deficiente estado general de las redes de distribución.

#### 21.8.4 Mercados del agua

– La incorporación del agua desalada en el mercado ha permitido la estabilización de los precios de compra de agua subterránea.

– La reutilización de agua regenerada se encuentra condicionada por el precio de mercado de la zona, así como por sus propios costes de tratamiento y transporte.

– En el Norte y Noroeste de la Isla, los precios de mercado del agua hacen económicamente inviable la reutilización de aguas regeneradas y la desalación de agua de mar, si bien la posibilidad de incorporar ésta sirve de contención de los precios de la zona.

– En el Sur y Suroeste de la Isla, el precio de mercado del agua subterránea hace viable la incorporación de agua regenerada y la desalación de agua de mar hasta los 400 ó 500 m de altitud (sin amortización).

#### Capacidad de gestión

– Las dificultades de orden técnico, administrativo y económico, por parte de los Ayuntamientos en la gestión del servicio de abastecimiento, afectan tanto a la calidad y garantía de suministro como al coste del servicio.

– La situación actual del servicio de saneamiento, pone en evidencia, en general, las dificultades de gestión, técnicas y de financiación para afrontar sus competencias en materia de saneamiento.

– La escasez de recursos económicos de carácter público ha frenado el desarrollo de los sistemas comarcales de producción industrial de agua.

– Solape y descoordinación en el ejercicio de las competencias y atribuciones de las distintas Administraciones.

– Es preciso incrementar el nivel de gestión y coordinación de las entidades y agentes vinculados al agua, y de adaptar y complementar la normativa específica.

– El sector privado se encuentra en la actualidad muy desmotivado

– En general, los Ayuntamientos no han mostrado una clara voluntad financiera para afrontar la implantación y explotación de la infraestructura de saneamiento, debido al escaso interés y capacidad de gestión para habilitar los necesarios instrumentos de financiación.

– La insuficiente capacidad de gestión de las aguas de abastecimiento urbano-turístico está afectando, a la garantía de suministro y a su calidad.

<sup>27</sup>Véase M.I., p. 140, apartados de “Subvenciones los servicios de agua” y “Grado de recuperación de costes”

<sup>28</sup> Así, el **Cabildo Insular de Tenerife** estableció la declaración del **servicio público de riego** a nivel insular y lo presta descentralizadamente mediante un organismo autónomo local, creado ex profeso: **BALTEN**. Como complementos a dicha actividad principal dicha entidad ha incorporado a sus funciones el **almacenamiento** en balsas, la **desalinización** de aguas subterráneas salobres y la **reutilización de aguas regeneradas**.

En su **gestión**, BALTEN adquiere agua en el mercado, aprovecha aguas públicas de escorrentía; deposita agua de terceros en sus balsas; transporta y distribuye agua por conducciones públicas adscritas; mejora la calidad de las aguas, y presta un servicio múltiple y diverso a los regantes finales que se acogen a dicho servicio.

Asimismo, presta también un servicio a los Ayuntamientos para mejorar la calidad de las aguas de abastecimiento y el de reutilización de aguas regeneradas (urbanas residuales convenientemente depuradas) para riego.

Su **régimen económico-financiero** está sujeto a la aprobación por el Cabildo Insular.

El **Consejo Insular de Aguas** participa en la gestión de los sistemas de desalación de agua de mar y en los de **depuración de aguas residuales** mediante convenios específicos con los Ayuntamientos a quienes afecta.

La construcción directa de muchas de **las infraestructuras** con la que se prestan estos servicios públicos, o cuanto menos su financiación, ha sido participada por la Administración del Estado y Gobierno de Canarias, además del propio Cabildo Insular y los Ayuntamientos, en algunos casos con el apoyo de fondos estructurales de la Unión Europea (FEDER). **Salvo la amortización de equipos renovables, estas inversiones no se repercuten en los costes para el usuario**” (M.1., p. 161)

<sup>29</sup>Aguilera Kilnk, F. (2002): “Los mercados de agua en Tenerife”. Colección Nueva Cultura del Agua. Bakeaz. Bilbao. 142 ps.

#### <sup>30</sup>21.8 LIMITACIONES DEL VIGENTE MODELO ECONÓMICO

##### 21.8.1 Conocimiento e información, regulación y medios de control

– Déficit de información sobre el estado de las infraestructuras y gestión de los servicios del agua.

– Escasez de información sobre el estado de las infraestructuras y gestión de los servicios de abastecimiento y riego. Inadecuada preparación del personal.

– En la actualidad coexisten varias redes de observación gestionadas por diferentes estamentos sin ningún tipo de coordinación conjunta.

afirma en varios puntos. En lo que he podido conocer, su única utilidad ha sido la de expulsar algunas aguas de inferior calidad del mercado, desde el punto en que algunos pozos han dejado de elevar. Lo cual es, asimismo, un beneficio. Pero conviene fijarse en que se admite que en buena parte de la Isla los precios de mercado del agua “hacen económicamente inviable la reutilización de aguas regeneradas y la desalación de agua de mar”, de la misma manera que en el Sur insular los precios de las distintas aguas se aproximan siempre que no se incluyan las repercusiones de las amortizaciones de las instalaciones.

Lo que se acaba de decir parece estar ratificado por la realidad. Recientemente, un representante del sector privado de los alumbramientos de aguas manifiesta que los precios que yo vengo denominando “en origen” se mueven

“Dependiendo de la calidad del agua y su distribución, los precios, que están bastante estabilizados según los propietarios, varían entre 0,40 y 0,50 euros el metro cúbico, que equivale a 0,24 euros la pipa. “Ese mismo metro cúbico, según el ayuntamiento, puede costar hasta 2 euros al ciudadano”, asegura Carlos Acevedo, el secretario de la Comunidad<sup>31</sup>.”

El PHIT2014 no proporciona datos para comparar los precios de la PIA con los que se acaban de exponer. Pero no parece que los segundos sean competitivos con los primeros. Por consiguiente, el precio no es, por el momento, indicador que se oponga a la minería del agua. Ni siquiera internalizando costes ambientales o cualesquiera otros conocidos.

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el **control de precios del agua** al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado?. ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.

2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una **limitación al desarrollo** o son otros los reales limitantes actuales?. ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.

2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la **adquisición de agua** ofertada por un sistema público o privado?.

2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el **coste real** del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.

2.2.6. ¿Qué **precio/costes** del agua se aplican?. ¿Bajo qué condiciones?.

## 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los **impactos ambientales**?. ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.

2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.

2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

3.1.1. ¿Cuál es el **beneficio social** obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.

3.1.2. ¿Hay **proteccionismo** en la producción y **subvenciones** en relación con la minería del agua?. ¿Qué papel juega?.

3.1.3. ¿Qué reacción social existe en cuanto a los problemas **ambientales** ocasionados?. ¿Són estos conocidos o reconocidos?.

3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en **cambios** en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?.

3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre **generaciones futuras**?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?.

## 4. Cuestiones legales y administrativas (aportación posterior)

### 4.1. Aspectos jurídicos

4.1.3. ¿Deben ser los instrumentos jurídico-administrativos más **restrictivos** en cuanto al papel y actuación de los explotadores o por el contrario deben favorecer la **libre competencia** en un marco regulado? ¿Existe esa regulación? ¿Quién es o debería ser el regulador?.

<sup>31</sup>“Las entrañas de la mayor galería”. Diario “La Opinión de Tenerife”, 23/3/2014, ps. 18-19.

Con el paso del tiempo, la Administración canaria, en cuanto a la isla de Tenerife, se ha tornado más intervencionista y restrictiva. No hay sino que comparar los dos planes hidrológicos: el de 1997 y el que ahora está a punto de aprobación provisional (2014). En 1987, AHL decía que “Planificar la explotación de nuestros acuíferos no debe consistir solamente en el establecimiento de normas relativas a los caudales globales que se pueden extraer de ellos o a generalidades de este tipo; es imprescindible precisar cómo ha de verificarse esa extracción, con qué obras, bajo qué programas de construcción y de explotación.

De otro modo, el avance con respecto a la situación actual será bien escaso<sup>32</sup>. Pues bien: en 1997, y más aún en el presente, se ha planeado y se recurre solo a lo primero y se huye del detalle que recomendaba AHL. En la actualidad, el control sobre los acuíferos se apoya en los nuevos conceptos del estado de las masas de agua o de afecciones medioambientales, faltos de justificación cuantitativa o con una sustentación científica débil las primeras; y con el recurso a supuestas exigencias externas (europeas) las segundas. A modo de ejemplo: se pretende que las administraciones determinen unas dotaciones de riego a efectos de gestión y control, como resultado de estudios realizados sobre la materia y sus futuras revisiones.

Y se busca obligar a los regantes a “contabilizar su consumo de agua y facilitar las cifras correspondientes al CIATF si éste las requiere”

Otra muestra: se afirma (“a contrario sensu”) falta de transparencia del mercado de agua y situaciones de monopolio real o encubierto y para corregirlo se limitan las cuotas de mercado, en posible intervención incorrectamente materia de libertad de competencia<sup>34</sup> [LP].

<sup>32</sup>Hoyos-Limón Gil, A. [agosto 1987]. “Bases para el establecimiento de una política de aguas para Canarias. Segunda parte: ideas para una reforma del sistema”. Colegio de ICCP. Demarcación de Santa Cruz de Tenerife.

**Art. 442º. Dotaciones de riego (NAD)**

1. Las dotaciones unitarias de riego mensual, tanto teóricas como las realmente empleadas, se obtendrán para distintos tipos de uso y cultivos, teniendo en cuenta las características propias de las explotaciones, de los sistemas de riego y de las eficiencias de aplicación, así como de los factores agroclimáticos dependientes de la localización y altitud de las áreas regadas.
2. A efectos de planificación, gestión y control se tendrán en consideración las dotaciones de riego que determinen las Administraciones con competencia en formación y asesoramiento de regantes, como resultado de los estudios realizados sobre esta materia y de sus futuras revisiones.

**Art. 443º. Consumo de agua para riego (NAD)**

1. En relación con el consumo de agua para riego: Los regantes tienen la obligación de contabilizar su consumo de agua y facilitar las cifras correspondientes al CIATF si éste las requiere. El consumo de agua para regadío deberá proveerse a través redes de distribución independientes del abastecimiento urbano. No se subvencionará la adquisición de agua ni los gastos de explotación.

**Art. 129º. Principios generales del sistema de asignación (NAD)**

1. El Consejo Insular de Aguas fomentará la transparencia del mercado del agua y evitará las situaciones de monopolio real o encubierto
2. El Consejo Insular de Aguas fomentará todas las actividades destinadas a disminuir el consumo de agua a través de subvenciones a la investigación y a las inversiones que tengan este destino. En ningún caso el Consejo subvencionará gastos de explotación.
3. La experiencia demuestra que las mejores políticas para disminuir el consumo de agua son las que combinan medidas tarifarias, normativas y educativas. El Consejo Insular tendrá en cuenta estos tres aspectos en su actuación.
4. El Consejo Insular de Aguas fomentará que el precio del agua sea suficiente para cubrir por completo la amortización de la inversión y los gastos de explotación, mantenimiento y reposición de las instalaciones necesarias para el servicio.
5. El Consejo Insular de Aguas no utilizará la política hidráulica para la corrección de desequilibrios sociales a menos que, por razones de política general así se le asigne explícitamente por el Cabildo Insular o el Gobierno de Canarias. Lo contrario conduce a encubrir los costes reales de la política social y, en muchos casos, a desvirtuar sus planteamientos básicos.

**Art. 471º. Transparencia y competencia en el mercado del agua (NAD)**

1. Los agentes participes en la oferta y/o la demanda de agua que ostentasen una cuota de mercado acumulada en el año natural anterior, en términos volumétricos, igual o superior al diez por ciento (10%) comarcal y/o al cinco por ciento (5%) insular, tendrán la obligación de declarar su función y censarse en el CIATF, en los términos de ordenanza específica a dictar por el CIATF.
2. Las cuotas máximas de concentración en el mercado se establecen inicialmente en un 34% en cada comarca y/o un 15% a nivel insular. Estos valores podrán ser reajustados mediante ordenanza específica del CIATF.

3. A efectos de cálculo de la cuota de mercado habrá de tenerse en cuenta:

- a. En el caso de personas físicas, la cuota se calculará como la suma de los volúmenes que le correspondan en función de su participación individual y/o como el producto del volumen total gestionado por las empresas en las que ostente intereses por su porcentaje de participación en el capital social de las mismas.
- b. En el caso de personas jurídicas, deberá contabilizarse tanto los volúmenes gestionados directamente por ésta, como el porcentaje que le correspondan del que gestionen otras entidades participadas por ésta en función de su representación en el capital social de las mismas.
- c. En ambos casos, a falta de una evaluación más precisa del volumen de mercado, podrá realizarse el cálculo de la cuota de mercado en función de los volúmenes totales disponibles de agua subterránea privada, en la comarca o en la Isla.
4. La declaración e inscripción, así como la información asociada, requerida en este artículo tendrá la consideración de “datos exigibles y requeridos por la Administración hidráulica”. Su ocultación o no remisión al CIATF constituirá, por tanto, y de acuerdo con el artículo 6 del Decreto 276/1993, de 8 de octubre, de Reglamento sancionador en materia de aguas, una infracción grave.



## Questionario MASE. Respuestas

Q-29

<b>Autoría</b>	Juan Carlos Rubio Campos, Dr. en Geología Instituto Geológico y Minero de España, Jefe Oficina de Granada		<b>Siglas</b> JCR
<b>Contenido</b>	<b>Área</b> Andalucía oriental	<b>Lugar</b> Levante español	<b>Cuestiones</b> 1.1; 1.2; 1.3; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.1. Situación de minería del agua subterránea

#### 1.1.1. ¿Existe realmente minería del agua subterránea?. Valorarlo.

Si, si entendemos por minería del agua la explotación de reservas; si bien, a diferencia con la minería tradicional, normalmente las reservas referidas al agua subterránea pueden recuperarse, una vez se produce la parada en la explotación. Las excepciones se deben relacionar con la intrusión marina o con la presencia de aguas salinas profundas, que llega a inhabilitar por problemas de calidad el posible uso futuro de las aguas subterráneas del acuífero asociado.

Este es uno de los conceptos que generan más controversia. En el caso de la minería clásica, las reservas sólo pueden utilizarse una vez. Así el término minería del agua para los profanos en hidrogeología, podría llegar a entenderse como el agotamiento de reservas, que una vez utilizadas no podrían reponerse, tema que da lugar a equívocos por una gran parte de la sociedad. Muchos acuíferos cuyo coste de explotación se ha ido incrementando con el tiempo debido al descenso de niveles una vez rebajada la presión de explotación sobre los mismos, han recuperado reservas con toda facilidad, normalmente en menos de 5–10 años. Así, es preciso hacer hincapié en la necesidad de distinguir entre consumo sostenido de reservas–sustentabilidad a medio plazo (la situación habitual) y un aprovechamiento minero, tal como el gran público lo entiende.

#### 1.1.2. ¿Que acuíferos sufren explotación minería del agua subterránea?.

Nuestra experiencia nos indica que casi no se puede hablar de minería del agua, salvo en casos muy excepcionales, si por minería del agua se entiende que, en su caso, se

requiera al menos una generación humana para que, tras el cese de extracciones, se recupere el acuífero.

En los casos más conocidos en la Demarcación del Guadalquivir, no se puede hablar en ningún caso de minería del agua subterránea. Normalmente se reconocen masas en mal estado cuantitativo o en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales e inclusive se habla de sobreexplotación para masas de agua subterránea que presentan descensos de niveles que en todo caso, a la larga, tienden a una situación de estabilización, acorde con una nueva situación de extracciones (incremento de bombeos). Se relacionan erróneamente estos descensos con situaciones de insostenibilidad que conducen a situaciones de alarma innecesaria lo que en realidad son adaptaciones de niveles acorde con nuevas situaciones de incremento de la explotación.

En otros casos, se señala el riesgo de no cumplir objetivos medioambientales o el mal estado de la masa, por descensos localizados o reducción de caudales de descarga, en algunos sectores que no representan a la totalidad de la masa de agua subterránea, penalizando “en rojo” al conjunto de toda la masa de agua.

En los casos más renombrados en nuestro sector, no se puede hablar de minería del agua, a pesar de que algunas masas de agua han sido objeto de grandes disputas sociales (Loma de Úbeda, Bédmar–Jódar, Mancha Real–Pegalajar, etc).

Para el caso de la Loma de Úbeda, se cree que una vez llevado a efecto el hipotético cese del bombeo, se recuperaría en unos 4 años; para el caso de Bédmar–Jódar en unos 8 años y para el caso de Mancha Real, nunca se han explotado más recursos de los renovables.

#### 1.1.3. ¿Que peso tiene la minería del agua en la disponibilidad adjunta de recursos de agua?.

Lo que se entiende, en casos muy excepcionales, como minería del agua y en casos mal llamados como minería del

agua que en definitiva se debe entender como un uso sostenible de reservas de forma temporal, ha tenido un peso considerable en el desarrollo económico y social de grandes Comarcas geográficas o sectores de interés (turístico, agrícola, industrial, etc). Sirva de ejemplo el gran desarrollo del cultivo del olivar por riego en la Provincia de Jaén.

En muchos casos ha supuesto el inicio del desarrollo de multitud de poblaciones que, una vez elevada su renta per cápita, se pueden permitir relajar la presión de bombeo y asumir unos costes energéticos y de infraestructuras de transporte y bombeo, que día a día se van incrementando, con independencia de necesarios descensos en los niveles de explotación que un uso sostenible en el futuro, obligaría para algunas masas de agua.

Creemos que sin la explotación intensiva temporal de las masas de agua subterránea, estas Comarcas no hubieran alcanzado nunca el desarrollo que hoy día presentan ni la sociedad disfrutaría de las prestaciones que tiene en la actualidad.

#### 1.1.4. ¿Cual ha sido la evolución del **papel del agua subterránea** en el contexto de la disponibilidad de recursos de agua, en cantidad y calidad?.

La evolución del papel del agua subterránea en el contexto de la disponibilidad de recursos.

En muchos sectores su explotación se ha iniciado lentamente, inicios de los años noventa, incrementado hasta superar los recursos renovables las explotaciones durante una decena de años, es estable en la actualidad, aproximando las explotaciones a los recursos renovables desde inicios del año 2000 a la actualidad, y está previsto un uso sostenible hasta el horizonte de los próximos 10 años (2024).

El papel del agua subterránea ha sido el motor de desarrollo económico y social de los 25 años anteriores y está previsto lo siga siendo la próxima veintena de años.

La calidad no ha sufrido en ningún caso conocido un proceso que pudiera considerarse irreversible y de haber sufrido deterioro son casos contados relacionados con la intrusión marina en la Demarcación Mediterránea.

#### 1.1.5. ¿Si cesara la explotación, cuales son los **tiempos** previsible de **recuperación** del acuífero, tanto en cantidad como en calidad como en sus funciones ecológicas, y a que nivel y con qué circunstancias?. Comentarlo.

De cesar la explotación, los tiempos previsible de recuperación de las reservas estarían comprendidas entre 3 y 8 años en los casos conocidos más desfavorables. No existen situaciones de pérdida de calidad ni impactos ecológicos de relevancia.

En todo caso, las funciones ecológicas de caudales mínimos con funcionamiento en régimen natural se recuperarían al tiempo que se recuperaran las reservas.

#### 1.1.6. ¿Que grado de **incertidumbre** tienen los datos de recarga, extracciones y evolución?. ¿Cómo afecta a las conceptualizaciones y evaluaciones?.

Presentan un grado de incertidumbre importante. Si bien en gran parte de las masas de agua subterránea los datos sobre recarga y extracciones son insuficientes (errores estimados del 40%), en el caso de masas de agua con problemas, el mayor esfuerzo de inversiones ha permitido una mejora del conocimiento sustancial y permite rebajar notablemente el margen de error al 20-30% estimado.

Sobre cómo afecta a las evaluaciones, es imposible predecir si la estimación de años, en que tras el cese de las extracciones, la masa de agua recuperaría las reservas, es por defecto o por exceso. La incertidumbre se ha considerado semejante, si comparamos la evolución de las extracciones, frente a la evolución de la recarga natural. No se tiene conocimiento suficiente, ni del control de extracciones reales, ni de la estimación de la recarga natural.

En muchos casos se infravaloran las entradas naturales, pues se comparan las extracciones por concesiones de agua, con las entradas naturales de agua, rebajando sustancialmente estas entradas, al no tener en cuenta las extracciones ilegales que en algunos casos ven incrementada la explotación en un 40-50%.

Para un régimen de concesiones concreto, en algunos casos se observan descensos que llevan a declarar la masa en mal estado, lo que impide, que puedan legalizarse multitud de aprovechamientos no regularizados al creer el gestor que se ha alcanzado ya el régimen de concesiones máximo admisible.

En definitiva, hay masas de agua que podrían sostener más concesiones de agua subterránea, en ellas se impide incrementar concesiones por haberse detectado descensos, en muchos casos, localizados en sectores no representativos de la masa. Erróneamente son declaradas en mal estado, pero soportan una explotación muy superior a las concesiones ya otorgadas.

#### 1.1.7. ¿Es el grado de conocimiento tiene **adecuado para conocer y evaluar el problema existente**?. ¿Qué hacer con las deficiencias de conocimiento?.

El grado de conocimiento en todas las masas de agua subterránea donde se presentan problemas de mal estado o riesgo de no cumplir objetivos medioambientales por la cantidad o calidad, se considera insuficiente, no digamos en el caso de una verdadera minería del agua. En muchos casos es adecuado para el establecimiento de medidas iniciales de gestión; si bien se considera imprescindible la mejora del conocimiento de muchos aspectos para garan-

tizar un uso sostenible en el futuro. La inversión en la mejora del conocimiento hidrogeológico de las masas de agua subterráneas ha sido inadecuada en la última treintena de años. De ahí la situación actual de falta de conocimiento que permita una gestión adecuada, acorde con el mandato de la Directiva Marco. Es necesario un esfuerzo en investigación de las masas de agua subterránea que permita a los gestores del Dominio Público Hidráulico afrontar de una forma eficiente los retos del siglo XXI, la conservación de los ecosistemas acuáticos, la satisfacción de las demandas y la incidencia en la disponibilidad de recursos en cantidad y calidad derivada de las previsiones realizadas en los modelos de cambio climático. En el marco del Programa de actualización del inventario hidrogeológico PAIH (1996) (IGME – Dirección General de Obras Hidráulicas del MIMAM) se concretó un programa de actuaciones e inversiones, apenas abordado hasta la fecha.

Una actualización del programa de actuaciones e inversiones permitiría abordar satisfactoriamente los retos en el futuro.

Para el caso de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir este Programa, actualizado a fecha del 2013 abarca una inversión prevista de unos 20 millones de euros. Se entiende adecuada una actualización del programa de actuaciones en las diferentes Demarcaciones Hidrográfica acorde con el conocimiento actual.

#### 1.1.8. ¿Cuál es y cómo ha evolucionado el destino del agua subterránea (urbano, turístico, riego)?

La mayor presión sobre las aguas subterráneas depende de la masa de agua subterránea analizada, pero viene relacionada con el regadío para zonas interiores y con el uso urbano-turístico para zonas costeras. En algunos casos como en el Levante Español, se combinan ambas demandas; si bien prima la del consumo por agricultura frente al abastecimiento urbano y el turismo.

## 1.2. Calidad del agua subterránea

### 1.2.1. ¿Qué problemas de calidad se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?

Si exceptuamos problemas de intrusión, en acuíferos costeros, los únicos problemas de calidad derivados de la explotación intensiva conocidos en nuestro sector (C. Alta del Guadalquivir y Demarcación Mediterránea) son los relacionados, en ocasiones, con el aprovechamiento de agua en sondeos profundos que captan aguas de peor calidad por lavado de sulfatos por presencia de formaciones del Trías.

### 1.2.2. ¿Además de problemas de salinidad, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea? Comentarlos.

Ninguno.

### 1.2.3. ¿Qué efectos tienen los problemas de calidad del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?

El aprovechamiento de aguas profundas pudiera no ser apto para su aprovechamiento ni en agricultura, ni en uso urbano e industrial.

### 1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala calidad del agua subterránea, si es ese el caso?

La realización de sondeos más superficiales en otro sector, cuya mezcla de aguas o uso individual proporcione calidad suficiente.

## 1.3. Aspectos ambientales

### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas? ¿Se puede estimar? ¿Es conocido?

Las consecuencias ambientales no han sido suficientemente previstas ni evaluadas. En el caso de nuestro conocimiento personal no han tenido relevancia significativa pero es fundamental mejorar el conocimiento para prevenir situaciones indeseables en el futuro.

### 1.3.2. ¿Si hay daños ambientales, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?

De existir años ambientales, se cree posible su recuperación, salvo excepciones. La comunidad piscícola y de macroinvertebrados acuáticos puede extenderse de unos tramos de cauce a otros, siempre y cuando sobrevivan en algunos tramos del cauce asociado a los drenajes naturales, de la masa de agua subterránea. En el caso de los macroinvertebrados tipo frígnea, tricópteros, odonatos, pérlidos, etc su incorporación y recuperación es muy rápida, una vez recuperadas las condiciones naturales.

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?

Si, en casos extremos se han llegado a producir impactos temporales sobre la conservación de la vegetación de ribera como consecuencia de garantizar los abastecimientos urbanos.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

#### 4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados? ¿Cómo se manejan?

No conocemos casos en que los derechos de agua privados creen dificultades prácticas en relación con el uso intensivo o la minería del agua pues representan un porcentaje global muy pequeño de la explotación.

4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?.

No conocemos actuaciones por parte de la administración que traten este aspecto concreto, aparte de los recogidos en los Planes Hidrológicos de las Demarcaciones Hidrográficas que han prestado un especial énfasis en el Programa de medidas para las masas de agua subterráneas en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales, con prórrogas para los horizontes 2021 y 2027, así como en la conservación de los caudales ecológicos mínimos.

No obstante, se considera imprescindible hacer un esfuerzo adicional que aborde adecuadamente el problema del uso sostenible de las masas de agua subterránea, partiendo de una mejora sustancial del conocimiento a partir de la investigación tomando como partida el Programa PAIH ya mencionado (Programa de Actualización del Inventario hidrogeológico).

4.2.3. ¿Qué se hace de para **salvaguardar los beneficios** obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.

Para evitar situaciones límite, la Administración intenta no llegar a estos extremos planificando actuaciones pero que en muchos casos llegan tarde y se toman sin el conocimiento suficiente. Así es preciso predecir con más tiempo y establecer medidas de control que impidan llegar a situaciones límite. Una manera de garantizar el mantenimiento sostenido en el tiempo de los beneficios es establecer las pautas para un uso sostenible de las masas de agua subterránea con problemas.

4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para **reconducir** la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con qué apoyos?.

La administración del agua tiene voluntad para reconducir, en los casos que exista, la minería del agua subterránea; si bien necesita la orientación y el apoyo de la comunidad técnica e investigadora así como tomar conciencia de la importancia del problema, extrayendo de la explotación intensiva los aspectos positivos, asimilando los acuíferos como unos “embalses repletos de oportunidades” para el desarrollo futuro de grandes áreas, como garantía de la disponibilidad de recursos de agua ante situaciones de sequía, mejora de la regulación de las Cuencas y ante el cambio climático que nos amenaza.

4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la **gobernanza** del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.

Debería incentivarse la gobernanza hacia abajo en periodos sin tensión y hacia arriba en periodos críticos. El autocontrol, a partir de la constitución de comunidades de usuarios serviría para impedir un uso no sostenible.

4.2.11. ¿Qué papel juegan las **asociaciones de usuarios** de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.

La constitución de asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general es una de las piezas claves para la buena gobernanza del agua. Creemos imprescindible fomentar su constitución en muchas masas de agua subterránea y no sólo en los casos de la existencia de masas de agua con riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales por riesgo cuantitativo o cualitativo. La constitución de Comunidades de usuarios facilitaría el autocontrol en el uso sostenible de los recursos, facilitaría el reconocimiento social de los recursos como limitados y el control de captaciones irregulares.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-30

<b>Autoría</b>	José M <sup>a</sup> Santafé Martínez, Dr. Ing. CCP Ex-funcionario de la Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Medio Ambiente Departamento de Hidráulica, Universitat Politècnica de València		<b>Siglas</b> JMSF
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	General	Levante español	1.2; 2.1; 3.1; 4.2
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.2. Calidad del agua subterránea

**1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?.**

En una situación de minería de agua, no pueden disociarse los problemas de calidad de los de tipo cuantitativo. Todo se encuentra asociado, incluso en las fases iniciales. Los problemas son: pérdida de productividad, descensos freáticos, salinización.

La solución es realizar una explotación sostenible en línea con lo previsto en la DMA para el estado de las masas de agua subterránea. Pero como eso no se va a hacer sino que se ha optado por una explotación minera (es decir, no sostenible) la solución básica es estructural reordenando espacialmente las extracciones, evitando las extracciones próximas a los bordes y operando el conjunto como un todo evitando descensos excesivos. Simplificando, utilizar el modelo de embalse y toma única.

En cualquier caso esa solución sólo es válida para el medio plazo (medido en tiempo de agotamiento del volumen de reservas y recarga anual). En fases ya avanzadas habría que adaptar los usos a las nuevas condiciones de calidad del agua (reordenación de usos) o recurrir a aportes externos bien recarga artificial o trasvases (harto problemático)

**1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?. Comentarlos.**

Queda contestado en el ítem anterior.

**1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de calidad del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?.**

Un primer efecto es que sería necesario adaptar los usos a la calidad existente. Si eso no es posible habría que recon-

vertir los usos lo que, bajo la hipótesis de una explotación minera, no siempre va a ser posible porque los nuevos usos probablemente no generen el valor añadido necesario para justificar la explotación aunque pueden darse dos excepciones. Primero, que se esté trabajado con instalaciones totalmente amortizadas y el valor generado sea suficiente para cubrir el beneficio y los costes de mantenimiento, con lo que se puede ir tirando.

La segunda excepción es más peligrosa: el chantaje social. Es decir el mantenimiento de la explotación solo se justifica por la necesidad de mantener el empleo directo generado. Si la economía no se ha diversificado debería resolverse por el cierre de la explotación ya que no ha sido capaz de generar actividad económica distinta de la de la propia explotación. Si la economía se ha diversificado, poténciese esa actividad (tomar ejemplo de la reconversión industrial de los 70–80).

**1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala calidad del agua subterránea, si es ese el caso?.**

La explotación minera del agua no implica necesariamente una mala calidad del agua (al menos hasta los instantes finales de la explotación) aunque suele ser una consecuencia casi inevitable, sobre todo si no se realiza una explotación cuidada del acuífero.

Una forma de mejorar la calidad del agua suele ser mejorar las condiciones de recarga bien a través de inundaciones superficiales o por inyecciones profundas. En ambos casos el factor limitante suele ser el disponer de agua en cantidad y calidad suficiente y de manera permanente (aunque en esta hipótesis ¿Por qué no utilizar el excedente a recargar de manera directa?).

En el caso de acuíferos costeros, cuya problemática es otra, puede mejorarse la calidad del agua mediante pantallas de inyecciones que establezcan la posición de la cuña salina. En este caso podría contarse con agua residual re-

generada cuyos máximos de producción vienen a coincidir con los máximos consumos en el acuífero.

Finalmente, si no es posible mejorar la calidad del recurso in situ no habría más remedio que ir a procesos de depuración o desalobración. Pero la aplicación de este procedimiento induce mayores costos que pueden no ser soportables por los usos existentes.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.1. Papel de la minería del agua subterránea en el desarrollo económico

**2.1.1. ¿Ha sido el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas un factor de progreso económico y bienestar? ¿Es sustentable?**

La pregunta está formulada de manera equívoca pues se utilizan como conceptos equivalentes “minería del agua” y “desarrollo intensivo”. Ciñéndonos al primer concepto como toda explotación minera tiene una primera fase de auge en que la explotación produce beneficios extraordinarios (en el concepto microeconómico del término) y contribuye al progreso y bienestar para posteriormente pasar a una situación de costes marginales crecientes y, por tanto, a la disminución del bienestar.

Si no se adoptan acciones intermedias de carácter estructural (no técnicas), el proceso no solo no es sustentable sino directamente es inviable a plazo determinado.

Cuales serían esas acciones. Bien la reinversión de los beneficios extraordinarios (no así de los ordinarios) para crear una diversificación del tejido productivo con actividades no ligadas al agua (o al menos no ligadas a un uso intensivo de la misma) o para inversión en I+D+i para ser menos dependientes del agua. En ambos casos implica una moderación en el uso del agua por lo que no deben ser empleados los ahorros generados en ampliación de los usos.

Los acuíferos almerienses pueden ser ejemplo –no perfecto– de la aplicación de este tipo de actuaciones. No puede decirse lo mismo de los del Valle del Vinalopó, en donde no se han adoptado medidas enérgicas para revertir la situación sino que se aboga permanentemente por unas aportaciones externas que no llegan (las razones de este caso son fundamentalmente políticas y su análisis excede el objetivo de este cuestionario).

En el caso de la minería del agua deberíamos a mi juicio incluir también (lo que no hace el proponente) los acuíferos de la Mancha Oriental y Occidental. El que se haya llegado a una situación de equilibrio, sin desembocar en explotación minera, se debe al hecho de que se trata de acuíferos con grandes reservas que han permitido dilatar en el tiempo

po los efectos de la minería en la propia zona de uso (por mas que son evidentes los efectos adversos especialmente en el medio ambiente).

**2.1.2. ¿Puede la falta de disponibilidad de agua o su elevado coste/precio (incluyendo el coste asociado a la obtención de una calidad adecuada al uso) estrangular el desarrollo y sustentabilidad económica de la actividad desarrollada?**

El problema de la minería del agua –al menos en España y en los casos que conozco– es que nunca se ha planteado como tal sino que generalmente ha resultado ser una situación sobrevenida, en parte porque las barreras de entrada a los usos del agua, tanto económicos como técnicos y administrativos, han sido mínimas. La minería del agua no ha sido efecto de una actitud planificada y consciente sino fruto de acciones individuales descoordinadas.

La cuestión reside en cómo resolver los problemas de estrangulamiento. La opción liberal es dejar que las cosas evolucionen por si mismas, incluso hasta su desaparición (La situación no es nueva hay ejemplos recientes en sectores mineros tradicionales, industriales. Casi nunca agrícolas: materia de reflexión).

Sin embargo, la opción elegida suele ser la intervención del sector público para la solución del problema, solución que resulta ser el mantenimiento de las explotaciones asociadas es decir, la socialización de las pérdidas mediante actuaciones que van desde la subvención a la explotación o la aportación externa de agua las que si no se adoptan medidas de racionalización de los usos, solo contribuirán a cebar el problema.

**2.1.3. ¿Habiendo sido anteriormente el agua subterránea un impulsor del desarrollo económico, como base o como complemento, lo sigue siendo actualmente o lo va a seguir siendo?.**

En relación con la primera parte de la cuestión cabría cuestionarse el concepto de desarrollo que se considere. Si solo se plantea en términos de balance económico, éste es más que cuestionable a largo plazo (de hecho es lo que parece tener en mente el redactor al plantear la cuestión).

En ese punto de rendimientos marginales decrecientes derivados de la explotación del agua no parece lógico basar el crecimiento en el mantenimiento, siquiera parcial, de la explotación salvo en tasas que permitan la recuperación de la masa de agua subterránea afectada en un tiempo razonable (¿tres periodos de programas de medidas?).

En cualquier caso no parece probable que en España se produzcan situaciones de explotación minera del agua salvo en el área de Murcia. Sería deseable que las situaciones actuales y las futuras que pudieran seguir produciéndose fueran reconducidas a situaciones de buen estado mediante un manejo temporal adecuado del sistema de excepciones.

2.1.4. ¿Cuál es el **balance económico** importante de la explotación intensiva de acuíferos y la minería del agua subterránea?. ¿Cómo ha evolucionado y cómo se espera que se solucione?.

Desde una óptica meramente económica se ha creado riqueza. Sin embargo cabe hacerse algunas preguntas que afectan a la internalización de todos los costes, en el coste de oportunidad de los recursos (económicos) utilizados en estas políticas frente a otras políticas alternativas y, finalmente, en la sostenibilidad del modelo físico.

En este último caso, el balance creo que es negativo. Respecto a las dos primeras cuestiones no puede generalizarse aunque las tendencias apuntan a un balance económico negativo.

Tanto las tensiones ambientales como las referidas al coste del recurso van en la línea de reducir (e incluso, revertir) los beneficios derivados de la sobreexplotación o explotación intensiva. En la medida en que pueda generarse un problema social de una cierta importancia o exista una presión de los “señores del agua” el problema tenderá a solucionarse bien vía subvenciones, bien vía transferencia de recursos.

A mi juicio, si las explotaciones no son viables (y no lo son), las soluciones deberían pasar por una reconversión del regadío (en línea con la reconversión industrial de los 80) o una asunción de los costes de explotación directamente por parte de los usuarios del agua.

2.1.5. ¿Se ha considerado el **valor del agua** y del acuífero en el balance económico?. ¿Cómo se podría hacer?.

La minería de agua es la explotación exhaustiva de un bien público en beneficio privado. Para que tenga sentido económico debe maximizarse el beneficio, lo que implica no tener en consideración más que los costes, no el valor global del bien.

En los casos de explotación minera solo se ha considerado el coste económico del agua sin otras consideraciones como sus costes ambientales, las afecciones a terceros o los costes del recurso, aplicando las categorías de la DMA. Tampoco se tiene en cuenta su valor como activo social (dejando aparte los beneficios económicos pero no la distribución de los mismos).

La inclusión de estos daría con toda probabilidad un balance negativo lo que tendría repercusión en la toma futura de decisiones.

2.1.6. ¿Qué papel juegan las **subvenciones** directas o indirectas se están aplicando?. ¿Cuál es su conveniencia y efecto?.

De alguna forma está contestado en el ítem 2.1.4.

Abundando en el tema toda subvención distorsiona la

competencia y, además no tiene en cuenta otros tipos de problemas –el más importante la contaminación de origen agrario– ligados a la explotación y que se agudizan en casos como la sobreexplotación o explotación exhaustiva.

Puede pensarse que las subvenciones directas a la explotación, es decir al producto, podrían ser admisibles. Nunca lo deben de ser aquellas que subvencionen al agua (precios bajos, tarifas energéticas preferentes). Estas subvenciones deben proceder de los propios sectores que las condicionan pero nunca de los presupuestos destinados al sector agua.

2.1.7. ¿Se considera el **valor económico** de la reservas de agua consumidas en el cómputo del agua virtual que se exporta?. ¿Es importante?. ¿Cómo se puede tener en cuenta?.

En mi opinión, no. Cualquier explotación que utilice agua y con mayor razón aquellas tipo minería o intensiva, lo que persiguen es la maximización de beneficios a partir de la posesión de un bien (público). No tiene, a nivel individual, ningún incentivo a renunciar a estos beneficios por un potencial ahorro de agua en el conjunto del país (se trata de un nivel de discusión muy similar al que se produjo en los 90 derivado de la reversión pública de los ahorros producidos por la mejora de regadíos).

## 3. Cuestiones sociales y éticas

### 3.1. Cuestiones generales en situación de escasez de agua

3.1.1. ¿Cuál es el **beneficio social** obtenido?. ¿Cómo se aplica y distribuye?.

El impacto social (no se puede afirmar a priori que sea un beneficio) producido por la minería del agua sería la creación de una base para la mejora de la estructura socioeconómica de la comarca o región afectada. En principio esto puede significar una mejora a corto o medio plazo pero a largo plazo, si no se ha producido una transformación de la estructura económica que diversifique las fuentes de producción, el sistema es insostenible.

La aplicación del potencial beneficio depende mucho de la estructura de la propiedad y de la forma de acceso al agua aunque en general puede afirmarse que son los grupos dominantes quienes se apropiarán de la mayor parte del beneficio (mayor en el caso de aguas privadas) y ello, al menos por tres razones: mayor facilidad de acceso a las decisiones administrativas y de regulación, mayor capacidad financiera para poner en marcha las explotaciones y, finalmente, mejores condiciones para la colocación del producto obtenido (sea producción agrícola o suministro a hogares).

3.1.2. ¿Hay **proteccionismo** en la producción y **subvenciones** en relación con la minería del agua?. ¿Qué papel

juega?.

Es evidente que existe proteccionismo en la producción aunque en algunos ejemplos recientes ese proteccionismo no es, o al menos no lo es completamente, de naturaleza económica sino política. Se ha alentado la explotación de acuíferos más allá de sus tasas de recarga media (aunque sin ser una minería en el sentido técnico del término) por medidas de desarrollo regional como solución más fácil.

Las subvenciones han contribuido a mantener explotaciones más allá de lo que podía ser justificable económicamente. La subvención afecta a todo tipo de explotación agrícola pero es más difícilmente justificable en los casos en que la producción se encuentre basada en una explotación minera de los recursos hídricos por cuanto se está fomentando la generación de externalidades negativas.

**3.1.3. ¿Qué reacción social existe en cuanto a los problemas ambientales ocasionados?. ¿Són estos conocidos o reconocidos?.**

En general la reacción social respecto a los problemas ambientales es muy débil tanto en los casos de minería de agua como en los de sobreexplotación intensa. Las razones hay que encontrarlas en que no suelen ser evidentes a corto plazo y a que en ese periodo las ventajas del uso del agua subterránea son tan evidentes que los costes ambientales suelen ser asumidos socialmente.

Esto es válido en el caso en que los costes ambientales sean reconocidos aunque, en esa situación del corto plazo, lo más normal es que no sean reconocidos y por tanto se ignoren.

A más largo plazo habría que distinguir entre las situaciones de sobreexplotación intensa (caso de los acuíferos manchegos) de las de la minería en sentido estricto. En este segundo caso, sencillamente tienden a ignorarse sin adoptar medidas correctoras o transfiriendo los costes de la corrección (que podría llevar aparejada la necesidad de nuevas fuentes de suministro o coste similar al del agua utilizada) al Sector Público. En los casos de sobreexplotación intensa, la obtención de una posición de equilibrio limita los costes ambientales ¿pero este límite puede ser aceptable socialmente sobre todo en el caso de afecciones a terceros?.

**3.1.4. ¿Hay conflictos sociales debidos a la escasez y costes crecientes que se traduzcan en cambios en el modo de vida, producción, medio ambiente, percepciones y actuaciones políticas ante la posible percepción de los problemas existentes?. ¿Es esa percepción correcta o sesgada?. ¿Juega algún papel la Sociedad Civil?.**

Antes de contestar a la cuestión habría que hacer una precisión respecto a la significación del concepto “escasez” aplicado a la minería del agua. La adopción de la minería lleva aparejada una situación de escasez creciente (o de limitación por criterios económicos).

Por lo tanto, los cambios que se pudieran producir son cambios previstos y por tanto, la sociedad afectada debe ser conocedora de los riesgos a los que se va a enfrentar. Lo que ocurre es que si existe esa situación planificada no se suele hacer explícita o, lo que es peor, no se es consciente de los riesgos en los que se va a incurrir. Y en ese sentido podríamos hablar de una solución torcida (no sesgada).

La solución suele ser un chantaje a los poderes públicos para que resuelvan la situación so pena de un estallido social. Una vez más, el paralelismo con la reconversión industrial de los 90 es evidente. La Sociedad Civil (¿Qué es la Sociedad Civil sino grupos con intereses propios?) suele ser a la vez víctima de la situación e instrumento para la defensa de los intereses privados de los grupos usuarios. Un ejemplo claro, es la agrupación de intereses de empresarios agrícolas e inmobiliarios, apoyándose (o incitando) en un cierto sentimiento colectivo de propiedad del agua, en la explotación de los acuíferos del Vinalopó. Un caso similar podría plantearse en el acuífero de la Mancha Oriental.

**3.1.5. ¿Qué problemática ética y moral se plantea en dirigentes, representantes de la Sociedad y población en lo referente al agotamiento/empeoramiento de los recursos de agua subterránea y el efecto sobre generaciones futuras?. ¿Se tiene conciencia de esos aspectos?.**

Desgraciadamente no hay planteamientos éticos en los dirigentes. La posición de la sociedad puede ser más disculpable puesto que, con una información sesgada, solo perciben que el actual sistema de explotación –aun con problemas de crisis temporales– es el que les ha permitido crecer.

En todos los casos, los planteamientos intergeneracionales brillan por su ausencia. Y cuando algún sector intenta hacer una llamada a la reflexión acaban tildándole hasta de “mal patriota”.

## 4. Cuestiones legales y administrativas

### 4.2. Aspectos administrativos

**4.2.1. ¿Qué dificultades prácticas aparecen en la actual situación del agua del dominio público con la existencia de derechos de aguas privados?. ¿Cómo se manejan?.**

Sencillamente complican la gestión racional de los acuíferos que deben basarse en decisiones de explotación unitarias para lo que deberían potenciarse (más bien exigir su constitución ex lege) las Comunidades de Usuarios que decidirían sobre formas de explotación en función de los títulos de acceso al uso del agua.

**4.2.2. ¿Qué actuaciones ha hecho la administración española para que los problemas de uso intensivo de acuíferos**



y las situaciones de minería del agua se adecuen a los objetivos derivados de la incorporación de la **Directiva Marco del Agua** europea?. ¿Se considera la vía de excepciones o daños desproporcionados?. ¿Cómo se está llevando a la práctica?.

Las actuaciones positivas de las diferentes Administraciones (y en especial la AGE) en materia de adecuación de las situaciones derivadas de la minería o explotación intensiva son prácticamente inexistentes ya que la opción elegida es el mantenimiento del statu quo. Por eso se recurre a la vía de los daños desproporcionados.

No dudo que esto sea así en la mayor parte de los casos pero sería deseable haber tomado medidas para corregir algunos efectos y, mejorar la situación ambiental.

**4.2.3. ¿Qué se hace de para salvaguardar los beneficios obtenidos hasta el momento con la explotación intensiva de los acuíferos y minería del agua subterránea –si es que tales beneficios existen– y en especial para evitar situaciones límite?. ¿Es necesario una mayor intervención pública o bien es más adecuado la potenciación de instrumentos de mercado?. ¿De qué modo?.**

Hay tres tipos de respuesta posible. Primero, el mantenimiento de la explotación hasta el agotamiento económica de la misma. Sería la más racional pero la que no se produce en ningún caso. Segundo, la modificación del sistema de producción para adecuarlo al recurso disponible a través de sistemas ahorradores de agua (cuando se controla el mercado del producto) o cambio de cultivo por otros de mayor valor añadido: Este tipo de estrategia suele ir acompañado de la obtención de subvenciones directas al producto lo que mejora el margen de beneficios y puede permitir la introducción de mejoras técnicas. Esta respuesta es la que ocurre en los acuíferos manchegos.

Finalmente, la tercera estrategia consiste en buscar fuentes externas de agua que permitan mantener (e incluso ampliar) la explotación. Sistema al que se encuentran abonados los acuíferos del Vinalopó y Guadalentín y en general todos los del sureste. Como la premisa básica es que el coste del agua sea bajo (o al menos comparable al coste del recurso en el momento) queda claro que se hace necesaria una intervención pública en términos de construcción de infraestructuras y, accidentalmente, algunas medidas de regulación.

El mecanismo vía precios no funciona en éste último caso como tampoco en los otros dos anteriores. Baste señalar que la iniciativa para realizar las obras del trasvase del Ebro con capital privado (tras la abolición del trasvase en 2004) fue un acto de protesta pero no un movimiento económico.

**4.2.4. ¿Tiene la administración del agua voluntad y capacidad para reconducir la minería del agua subterránea, potenciando su balance positivo?. ¿Cómo lo puede obtener y con que apoyos?.**

Ninguna voluntad porque se encuentra sometida al chantaje social y prefiere una explotación en precario a un po-

sible conflicto. Capacidad, sí. Interés ninguno como se ha puesto de manifiesto en los Planes de Medidas de los Planes Hidrológicos, ahora en proceso de aprobación.

Una reflexión sobre el pretendido “balance positivo”. Si la minería o sobreexplotación intensa no ha sido capaz de generar una base de desarrollo suficiente para minimizar el uso intensivo del agua, es evidente que los beneficios no se van a producir a medio plazo.

Por lo tanto la Administración debería de reconvertir las explotaciones y traspasar costes al sector privado. Es evidente que no va a conseguir ningún apoyo de los grupos directamente beneficiarios que pretenden seguir obteniendo beneficios ahora a costa de transferencia públicas. Y los grupos sociales partidarios de la reconversión, dejados de la mano de la Administración.

**4.2.5. ¿Cómo se consideran administrativamente los aspectos económicos de las transferencias de agua entre áreas distintas de la misma o de diferentes administraciones del agua?. ¿Cómo se compensan derechos cedidos y externalidades?.**

El único modelo operativo que conozco en donde los aspectos económicos de las transferencias están regulados administrativamente es el denominado Mini Trasvase a Tarragona en donde hay compensación de derechos cedidos, no tanto de externalidades.

En el caso del ATS hay un régimen financiero que cubre los gastos de operación y una compensación por el uso del recurso. Lógicamente es mejorable. En cualquier caso no está en correspondencia directa con acuíferos intensamente explotados.

En el trasvase del Ebro de la Ley del PHN de 2001, se establecían unas condiciones de compensación de externalidades pero de las que se producirían por el trasvase, no por la mejora de acuíferos sobre explotados.

**4.2.6. ¿Cómo se evalúan o deberían evaluarse las compensaciones económicas para corregir externalidades, renuncia a derechos o daños desproporcionados?. ¿Cómo obtener, regular y aplicar esas compensaciones?.**

Con la actual legislación europea, en aplicación del principio de no deterioro, no deberían producirse situaciones de sobre explotación y mucho menos de minería. Por lo tanto es impertinente la cuestión de hasta dónde puedo compensar.

En los casos actualmente presentes debe mantenerse el statu quo y tratar de ir reconduciendo la situación a niveles de explotación sostenible en un periodo razonable.

Una posible solución sería la compra de derechos pero eso, para que fuera realmente efectivo, solo podría hacerse con

un control público de la explotación pues en caso contrario se estarían induciendo beneficios en aquellos propietarios cuyos derechos no han sido adquiridos por la Administración. (El caso de la Mancha Occidental es un ejemplo de lo que no debe hacerse).

**4.2.7. ¿Qué papel juega la administración pública ante situaciones de escasez de agua en relación con el papel de la sociedad y de la iniciativa privada?. ¿Cómo se pueden distribuir y limitar los roles?. ¿Qué se espera en el futuro?.**

Mi posición personal en las situaciones de explotación excesiva y minería es que su explotación y reconversión hacia situaciones de sostenibilidad deben de ser gestionadas por la administración pública ya que, en principio, es la garante de los intereses generales. Los intereses privados deberían quedar englobados en una Junta de Explotación que coopere para que se ejecuten las decisiones de gestión del acuífero. Lo que se denomina sociedad civil debe estructurarse para determinar los planes a medio y largo plazo.

**4.2.8. ¿Cómo se incentiva o debería incentivarse la gobernanza del agua en situaciones de tensión?. ¿Cómo actuar de arriba abajo y viceversa?. ¿Cuáles son los principales impedimentos y cómo se pueden resolver o minorar?.**

Evidentemente la gobernanza es esencial para la correcta gestión de las aguas y, con mucha más razón cuando se trata de acuíferos con problemas.

Las Comunidades de Usuarios son un buen instrumento pero ni están todos y, además representan solo una parte de los intereses en juego. Por tanto hay que incluir en las CUAS a todos los usuarios independientemente de su título de uso (que habría que ir procurando homogeneizar) y una plataforma más amplia en donde se incluyan los intereses (representativos) de la sociedad civil.

Como he intentado explicar en el ítem anterior en un juego de roles elemental a la CUA correspondería la gestión ordinaria y a la plataforma civil (algo parecido al Consejo del Agua con menos carga institucional) la definición de las directrices de planificación. A la Administración correspondería la función ejecutiva y el control de legalidad y la potestad sancionadora, además de fijar los objetivos de acuerdo con nuestra legislación y la legislación internacional aplicable (DMA, Convenios internacionales).

**4.2.9. ¿Qué instrumentos legales y administrativos se están aplicando ante el hecho real de que con frecuencia las aguas subterráneas tienen una evolución en cantidad, calidad y efectos que pueden ser muy diferidos, de decenas de años?.**

Siendo sincero, ninguno de manera efectiva.

No existe un conocimiento preciso de los derechos asignados al uso del agua (sean éstos públicos o privados) y las decisiones de explotación suelen ser individuales. En estas condiciones, salvo la determinación de los parámetros bá-

sicos (que incluso puede ponerse en entredicho por efecto de la crisis) poco más puede hacerse.

La declaración de sobreexplotación prevista en la LAg 85 es una figura agotada y no sirve como instrumento para la gestión de esas situaciones. Debería irse a instrumentos de gestión participada, que no pusiera el énfasis en la resolución (entendida como mantenimiento del statu quo) de la situación existente, combinando con instrumentos económicos.

**4.2.10. ¿En una situación de explotación intensiva de un acuífero y de minería del agua subterránea, que consideración realista tienen y han de tener los derechos legales frente a un uso racional, agotamiento progresivo de reservas y empeoramiento paulatino de la calidad?.**

Escaso. En último término el agua es un bien público y ese criterio es el que debe prevalecer. Otra cosa es que haya que expropiar derechos pero en este caso no pueden serlo exclusivamente en el valor económico potencial de la explotación sino de su valor de uso, esto es la vida útil de la explotación en una situación cero (que en los casos que nos estamos ocupando es notoriamente decreciente, tendiendo a cero).

**4.2.11. ¿Qué papel juegan las asociaciones de usuarios de agua subterránea y de uso de agua en general en la gobernanza del agua, y en la actuación administrativa?. ¿Cómo ha evolucionado y debería evolucionar?.**

Ya ha quedado dicho en ítems anteriores el papel importante de las CUAS tanto en la fase de explotación como en el proceso de formulación de directrices de planificación.

Su evolución es muy desigual y tampoco puede decirse que hayan tenido papel relevante salvo en casos aislados y situaciones muy concretas (Delta del Llobregat, Mancha Oriental).

En los casos del Vinalopó, Guadalentín y Dalías (por otras razones) no se ha conseguido una cohesión entre los usuarios por las diferencias de los títulos de uso y la diferente percepción de la problemática asociada a la evolución de la explotación y calidad y sus posibles soluciones.

Evolucionará cuando haya una acción decidida de la administración por poner orden, exigiendo en primer lugar soluciones internas. La idea de una solución desde fuera no ayuda a tomar conciencia real de la situación.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-31

<b>Autoría</b>	Juan Santamarta Cerezal, Dr. Ing. Montes, ICCP Profesor Universidad de La Laguna		<b>Siglas</b> JSM
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife	1.1; 2.3
<b>Comentarios</b>			

## 1. Cuestiones hidrológico–hidrogeológicas

### 1.3. Aspectos ambientales

**1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.**

Es evidente que el uso intensivo de las aguas subterráneas ha tenido unas implicaciones ambientales, estas son patentes por ejemplo en la pérdida de numerosos nacientes y, por lo tanto la pérdida de muchos ecosistemas vinculados al agua superficial en barrancos. Existen casos patentes en Tenerife por ejemplo en el Barranco de Ruiz, donde sólo queda algún reducto de laurisilva y comunidades rupícolas, este lugar fue declarado sitio de interés científico y área de sensibilidad ecológica por la Ley Autonómica 12/94, refundida posteriormente con la Ley de Ordenación del Territorio de Canarias mediante el Decreto Legislativo 1/2000.

Por otro lado, existe en menor medida un impacto por la construcción de las galerías de aguas desde hace 100 años, los terraplenes que resultan del acopio de material de excavación, en algunos casos estos se encuentran en Parques Nacionales.

Finalmente, se presenta la intrusión marina, sobre todo en zonas muy sobreexplotadas como el sur de la isla. Este último caso está muy estudiado sobre todo por el Consejo Insular de Aguas de la Isla.

**1.3.2. ¿Si hay **daños ambientales**, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.**

En el primer caso anteriormente expuesto es prácticamente imposible, ya que se deberían recuperar los nacientes, esto, en algunos casos ya están por encima del nivel freático, por lo tanto podríamos decir que es un impacto irreversible.

En el segundo caso (acopios de excavación de las galerías),

la solución es la restauración de los espacios degradados. La dificultad de esta restauración en ocasiones pasa por localizar al dueño de la explotación.

Por último la mitigación de la intrusión marina en Tenerife sólo sería posible mediante la ordenación de las explotaciones y en algunos casos el cierre de la explotación. En este último caso, dada la demanda de recurso hídrico sería necesario substituir esos caudales por otros obtenidos mediante desalación principalmente -- implicaría un aumento de la demanda energética-- o bien, mediante trasvases de otras zonas de la isla donde haya superávit de recursos.

**1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.**

Volviendo al punto 1.3.1, la menor disponibilidad de agua en los ecosistemas de la isla, sumada a la sobreexplotación de los acuíferos ha provocado la dinamización del efecto de la desertificación y aumento de la erosión de las islas, principalmente la hídrica, debido al régimen torrencial y a la reducción de la vegetación. En Tenerife, el riesgo de desertificación se ha estimado en un 41,9% según un estudio del Gobierno de Canarias en el 2007, en cierta manera la sobreexplotación indirectamente afecta a este impacto al medioambiente.

## 2. Cuestiones económicas

### 2.3. Aspectos ambientales y de calidad

**2.3.1. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan las externalidades, y entre ellas los **impactos ambientales**? ¿Hasta dónde deben reflejarlas, y cómo?.**

El principal coste del agua subterránea, a mi entender, en Tenerife es el energético con un porcentaje aproximado del 30% del total, seguido de un 20% de costes de O&M, generales 20% y de implantación un 20% (estudios previos, perforación...), el transporte de caudales estaría entorno a un 10%. En esta planificación de costes nunca se incluyen

los impactos ambientales al territorio o al acuífero insular.

La determinación de la tarifa se basa principalmente en la recuperación de la inversión y pago de costes de operación y mantenimiento. También hay una parte para generar recursos económicos para canalizar nuevas inversiones.

Por otro lado, el elevado precio del agua es un estímulo al uso eficiente del recurso evitando el despilfarro.

**2.3.2. ¿En qué medida los costes/precios del agua reflejan su **calidad** para uso?. ¿Hay diferentes precios según la calidad?. ¿Hay experiencia en relacionar precios y calidad del agua?.**

El precio no refleja la calidad, en algunas ocasiones esta es muy variable, sobre todo en términos de conductividad. Hablando en términos de calidad influye notablemente la localización del lugar de explotación.

No conozco que hay experiencia en relacionar los precios y calidad, si bien los grandes consumidores identifican productores con aguas de mayor calidad que otros, aunque en ocasiones estas se mezclan, siendo el producto final de peor calidad.

**2.3.3. ¿Cuándo el agua subterránea ha de ser tratada o mezclada, cómo se refleja en el **coste/precio** teniendo en cuenta su incidencia sanitaria o en la producción?.**

Está contestada en la anterior.

**Cuestionario MASE. Respuestas**
**Q-32**

<b>Autoría</b>	Martín Sevilla Jiménez, Dr. en Economía Instituto del Agua, Universitat d'Alacant		<b>Siglas</b> MS
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Levante español	Vinalopó	1.1; 2.2
<b>Comentarios</b>	En parte aportación con datos y figuras		

**Ámbito de la respuesta, dentro del contexto de uso intensivo de acuíferos y minería del agua subterránea:**
**• Alto y Medio Vinalopó**
**Los datos del problema del agua en el Vinalopó.**

Durante los últimos años la problemática del agua en el Vinalopó ha venido siendo una cuestión que ha ocupado una buena parte de las discusiones públicas. La constatación del elevado volumen de agua extraída en sus numerosos acuíferos que se ha situado por encima de la recarga natural de los mismos, ha dado lugar tanto a que algunos de los mismos se les haya declarado sobreexplotados (las unidades hidrogeológicas 08.35 Jumilla-Villena y 08.52 Sierra de Crevillente, a través de la Resolución de la DGOH de 31 de julio de 1987<sup>35</sup>), como a que se haya planteado seriamente la transferencia de recursos externos procedentes del Júcar para resolver esta cuestión de una forma definitiva.

¿Cómo es posible que se haya llegado a esta situación?

La zona en cuestión dispone de unos recursos hídricos abundantes en el subsuelo que, durante el Siglo XX han experimentado un fuerte descenso debido a la expansión de las extracciones dirigidas tanto al abastecimiento urbano como a la expansión incontrolada de los cultivos, contribuyendo de esta forma al progresivo deterioro de los acuíferos.

Esta situación se ha producido por motivos técnicos, legales y económicos.

CUADRO N°1 Evolución del número de pozos en la comarca agraria del Vinalopó

SUBAREAS/AÑOS	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985
Alto Vinalopó	59	107	140	152	207	273	335	392
Medio Vinalopó	25	41	70	96	140	189	233	282
Hoya de Castalla	9	63	67	101	198	280	512	720
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>211</b>	<b>277</b>	<b>349</b>	<b>545</b>	<b>742</b>	<b>1080</b>	<b>1394</b>

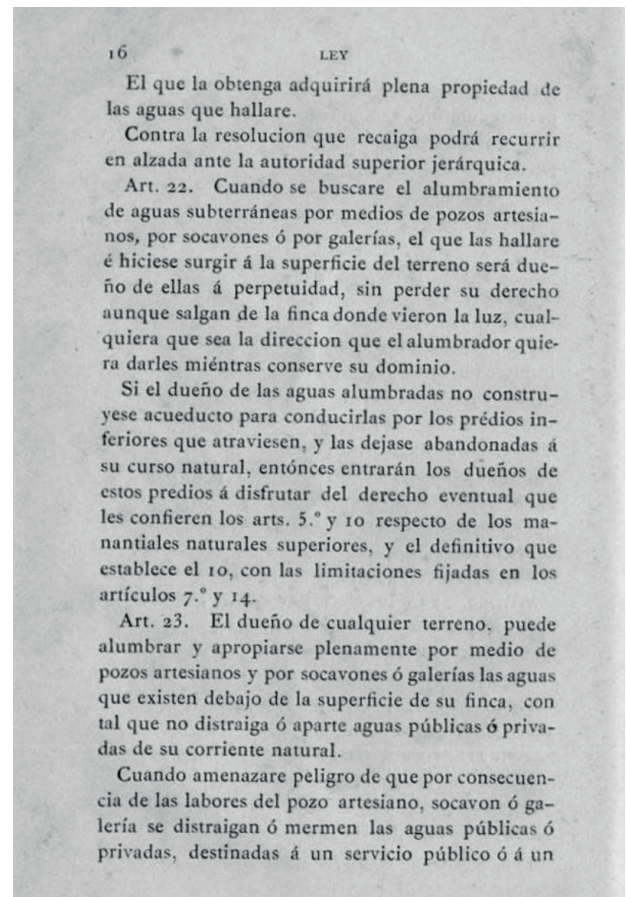
Fuente: "Servicio de Minas, MOPU, elab. Prop." Citado por Gabino Ponce Pg. 147

Los motivos económicos se han debido tanto a la expansión urbana y poblacional de las ciudades abastecidas por estos recursos como al superior rendimiento de las producciones de regadío en comparación con el secano. Además, la transformación del secano en regadío siempre ha sido considerada como un elemento fundamental en el pensamiento agrarista español, por lo que las Administraciones Públicas han incentivado estos cambios poniendo a disposición de los nuevos regantes incluso las aguas afloradas por ellas mismas (vease IRYDA-Baterías). Debido a las características del clima y las posibilidades de las tierras de cultivo, ante las demandas de los mercados, la expansión del regadío se ha dado con una implacable lógica hasta el máximo de sus posibilidades. No solo cambia la producción agrícola con este cambio sino que el valor incorporado a las tierras de regadío, multiplica por varios enteros el relativo a las tierras de secano.

Desde un punto de vista tecnológico, la sustitución de las antiguas norias de tracción animal o eólica por las modernas bombas eléctricas de gran potencia que permiten la elevación de las aguas desde mucha profundidad, ha permitido no tener límites técnicos a la extracción de agua hasta los niveles actuales de más de 600 metros de profundidad. Si bien es cierto que esto representa un alto coste tanto de inversión como de consumo de energía, el mismo queda compensado por los beneficios de disponer de agua de suficiente calidad para la puesta en regadío de las tierras. Los límites a estas extracciones vienen marcados tanto por la calidad del agua extraída debido a la profundidad de las perforaciones como al valor de mercado de los productos agrícolas producidos.

Los motivos legales también han contribuido a ampliar el problema. Las aguas subterráneas hasta la Ley de Aguas de 1985 han tenido la consideración de aguas privadas, tal como se recogía en la Ley de Aguas de 1879, por lo que las limitaciones que imponía su consideración como de dominio público a las aguas superficiales no les era aplicable.

Era lógico que pudiéndose incorporar nuevas tecnologías para extraer el agua y siendo muy rentable su utilización, la proliferación de empresas y organizaciones (Comunidades de Regantes, Sociedades Agrarias de Transformación o la propia Administración) dedicadas a extraer agua de los acuíferos contribuyera al deterioro de las reservas de los mismos. Si bien esta situación ha cambiado con la Ley de Aguas de 1985, al contemplar esta de una forma conjunta las aguas superficiales y subterráneas como de dominio público y sujetas a concesión, debemos de tener en cuenta que, a través de sus disposiciones transitorias viene a reconocer los derechos de los propietarios privados de las aguas por un plazo de 75 años, con lo que la problemática actual, con superficies de regadíos consolidadas se prolonga en el tiempo.



La combinación de los tres elementos anteriores ha ido generando una situación difícilmente reversible y ha exigido que tanto la Administración Hidráulica como los distintos usuarios intentaran resolver el problema.

Las primeras medidas fueron las relativas a paralizar las nuevas concesiones y extracciones en la zona y, especialmente en los denominados "acuíferos sobreexplotados". Si bien esta declaración exigía legalmente la realización de Planes de Explotación específicos, estos nunca se han llevado a cabo. Por mucho que se declaren sobreexplotados y ante la inexistencia de medidas alternativas, los usuarios de la zona han continuado extrayendo el agua a mayores profundidades y sólo el deterioro de la calidad de las aguas extraídas o el agotamiento de alguno de los pozos ha dado como resultado la paralización temporal de las extracciones o el cierre de las mismas.

Un segundo grupo de medidas han estado relacionadas con la reutilización de las aguas, la mejora de la eficiencia del riego y las aportaciones externas. Respecto a las primeras, algunas Comunidades de Regantes, especialmente la de Monforte del Cid, se mostraron dispuestas a utilizar las aguas procedentes de las depuradoras tanto de Alicante (Monte Orgegia), como de Elda -Petrer y Monforte- Novelda para el riego, paliando de esta forma tanto la escasez de los recursos subterráneos como el precio del agua que

©CHJ (2009), pg. 55. Estas UHG se corresponden con las actuales 080.173 Sierra de Castellar y 080.189 Sierra de Crevillente, según este Informe.

se le vendía (tengamos en cuenta que en esta zona la Sociedad Canal de la Huerta vende al agua a un precio de 0,30 €/m<sup>3</sup>). En estos casos, las distintas Administraciones Hidráulicas han colaborado con la realización de las infraestructuras necesarias para el transporte y almacenamiento del agua, ampliándose estas actuaciones últimamente a la instalación de procedimientos de ósmosis inversa en las Depuradoras para de esta forma mejorar la calidad de las aguas utilizadas.

La mejora de la eficiencia de los riegos y el abaratamiento de los costes se ha dirigido a la instalación de una amplia red de embalses y a la ampliación del riego localizado. Como se ha señalado anteriormente, el sistema de extracciones del agua procedente de los pozos, vincula a los mismos en su mayor parte con las superficies a regar, generando de esta forma un sistema altamente diseminado y no integrado.

Además, la no disposición de depósitos y embalses de almacenamiento de las aguas extraídas, exigía que simultáneamente se tuviera que hacer coincidir la extracción de agua con el riego, no permitiéndose aprovechar los periodos en los que los precios de la electricidad (tarifa nocturna) fuesen más baratos.

Este sistema se ha alterado bastante en la actualidad (2014), al centralizarse en la Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó las gestiones operativas relacionadas con las baterías y la contratación de la energía eléctrica de una forma centralizada, con lo que los ahorros por el consumo eléctrico, a pesar de las elevaciones de los precios de la energía, han sido notables. También en este caso y financiados por las Administraciones Hidráulicas se han realizado fuertes inversiones en la construcción de depósitos que han supuesto notables ahorros en el gasto energético y en la disponibilidad de agua para el momento en el que se necesita, disociando de esta forma el proceso de extracción del de su uso.

Aunque el riego localizado ya se había iniciado previamente, la puesta en marcha del Plan Nacional de Regadíos y la creación de las SEIASAS, han supuesto un importante avance en el ahorro de agua en el regadío de la zona.

Desde 1999 el SEIASA de la Meseta Sur S.A. (aunque también denominada "Meseta Sur y Este") ha llevado a cabo los Proyectos de Modernización de regadíos del Alto y Medio Vinalopó que han supuesto ahorros de agua de hasta el 35%, pudiéndose cifrar un total de ahorro en la zona de hasta 16 Hm<sup>3</sup>.<sup>36</sup>

### SEIASA de la Meseta Sur

Millones €

Obras en el Vinalopó	Fecha inicio	ha	Regantes	Presupuesto	Municipios
Obras de modernización y consolidación de regadíos en la C.G.U. del Alto Vinalopó	2003	12.000	7.000	53,9	Benejama
"					Campo de Mirra
"					Cañada
"					Villena
"					Elda
"					Biar
"					Salinas
"					Sax
Obras de modernización y consolidación de regadíos de la C.R. de Monforte del Cid	2002	1.481	<b>1.300</b>	9,8	Monforte del Cid
Obras de modernización y consolidación de regadíos de la C.R. de Monteagudo	2002	444	<b>260</b>	1,6	Novelda
Obras de modernización y consolidación de regadíos de la S.A.T. Percamp N° 3509 (C.G.U. Medio Vinalopó)	2005	805	<b>856</b>	6,7	Monóvar
Obras de modernización y consolidación de los regadíos de la C.R. Benejama (C.G.U. Alto Vinalopó)	s/f	1.050	<b>2.080</b>	3,3	Benejama
<b>Proyecto de la nueva balsa de Sax (Alicante)</b>	s/f			0,8	Sax
<b>TOTAL</b>		15.780	<b>11.496</b>	76,1	

<sup>36</sup>Esta cifra es un cálculo indirecto de las declaraciones del SEIASA sobre el ahorro de agua en la Comunidad Valenciana. Según estas, para actuaciones en la CV 90.000 Há, el ahorro ha sido de 110 Hm<sup>3</sup> Hm<sup>3</sup>, luego para las 13.050 Há del Vinalopó, el ahorro sería de 16 Hm<sup>3</sup>. Esto viene también a coincidir con las cifras aportadas por el Seiasa para la actuación en Benejama.

Estos grandes ahorros del agua utilizada (según otros testimonios estos pueden ser de hasta el 50% de la misma) han producido profundos cambios en las posibilidades de industrialización de los cultivos. La introducción del riego localizado ha hecho que, en el caso de la Comunidad de Regantes de Novelda, ante el ahorro de agua y la disminución de los consumos, se plantee la posibilidad de vender las aguas sobrantes (o como alternativa, posibilitar el arrendamiento de tierras con garantía de agua suficiente).

Las aportaciones externas han venido de las ya referidas elevaciones de las aguas residuales procedentes de la Depuradora de Monte Orgegia de Alicante y la muy significativa conexión de la Mancomunidad de Canales del Taibilla con los sistemas urbanos de Aspe y Hondón de las Nieves, últimas incorporaciones a esta institución.

Tanto Aspe como Hondón de las Nieves (un caso distinto es Hondón de los Frailes que, debido a un contrato con Riegos La Salud-Los Suizos, dispone de la extracción del agua de mayor calidad de los mismos) son los últimos municipios del Vinalopó Medio y sus suministros urbanos hasta la conexión a la Mancomunidad dependían de los pozos situados en el acuífero sobreexplotado de la Sierra de Crevillente por lo que la solución a sus problemas de una forma estable pasaba, de una forma lógica por la conexión a la MCT.

Esta solución ha estado en la base de que algunas de las alternativas planteadas al Trasvase Júcar-Vinalopó hayan insistido en que las infraestructuras del mismo pudieran utilizarse como medio para trasvasar el agua desde el Júcar al Vinalopó, aunque su toma en el Pantano de Alarcón (cabecera del río Júcar), siempre haya sido considerada desde Valencia como inaceptable.

La última alternativa a la problemática del agua en el Vinalopó ha sido la del Trasvase Júcar-Vinalopó.

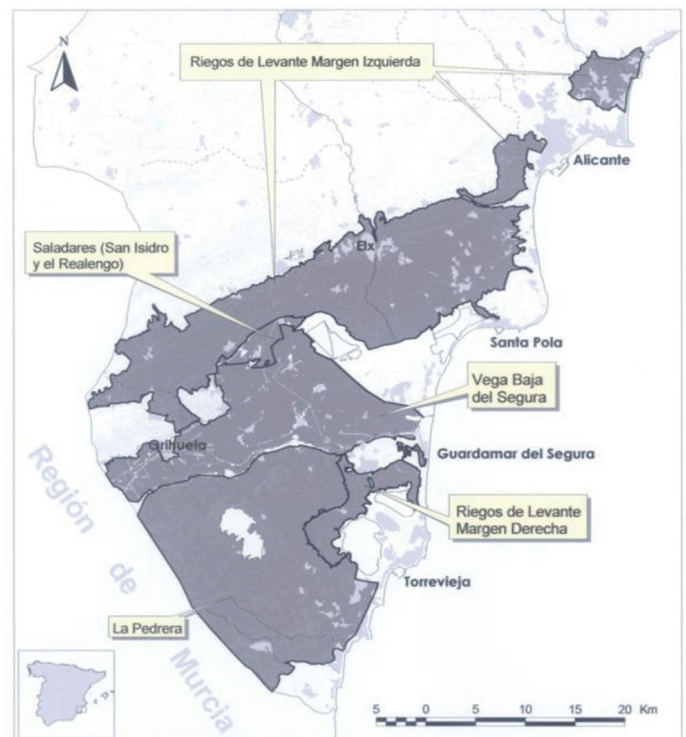
### La delimitación de la zona respecto a los recursos

Si bien las nuevas normativas respecto a las unidades de gestión del agua han tratado de delimitar las mismas para posibilitar su adecuación de usos a los recursos existentes, en el caso del Vinalopó nos encontramos con una situación bastante compleja en cuanto a la posibilidad de fijar un espacio único y cerrado.

Esta zona está incluida en la Demarcación Hidrográfica del Júcar con la denominación de "Sistema Vinalopó-Alacantí. Comprende las cuencas propias de los ríos Monnegre, Rambla de Rambuchar y Vinalopó y las cuencas litorales comprendidas entre el límite norte del término municipal de El Campello y la divisoria con la Confederación Hidrográfica del Segura. De este Sistema de Explotación se considera excluido todo aprovechamiento agrícola que reciba de manera exclusiva aguas procedentes de la

Confederación Hidrográfica del Segura"

Esta delimitación presenta numerosos problemas relacionados con la imprecisión del área incluida en el mismo. En relación con el Bajo Vinalopó, la redacción está pensada para excluir a la Comunidad de Riegos de Levante (M.1. del Segura), que pertenece formalmente a la Demarcación del Júcar y que recibe las principales aportaciones de los sobrantes del río Segura y de los aportes del Trasvase Tajo-Segura, del Sistema Vinalopó-Alacantí. Pero no debemos de olvidar a este respecto que la CRL (M1) del Segura alcanza hasta los términos de Alicante (Partida de Bacarot) y Mutxamel, por lo que la confluencia de intereses respecto a las aguas procedentes de uno y otro sistema son muy elevadas.



**Fuente:** Carles Sanchis Ibor, José Carles Genovés, Marta García Mollá EL PAPEL DE LA INICIATIVA PRIVADA Y LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA EN LA EXPANSIÓN DE LAS SUPERFICIES DE RIEGO EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL SEGURA (ALICANTE)

Sin embargo, aunque se elimine a la importante Comunidad de Riegos de Levante (M.1. del Segura), existen en Elche varias Comunidades históricas relacionadas con el Vinalopó que si estarían incluidas, como pueden ser la Acequia Mayor del Pantano de Elche, la Acequia de Marchena y la Comunidad de Regantes de La Marina (riegos El Porvenir), además de las más actuales de la SAT San Enrique y la SAT San Pascual. Si bien las históricas en la actualidad se nutren de las aguas procedentes de la depuradora de Algorós de Elche y los azarbes del Vinalopó, la jurisdicción de las mismas pertenece a la Demarcación del Júcar.

<sup>37</sup>Artículo 1 del Plan de Cuenca del Júcar de 1999



A este respecto, conviene señalar que las reivindicaciones históricas sobre la necesidad de aportaciones externas al Vinalopó están ligadas a Elche que fue el Concejo que ya en 1420 planteaba la necesidad de trasvasar el agua procedente del Júcar. Las soluciones derivadas primero de las elevaciones de los sobrantes del Segura (desde 1920) y posteriormente de las aportaciones del Trasvase Tajo-Segura (desde 1979), han hecho que Elche haya dejado en segundo lugar el plantear las aportaciones procedentes del Júcar. No obstante, no podemos olvidar que el suministro urbano a Elche también recibe agua procedente del Júcar a través de las infraestructuras del Trasvase Tajo-Segura y del Alto Vinalopó a través de un canal desde la finca de Los Frutales en Villena.

Una segunda problemática de esta delimitación está relacionada con la discusión actual dentro de la redacción de los nuevos Planes de Cuenca con la creación de las cuencas internas de la Comunidad Valenciana.

Por parte del MMAMRM se ha propuesto al Consejo del Agua que se excluya a la zona del río Monnegre-Seco (que recoge al municipio de Alicante), de la Demarcación del Júcar. Si bien desde el punto de vista hidrográfico podría tener cierta lógica, las relaciones reales actuales e históricas de esta zona con las extracciones e infraestructuras existentes entre el Vinalopó y la costa alicantina hacen sumamente difícil esta segregación, máxime cuando los recursos disponibles en esa cuenca interna son manifiestamente insuficientes para las demandas existentes.

Un tercer problema es el derivado de la existencia de numerosos acuíferos compartidos entre las cuencas del Júcar y el Segura. Según el Plan Hidrológico Nacional existen 5 acuíferos compartidos entre el Segura y el Júcar.

### Cuadro 3 Acuíferos compartidos entre el río Júcar y el río Segura

Sistema Vinalopó Alacantí		Compartido Cuencas	
		Hm <sup>3</sup>	Hm <sup>3</sup>
Unidades Hidrogeológicas		Asignación Júcar	Asignación Júcar
34. Sierra Oliva	Compartido Segura	3	1
35. Jumilla – Villena	Compartido Segura	2	6
36. Villena – Benejama	Compartido		
40. Sierra Mariola	Compartido		
41. Peñarrubia			
42. Carche – Salinas	Compartido Segura	2,5	1,8
43. Argueña – Maigmó			
44. Barrancones – Carrasqueta	Compartido		
48. Orqueta	Compartido		
49. Agost – Monnegre			
50. Sierra del Cid			
51. Quibas	Compartido Segura	1,3	1,3
52. Crevillente	Compartido Segura	0,8	0,8

Fuente: Plan de Cuenca Júcar 1999

Fuente: Plan del Júcar y PHN

Ley Plan H N 2005

<sup>38</sup>En los momentos actuales, la CRL (MI) recibe también aportaciones de las aguas regeneradas procedentes de las Depuradora del Rincón de León, por lo que la redacción de la norma o debería de cambiarse, o habría que incluir a esta Comunidad en el Sistema.

<sup>39</sup>El Informe de la CHJ de junio de 2009 (CHJ 2009), no menciona este problema a pesar de que el MAMRM ya lo ha planteado formalmente.

<sup>40</sup>Ley 10/2001, de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional, modificado por la Ley 11/2005 de 22 de junio, artículo 7<sup>y</sup> Anexo 1

Aunque el PHN atribuye a cada uno de los Planes de Cuenca unas asignaciones precisas, la realidad de las extracciones actuales dista mucho de estas cifras. Es obvio que las nuevas aportaciones procedentes del Trasvase Júcar-Vinalopó alterarán estas situaciones, por lo que la redacción de los nuevos Planes deben tener en cuenta la modificación que supondrá el disponer de nuevos recursos.

Por su parte, los recursos para el abastecimiento urbano de la zona costera de este sistema, la más poblada, cuentan con las importantes aportaciones procedentes del Trasvase Tajo-Segura, Júcar y la de las desaladoras, las actuales Alicante I (puesta en marcha en de 2003 con 18 Hm<sup>3</sup> anuales de agua) y Alicante II (funcionando desde 2008 con 24 Hm<sup>3</sup> anuales) y la futura de Mutxamel.

Desde 1979, el Trasvase Tajo Segura ha aportado la mayor parte de los recursos para el abastecimiento a través de las infraestructuras de la MCT. Las ciudades de Alicante, Elche, San Vicente, Santapola se abastecen principalmente de estas transferencias. Además, el sistema Júcar también hace aportaciones periódicas para completar estos suministros utilizando las propias infraestructuras del Trasvase Tajo-Segura.

Desde 2002 con la puesta en funcionamiento de la desaladora Alicante I y 2008 con la de Alicante II, los recursos de la zona se han ampliado notablemente, cambiando tanto las necesidades de nuevas aportaciones como el sistema de precios de las aguas, al ser estos recursos más caros que los procedentes de los acuíferos del Vinalopó y los del Trasvase Tajo-Segura.

La sustitución de la empresa pública Tragsamed por Acua-med a raíz del cambio de Gobierno y de política de aguas en el año 2004, ha ampliado el número de agentes públicos actuando en el espacio de la zona estudiada que, con su gestión afectan a los recursos disponibles y a la posible articulación de todo el sistema. Las desaladoras ahora en uso y las futuras se articulan como unos recursos "extraterritoriales" que vienen a complementar los déficits de los sistemas de una forma atípica. No es extraño ver, en consecuencia, como las actuaciones de Acua-med se sitúan en todos los ámbitos de la cuenca mediterránea y afectan a todo tipo de medidas (desalación, mejora de regadíos, depuración, reutilización, etc.) mientras que las desaladoras construidas por la MCT se realizan tanto en la Demarcación del Segura como en la del Júcar.(Alicante I y II).

### Delimitación de la zona respecto a los usos

Para conocer el balance hídrico de la zona es fundamental conocer los usos del agua que se hace en la misma. Sin embargo, las estadísticas disponibles dificultan enormemente conocer la situación. La mayor dificultad viene de los consumos principales que son los relacionados con la agricultura.

Por parte del INE se viene realizando los Censos Agrarios decenales que aunque no suministran datos acerca de los consumos de agua, si que recogen información sobre la superficie dedicada al regadío. La zonificación utilizada por estas estadísticas es la de las "comarcas agrarias" delimitadas por la Administración Agraria (el antiguo Ministerio de Agricultura, actualmente el MAGRAMA). Estas estadísticas dividen la Provincia de Alicante de forma que el territorio del sur de la misma pertenece a la comarca agraria denominada "Meridional", que incluye, además de la Vega Baja, a los municipios de Elche, Crevillente y Santapola. Por su parte, la comarca "Central" incluye a los municipios del entorno de Alicante, mientras que los de la comarca del "Vinalopó" incluye a los de la Foia de Castilla.



Fuente: MMA (2007) Plan Agua. Como se ve, no está incluida la desaladora de Mutxamel.

## Alicante. Censo agrario 1999

### Resultados comarcales

	Total superficie regada ha.	Con agua suficiente ha.	Con agua suficiente ha.
Total			
Explotaciones con tierras	84.454	50.381	34.073
0301 Vinalopó			
Explotaciones con tierras	84.454	15.238	9.283
0302 Montaña			
Explotaciones con tierras	988	607	381
0303 Marquesado			
Explotaciones con tierras	8.240	7.109	1.131
0304 Central			
Explotaciones con tierras	7.359	5.439	1.919
0305 Meridional			
Explotaciones con tierras	43.345	21.987	21.359

Fuente: INE (2000) Censo Agrario de España 1999.

Los otros datos sobre los usos agrarios vienen de la Administración Hidráulica y seleccionan la zona de otra forma. Así, los Documentos que en estos momentos está elaborando la CHJ para la redacción final del Plan de Cuenca del Júcar de 2010<sup>41</sup> tienen en cuenta lo que denominan Unidades de Demanda Agraria (UDA)<sup>42</sup>

costa por el agua procedente de las desalinizadoras, especialmente de la de Mutxamel ha abierto la discusión acerca de los precios del recurso ya que, ante unos precios de explotación de las extracciones relativamente bajos (alrededor de 0,20 €/m<sup>3</sup>), el agua procedente de la desalinizadora multiplicaría por 4 los mismos.

Código	Nombre UDA	Superficie (ha)	Demanda neta (hm <sup>3</sup> )	Demanda bruta (hm <sup>3</sup> )	Origen superficial (hm <sup>3</sup> )	Origen subterráneo (hm <sup>3</sup> )	Origen reutilización (hm <sup>3</sup> )	Retorno superficial (hm <sup>3</sup> )	Retorno subterráneo (hm <sup>3</sup> )
081076A	Riegos del Medio Vinalopó	9.993	30,74	31,32*	0,00	26,84	4,48	0,00	0,94
081077A	Bajo Vinalopó	790	3,02	5,38	0,00	5,38	0,00	0,00	2,07
081078A	Alacantí	2.823	10,03	16,72*	0,00	13,02	3,70	0,00	5,68
081072A	Riegos del Monnegre	257	0,66	1,59	1,59	0,00	0,00	0,28	0,49
081072B	Riegos del río Jijona	284	0,65	1,56*	0,00	0,97	0,59	0,31	0,44
081073A	Riegos de la cabecera del río Monnegre	1.826	4,46	8,15	1,32	5,27	1,57	0,00	0,24
081074A	Riegos subterráneos del Alto Vinalopó	13.689	30,61	37,29*	0,00	34,29	2,70	0,00	4,83
081074B	Riegos mixtos del Alto Vinalopó	825	1,72	3,42	1,04	2,08	0,26	0,23	1,21
Totales		30.487	81,89	105,43		88,15			

Fuente: CHJ(2009a)

La zona desde el punto de vista de los consumos urbanos.

Desde el punto de vista de los consumos urbanos, la división de la zona también es notable. Mientras que las poblaciones del Vinalopó Alto y Medio son abastecidas por las extracciones de los acuíferos, excepto Aspe y Hondón de las Nieves, las de l'Alacantí y Bajo Vinalopó obtienen sus recursos preferentemente, como se ha señalado anteriormente, del Trasvase Tajo-Segura y las desaladoras de Alicante I y II. No obstante, tanto Alicante como Elche aún reciben parte de los mismos de los pozos de los acuíferos del Vinalopó y Mutxamel, a través de la Sociedad Canal de la Huerta, también, en este caso en su totalidad.

La posible sustitución de los suministros urbanos de la



<sup>41</sup>CHJ [2009a]

<sup>42</sup>A lo largo de los últimos años el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, ha elaborado y sigue realizando, desde su Área de Ingeniería de Regadíos y para determinadas cuencas hidrográficas, la "Caracterización de las unidades de demanda agraria para la coordinación hidrológica en áreas de recursos hídricos escasos". La estructura dada a las UDAs [Unidades de Demanda Agraria] trata de conseguir, para cada una de ellas, toda la información posible que permita obtener los correspondientes indicadores socioeconómicos, como las rentabilidades brutas y netas, márgenes, valor de la producción, etc., en función de los costes que previamente le hallan sido asignados." Cedex [2009]

## 2. Cuestiones económicas

### 2.2. Precios del agua subterránea

2.2.1. ¿En la situación de escasez de agua, que mecanismos determinan el **precio del agua al usuario** que la ha de adquirir, y que mecanismos de determinación de ese precio parecen los más convenientes para mantener la asignación eficaz del agua y mantener el desarrollo?.

El bien económico agua presenta unas características peculiares y propias que le diferencian del funcionamiento de otros bienes en lo relativo a la formación de los precios del mismo.

El concepto de escasez es una constante a todos los bienes económicos, por lo que, en este aspecto no es donde deberíamos buscar la cuestión relativa a la formación de los precios del agua. A diferencia de otros mercados, tanto la oferta como la demanda (con el añadido de las calidades que también influyen en las posibilidades de su uso y sus costes) de este bien dependen en gran parte de las regulaciones que las Administraciones Públicas han aplicado a la utilización y uso del mismo, con independencia de lo que un hipotético mercado pudiera determinar cuáles son los precios de equilibrio para este bien.

Ciertamente estas dinámicas están asociadas también no solo a factores institucionales sino que también las podemos relacionar con factores físicos, climatológicos o sociales que también influyen en las posibilidades de su uso y que pueden añadir mayor o menor presión en la formación de los precios.

En línea con lo anterior y, según la descripción que hemos hecho anteriormente de lo que podemos considerar que es la zona del Vinalopó, centrada fundamentalmente en la Provincia de Alicante, los precios del agua están fundamentalmente asociados a los costes de extracción de las aguas subterráneas de los diferentes acuíferos, que a su vez dependen de la profundidad a la que se extrae el agua y de las tarifas de la electricidad aplicada en cada caso. Estos precios, en los momentos actuales no tienen en cuenta los denominados “costes ambientales” (los relacionados con los posibles daños medioambientales producidos por los agotamientos de las masas de agua) y los “costes del recurso” (que serían los obtenidos en un mercado con mayor libertad de oferta y demanda de agua).

Aunque podemos considerar que ese es el marco general, lo cierto es que esos precios varían en relación también a otros parámetros. Los principales parámetros de esos precios diferenciales son la ubicación de los consumos, Alto Vinalopó o Vinalopó Medio; y que los consumos sean agrícolas o de abastecimiento urbano.

La Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó en su Reglamento para la división de Explotación, remitido en 2013 a la Confederación Hidrográfica del Júcar, en su Artículo 13 precisaba que:

---

**“En el establecimiento de la cuota por consumo de agua variando la proporción establecida en su día por la Consellería de Agricultura se estará a la proporción de 1 para regadío Alto Vinalopó, 1,46 para regadío Medio Vinalopó y 2,97 para abastecimientos.”**

---

En su Presupuesto de 2014, esta Comunidad establecía los siguientes precios e ingresos previstos:

Ingresos	Consumo Previsto m <sup>3</sup> en 2013	Consumo Previsto m <sup>3</sup> en 2014	Precios €/m <sup>3</sup> 2013	Precios €/m <sup>3</sup> 2014	Ingresos 2013 €	Ingresos 2014 €
Suministro agua Tarifa A	8.632.573	8.635.150	0,1040	0,0974	897.787	841.063
Suministro agua Tarifa B	4.293.872	4.851.992	0,1955	0,1744	839.452	846.187
Suministro agua Tarifa C	693.658	624.234	0,3463	0,3166	240.213	197.632
Total	13.620.103	14.111.376			1.977.452	1.884.882

A estas cantidades había que sumarles una cantidad por gastos fijos (derrama) que en 2014 se presupuesta en 832.612 € distribuida según el 90% de los consumos realizados en las 3 últimas anualidades y el 10% de la dotación de las baterías.

En definitiva, con los precios de los consumos de agua y con la derrama, los costes finales medios que aplicaba la CGUAV han sido de 0,2045 €/m<sup>3</sup> en 2013 y 0,1942 €/m<sup>3</sup> en 2014.

Estos precios son fruto de las discusiones internas que se han producido dentro de la Comunidad para lograr un cierto equilibrio entre todas las partes y, como se ve por los antecedentes que ellos mismos citan, la discriminación de precios se remonta, no solo a lo fijado por la Consellería de Agricultura antes de su transferencia a la Comunidad G. U. A.V, sino al criterio heredado del Instituto Nacional de Colonización cuando realizó los primeros sondeos en la zona. Según parece, esta discriminación de precios, aunque está bastante internalizada entre los distintos participantes ha sido objeto de varias reclamaciones por aquellos usuarios que más pagan.

**2.2.2. ¿Cuál es el papel de la administración del agua en el control de precios del agua al consumidor, bien sea por control administrativo o por ofrecer agua (superficial, subterránea, desalinizada, regenerada) a un precio prefijado? ¿Es necesario ese papel o es perturbador?.**

Hemos de tener en cuenta en este caso que la CGUAV, al ser una corporación de derecho público así reconocida por la Ley de Aguas, actúa como Administración y, por lo tanto, no existen diferencias entre su papel de suministrador colectivo de aguas y su papel como Administración. No obstante, la CGUAV, al igual que las otras Comunidades de Regantes y Comunidades Generales de Usuarios está sujeta a la normativa y criterios de la CH del Júcar, por lo que existen discrepancias sobre los criterios a aplicar en cada caso. No obstante, en la mayor parte de los aspectos relacionados con los precios del agua, hasta ahora ha sido la propia CGUAV la reguladora de los mismos.

**2.2.3. ¿Son actualmente o en el futuro los precios del agua subterránea y del agua en general una limitación al desarrollo o son otros los reales limitantes actuales? ¿Cómo afectan a los diferentes sectores económicos?.**

Es evidente que los precios del agua son un factor esencial para evaluar las posibilidades de un mayor o menor desarrollo de, especialmente, la agricultura de la zona. Ciertamente no son solamente los precios. El principal factor limitativo ha sido históricamente la disponibilidad de agua ya que el suelo y el clima de la zona tiene una gran capacidad productiva si se dispone de la misma, como así se ha evidenciado al ver el crecimiento de la superficie cultivada durante los últimos años. Pero tanto las amenazas del agotamiento de los acuíferos (no olvidemos que dos de los acuíferos de la zona están en declaración de "sobreexplo-tados" desde finales de los años 80) como las dificultades para lograr más concesiones de agua han hecho que este fenómeno se haya agotado en la actualidad. No obstante, las concesiones de agua dadas por la Administración durante la fase de expansión de las extracciones ha hecho que exista en la actualidad una importante superficie de terreno "regable" con derechos que no lo recibe, entre otros motivos por la inexistencia de agua y que podría acceder a la misma si se dispusiera de mayor cantidad y a un precio semejante al que hemos visto (obviamos los problemas de los mercados de demanda agraria que también son claves en estos casos). Este fenómeno se ha podido comprobar últimamente con las actuaciones de la SEIASA en las que, la mejora en la eficiencia en el uso del agua no ha redundado en un menor consumo de agua sino en la ampliación de las superficies de regadío a aquellas que, si bien tenían concesiones y derechos, no los podían ejercer debido a la inexistencia de recursos.

La cuestión de la relación del uso del agua y el precio de la misma la podemos ver plasmada en dos actuaciones que afectan directamente e indirectamente al Vinalopó: El Trasvase Júcar Vinalopó y la construcción de las desalinizadoras en la costa, especialmente en Mutxamel, Alicante I y Alicante II y Torreveja. Respecto al primero, subrayar

que pese a su finalización, por parte de las organizaciones relacionadas con el agua en el Vinalopó, no existe una urgencia, al menos de tensión pública, sobre su puesta en marcha, demorada por las filtraciones en el embalse regulador de San Diego (Villena), que lleva dos años paralizado. Las discrepancias sobre los precios y tarifas a aplicar estarían en la base de esta falta de urgencia (considero que la solicitud de cambio de toma o construcción de una desalinizadora para el agua procedente del Azud de la Marquesa es una cuestión muy secundaria).

Por su parte, los precios del agua desalada, por encima de los 0,50 €/m<sup>3</sup> en alta, son muy superiores a los aplicados en el Trasvase Tajo Segura, por lo que la agricultura que podría hacer frente a los mismos es muy distinta a la actualmente existente en el Bajo Vinalopó y la Vega Baja, por lo que los precios limitan el uso de esas aguas.

Como conclusión podemos decir que los precios del agua no suponen en la zona un límite para la expansión urbanística ni turística, además de garantizar el suministro sin interrupción del servicio, pero para la agricultura sí, singularmente para la que actualmente está implantada en la zona con las expectativas de los mercados agrarios.

#### **2.2.4. ¿En una situación en que el usuario puede disponer de agua subterránea propia, en qué condiciones de escasez y/o calidad acude a la adquisición de agua ofertada por un sistema público o privado?.**

La explotación de los recursos subterráneos en el Vinalopó al amparo de la Ley de Aguas de 1879 generó una gran cantidad de explotaciones individuales, especialmente a partir de los años 50 del siglo XX. Sin embargo, el mayor promotor de estas actuaciones fue el propio Estado a través primero del Instituto Nacional de Colonización y posteriormente el IRYDA a partir de los 70 del Siglo XX.

Hemos de entender que la tradición del regadío en la zona y la carencia muchas veces de grandes propietarios de terrenos hizo que el destino de esas aguas fuera para el uso colectivo en las denominadas primeramente sociedades sindicales de colonización y posteriormente Sociedades Agrarias de Transformación o directamente, Comunidades de Regantes, por lo que las extracciones privadas (ciertamente existentes y que perduran en la actualidad) eran minoritarias.

La Ley de Aguas de 1985 cambió el panorama de las aguas subterráneas, cambiando la mayor parte de su régimen jurídico (propiedad privada) y considerando de una forma colectiva la explotación de los acuíferos, exigiendo la formación de Comunidades de Usuarios en aquellas zonas con problemáticas importantes en la sobreexplotación de los mismos.

Aceptada en su mayor parte por los antiguos propietarios privados que el agua es un bien de dominio público, lo que han venido exigiendo los mismos es que dicha agua se le

garantice por parte de los poderes públicos. De esta forma es como que hay que entender que en 1997 se aceptara en el Plan Hidrológico del Júcar la demanda de 80 Hm<sup>3</sup> de agua para trasvasar al Vinalopó y a la Marina Baja.

#### **2.2.5. ¿El que dispone de agua propia, está reflejando en el balance económico de su actividad el coste real del agua que utiliza, tanto el directo como el total?.**

Entendemos que esta referencia se hace tanto a los propietarios individuales de los pozos como a las Comunidades de Regantes o de Usuarios que distribuyen el agua entre sus comuneros o asociados. En estas situaciones, lo que repercuten en su balance económico es lo que efectivamente pagan por el agua (consumo y derramas anuales). Difícilmente podrían aplicar otros costes que, en principio no son exigibles a la empresa.

La inexistencia de impuestos ambientales sobre el posible agotamiento de los acuíferos utilizados hace que no sean tenidos en cuenta por los usuarios, aunque ciertamente, en los usos urbanos sí que se han introducido los cánones de saneamiento que, al menos, contribuyen a bajar la contaminación de las aguas servidas.

Otra cosa distinta son los costes motivados por el tímido sistema de mercado del agua existente en España. Las compras de agua a las Comunidades de Regantes del Tajo por parte de los usuarios del Trasvase Tajo Segura vinieron a ser una especie de referencia del "coste del recurso" y, por lo tanto, se reflejaron en los balances de las empresas agrícolas.

## Cuestionario MASE. Respuestas

Q-33

<b>Autoría</b>	Elzbieta Skupien Balin, Dr. Ing. Minas Profesional libre, Santa Cruz de Tenerife		<b>Siglas</b> MS
	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Cuestiones</b>
<b>Contenido</b>	Canarias	Tenerife	1.2; 1.3
<b>Comentarios</b>	En parte aportación con datos y figuras		

## 1.- Cuestiones hidrológico-hidrogeológicas

### 1.2. Calidad del agua subterránea

**1.2.1. ¿Qué problemas de **calidad** se asocian a la explotación intensiva de los acuíferos considerados? ¿Cómo pueden tratarse?.**

La entrada en vigor de DMA e Directiva Hija 2006/118/CE (a efectos prácticos los primeros muestreos de las redes de control de calidad de agua se realizaron en 2007) ha obligado a realizar el análisis de parámetros de calidad de agua subterránea que anteriormente no siempre/nunca se realizaban para una red de control, más bien para algunos puntos locales (arsénico, cadmio, plomo, mercurio, pesticidas, compuestos orgánicos volátiles, etc).

Estas redes (que monitorizan calidad y al mismo tiempo cantidad de agua subterránea extraída) se aprovecha y se podrá aprovechar para detectar tendencias de aumento prolongado y progresivo de contaminantes asociados a la explotación intensiva de los acuíferos y estudiar posibles métodos para reversión de tendencias negativas.

Aparición de valores de concentraciones más altos puede tener como causa:

- explotación intensiva de los acuíferos.
- condiciones del fondo hidroquímico local, que anteriormente no ha sido detectado de manera detallada.

En la medida en que haya varios años de datos recabados mediante el monitoreo de la respuesta del acuífero a grandes volúmenes de extracción, el nivel de confianza de los pronósticos hidrogeológicos será mayor. Por esta razón ha sido/es/será esencial establecer/mantener/mejorar un programa de monitoreo cuidadosamente diseñado, revisado, interpretado, y operado de manera sistemática.

¿Cómo pueden tratarse?.

– Se debe asegurar que al final del periodo propuesto de explotación intensa queden reservas suficientes de aguas subterránea extraíble con calidad aceptable para sostener la actividad pre-existente.

– Restringir el abatimiento de explotación intensiva para después de 20-25 años sea menor que un determinado valor de nivel/parámetros de calidad de agua.

**1.2.2. ¿Además de problemas de **salinidad**, hay otros problemas de calidad del agua asociados a la explotación del agua subterránea?. Comentarlos.**

Si, problemas de calidad del agua captada en zonas asociadas a la actividad volcánica residual, explotación de niveles de acuífero cada vez más profundos, con tiempo de interacción agua-roca más prolongado (empeoramiento de calidad por incremento de los valores de conductividad eléctrica de agua, y también de valores de flúor, sodio, bicarbonatos, etc).

**1.2.3. ¿Qué **efectos** tienen los problemas de **calidad** del agua subterránea que puedan existir en el uso del agua?.**

La calidad de agua no es un término absoluto, siempre se relacionada con el uso o actividad a que se destina: calidad para beber, calidad para riego, etc., y en este sentido se indica efectos de mala calidad del agua subterránea según usos del agua:

Calidad de aguas subterráneas para el consumo humano: empeoramiento de salud de la población, agua con altos niveles de flúor y sodio, etc. También presencia de arsénico (casos aislados). Hasta hace pocos años, arsénico no estaba entre los parámetros que se analizaba rutinariamente en las aguas de consumo, por lo que la información sobre su distribución no es tan bien conocida como para otros parámetros.

Calidad de aguas subterráneas para consumo agrícola: empeoramiento de calidad de suelo para prácticas agrí-

colas. Agua con valores altos de conductividad eléctrica de agua, sodio, pH, etc. Los cultivos más sensibles ven disminuida su producción a partir de 500 mg/L de sólidos disueltos, las concentraciones mayores de 1500 mg/L afectan mayor parte de las plantas. El ión sodio actúa sobre la estructura y la permeabilidad del suelo.

#### 1.2.4. ¿Qué medidas se adoptan o se suelen adoptar para paliar la mala calidad del agua subterránea, si es ese el caso?.

Medidas a corto plazo adoptadas para paliar mala calidad de aguas subterráneas para el consumo humano:

- Realización de mezclas de aguas provenientes de galerías con aguas de mejor calidad.
- Restricciones temporales de uso de agua de grifo que no cumple con la legislación vigente en materia de calidad de agua para el consumo.
- Realización de nuevas captaciones de aguas subterráneas en lugares donde en principio se espera encontrar aguas con calidad adecuada (por ejemplo La Laguna).

Medidas a medio plazo adoptadas para paliar mala calidad de aguas subterráneas para el consumo humano:

- La reducción de la peligrosidad de un contaminante antes que alcance el acuífero (diferentes tratamientos de depuración artificial o natural del mismo)
- La reducción de la cantidad de contaminante (optimizando la aplicación de fertilizante y también mediante vertidos controlados, adecuados drenajes, impermeabilizaciones, etc.
- Saneamiento y protección contra recarga por vertidos derivados de la actividad humana.

Medidas adoptadas para paliar mala calidad de aguas subterráneas para el consumo agrícola:

- Tratamiento de agua de mala calidad en los Estaciones de desalación de aguas salobres (EDAS).
- Rechazo de aguas de mala calidad en los canales de transporte de agua.
- Aprovechamiento de agua depurada.

## 1.3. Aspectos ambientales

### 1.3.1. ¿Qué consecuencias ambientales ha tenido y tiene el uso intensivo de las aguas subterráneas?. ¿Se puede estimar?. ¿Es conocido?.

La minería de agua en su interacción con el medio ambiente ha provocado y puede provocar una serie de impactos, que es necesario identificar y **valorar previamente**, para reducir al máximo los negativos y potenciar los positivos.

- Consecuencias ambientales negativas: descenso de caudales de descarga del acuífero, empeoramiento de calidad de agua por explotar capas cada vez más profundas del acuífero volcánico.
- Consecuencias ambientales positivas: mejora de calidad de vida de la población, desarrollo sostenible, etc.

Para efectos que se consideren significativos y cuya magnitud supere el umbral considerado tolerable, el proyecto de aprovechamiento de aguas subterráneas tiene que incorporar las medidas preventivas, protectoras y correctoras, para reducir efectos negativos.

¿Se puede estimar?.

Se debería cuantificar las reservas almacenadas, evaluar las tasas de recarga, realizar análisis de impactos ambientales del agotamiento del acuífero, y pronósticos del nivel probable de afección producido por la explotación existente, etc.

¿Es conocido?.

En parte.

### 1.3.2. ¿Si hay daños ambientales, son recuperables, y en su caso, es posible, adecuado o conveniente hacerlo?.

En principio los daños ambientales son recuperables, sin embargo en algunos casos, el período necesario para que el acuífero se vuelva a llenar es muy largo en comparación con el marco temporal de la actividad humana.

Es ético, adecuado y conveniente la recuperación y optimización de las reservas de acuífero (maximizando la productividad del agua subterránea al mismo tiempo promoviendo una economía que dependa menos de agua).

### 1.3.3. ¿Existe una evolución en el estado del medio ambiente como consecuencia de la gestión del agua en situación de escasez?.

Es difícil estimar de que manera un ecosistema puede reaccionar a cierto nivel de abatimiento, hay que tener en cuenta: el conocimiento de tasas de recarga, almacenamiento de agua subterránea disponible y las opciones de gestión del agua.



# ANEXO II

## Resultados de las entrevistas

Este anexo contiene los resultados de las entrevistas realizadas a expertos en cuestiones relacionadas con el uso intensivo y minería de las aguas subterráneas en España y en especial en el Levante español y Canarias, según la relación de la Tabla. Cada entrevista ha sido objeto de un memorándum cuyo contenido se ha remitido a los entrevistados para su conformidad o la introducción de los cambios convenientes.

En algunos casos no se tiene esa conformidad expresa y se dice al final de cada texto. Se incluyen sólo los comentarios que se derivan de aquellas entrevistas que tienen un contenido específico. Las otras han sido para localizar expertos, documentación o aspectos relevantes y están marcadas como \*. Los resultados más relevantes se reflejan en el cuestionario de síntesis del Anexo 1, con las siglas que allí se indican y que se mencionan en el texto entre corchetes curvos.

### Tabla de contenido de las “memoranda” del proyecto MASE

Las marcadas \* no se reproducen por no contener información específica

nº	Fecha	Entrevistados	Contenido
1*	29-07-13	M <sup>a</sup> del Carmen Cabrera Santana. ULPGC	Identificar expertos canarios
2*	13-08-13	José Jiménez Suárez. Ayto. LPGC	Identificar expertos / temas canarios
3*	20-08-13	José Luis Guerra Marrero. CIAGC	Identificar expertos / temas canarios
4*	21-08-13	Adolfo Hoyos-Limón Gil. TF José Fernández Bethencourt. CIATF Juan José Braojos Ruíz. TF	
5*	23-08-13	Felipe Roque Villarreal. ELMASA	Identificar temas canarios
6*	10-10-13	Juan José Ojeda Quintana. CG	Identificar temas canarios
7*	13-10-13	José Albiac Murillo. UZ	Identificar temas de Levante
8*	15-10-13	Juan Antonio López Geta. IGME	Identificar expertos en general
9*	16-10-13	Ramón Aragón Rueda. IGME Patricia Domínguez Prats. IGME	Identificar expertos / temas de Levante
10*	16-10-13	Josefina Maestu. UN-Z	Identificar expertos / temas en general
11*	24-10-13	Antonio Pulido Bosch. UAL	Identificar temas de Levante
12	28-10-13	Luis Rodríguez. DA Miguel Fernández Mejuto. DA Antonio Hernández Bravo. DA	Vinalopó-Alacantí

13*	28-10-13	Concepción Bru. UA Daniel Prats. UA Martín Sevilla. UA José Miguel Andreu Rodes. UA Joaquín Melgarejo. UA Teresa Torregrosa. UA Nuria Boluda. UA David Benavente. UA Concepción Pla. UA	Identificar expertos / temas de Alicante
14	29-10-13	Javier Ferrer Polo. CHJ Teodoro Estrela Monreal. CHJ Arancha Fidalgo. CHJ	Vinalopó-Alacantí
15*	29-10-13	Enrique Cabrera Marcet. UPV	Identificar temas en general
16	05-11-13	Francisco Alcón. UPCT M <sup>a</sup> Dolores De Miguel. UPCT	Segura / Campo de Cartagena
17	06-11-13	Jesús García. CHS Ramón Aragón Rueda. IGME José Luis García Aróstegui. IGME Francisco Cabezas. IA-MU Melchor Senent. IA-MU	Segura
18	21-11-13	David Díez Frontón. Aqualia TF	Tenerife
19	21-11-13	Luis Olavo Puga de Miguel. TF Sergio Rodríguez Rodríguez. TF	Tenerife
20	22-11-13	Juan Santamarta Cerezal. ULL	Tenerife
21	27-11-13	José Luis Guerra Marrero. CIAGC	Gran Canaria
22	03-12-13	José Fernández Bethencourt. CIATF Jesús Mesa Hernández. CATF Juan José Braojos Ruíz. TF José Luis Velasco Cebrián. CIATF	Tenerife
23	03-12-13	Eulogio Rodríguez. TF	Tenerife
24	03-12-13	Carlos Acevedo. TF	Tenerife
25	04-12-13	Luis González Sosa. TF	Tenerife
26	05-12-13	Fernando Ojeda. GC	Gran Canaria
27	09-12-13	<i>Pedro Santiago Henríquez (Mino). GC</i>	<i>Gran Canaria</i>
28	10-12-13	<i>Carmelo León. ULPGC</i>	<i>Gran Canaria</i>
29	11-12-13	<i>José Luis Guerra Marrero. CIAGC</i> <i>Gran Canaria</i>	<i>Gran Canaria</i>
30	16-12-13	<i>Felipe Roque Villareal. ELMASA</i>	<i>Gran Canaria</i>
31	15-01-14	<i>Alberto Del Villar. UAH</i>	<i>Levante</i>
32	15-01-14	<i>Gonzalo de la Cámara. UAH</i>	<i>Levante</i>
33*	16-01-14	<i>Nuria Hernández Mora. FNCA</i>	<i>Levante</i>
34	31-03-14	<i>Vicente José Richart Díaz. Villena</i>	<i>Vinalopó</i>

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
12-131028aR	28 de octubre de 2013	Oficina Técnica de la Diputació Provincial d'Alacant

### Entrevistas

Luis Rodríguez, Miguel Fernández Mejuto y Juan Antonio Hernández Bravo

### Comentarios

Disponen de forma avanzada (estará accesible en pocos meses) de una web de características y estado de acuíferos (embalses subterráneos) y sus reservas. La información se mejora adicionando datos geofísicos (reinterpretación de sísmica profunda y gravimetría de la prospección de petróleo) y mediante modelación numérica. En el ámbito de la Diputación de Alicante el 60% del agua se destina a agricultura y el 40% a abastecimiento, que en Alcoy llega a casi el 100%. En el Vinalopó domina el riego. Ningún acuífero está actualmente agotado salvo el de Olivereta, en Murla, en que la explotación de un pozo muy productivo agotó las reservas en dos años. Políticamente hay una tendencia a subvencionar el precio o tarifa del agua.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
14-131029aR	29 de octubre de 2013	Confederación Hidrográfica del Júcar

### Entrevistas

Javier Ferrer Polo, Teodoro Estrela y Arancha Fidalgo

### Comentarios

El interés central debería dirigirse al Alto y Medio Vinalopó. Existe divergencia de intereses entre ambos ya que el Alto Vinalopó es productor neto de agua y con reservas aún por un cierto tiempo, y el Medio Vinalopó es consumidor neto y con reservas de agua subterránea al límite. Se considera la problemática de aportar agua y a un precio que no distorsione la economía local. En ello dominan posicionamientos políticos, que actualmente se han complicado ya que a la inversión de 320 M€ en el transvase Júcar-Vinalopó se une la necesidad de utilización de la planta desalinizadora de Mutxamel, con una inversión de 90 M€. Un caso similar pero mucha menor es el de Vall d'Uxò, donde se plantea recargar agua del Mijares a una balsa de recarga artificial. Se trata de problemas de gobernabilidad. El Plan Hidrológico del Júcar está actualmente en información pública.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
16-131105 en espera	5 de noviembre de 2013	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Cartagena

### Entrevistas

Francisco Alcón y M<sup>a</sup> Dolores de Miguel, de la Escuela de Agronomía (ETSIA), acompañadas de Marisol Manzano del Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica

### Comentarios

Se aportan referencias de artículos publicados de especial relevancias al tema. Se comentaron diversos temas referentes al interés del proyecto, con énfasis especial en la cuenca del Guadalentín, en cuanto a la economía del agua agraria y cuestiones relativas a la incorporación de nuevos recursos, sus costes y determinados aspectos de calidad asociados. El Guadalentín es un sistema integrado, excepto en Puerto Lumbreras y Lorca. En toda el área hay cesiones de agua y mercados del agua, que han sido estudiados por A. Garrido. Hay contratos de opción intercuenca, con primeras valoraciones de beneficios y efectos económicos multiplicadores. La administración del agua fija el precio. En el Guadalentín hay problemas de salinización, de pérdida de suelo y de alto contenido en B en agua agrícola procedente de desalinización de agua marina y en agua regenerada procedente de áreas urbanas abastecidas agua desalinizada. Parte de los problemas de calidad para riego se palian mediante mezcla. En Águilas y Puerto Lumbreras el agua es más cara que la media en el Valle del Guadalentín ya que no reciben formalmente agua del ATS.. En Lorca el precio es algo menor y usa derechos privados; en años lluviosos llega a haber excedentes, que se pueden poner a la venta. En el área tiene gran peso la Junta de Hacendados de la Huerta de Murcia. En la Cuenca del Segura se produce reutilización de casi toda el agua usada, pero se aplica en áreas determinadas, separadas de las de riego tradicional, para prevenir problemas derivados de anomalías en la calidad y como criterio cautelar. De hecho hay anomalías frecuentes en el terciario de la EDAR del Campo de Cartagena que opera por concesión administrativa; los agricultores desearían poder encargarse de la operación. Existen empresas privadas que venden agua a terceros. Los trabajos de valoración del agua son muy recientes y en general las amortizaciones no están actualizadas. Es difícil desagregar los costes en las cuentas de las Comunidades de Regantes. Existen pozos de sequía, unos de la CHS y otros en manos de los agricultores; en Lorca suponen una posible aportación de 1-2 hm<sup>3</sup>/a frente a un uso de 60 m<sup>3</sup>/a. La CHS hace un gran esfuerzo de control pero no tiene suficiente capacidad para una suficiente gobernanza. Por si misma no puede hacer contratos de cesión. El Campo de Cartagena recibe agua del ATS a un precio fijado en 0,30-0,32 €/m<sup>3</sup>. Las aguas de la Mancomunidad de los Canales

del Taibilla tienen un precio de 1,15-1,20 €/m<sup>3</sup> y se destinan mayoritariamente a abastecimiento urbano y turístico. Aquamed suministra agua a Águilas a 0,42 €/m<sup>3</sup>, incluida la elevación (0,06-0,07 €/m<sup>3</sup>), con poca adquisición privada. En Lorca el precio es algo menor y usa derechos privados; en años lluviosos llega a haber excedentes, que se pueden poner a la venta. El agua del ATS tiene un precio fijado en 0,30-0,32 €/m<sup>3</sup>. En el área tiene gran peso la Junta de Hacendados de la Huerta de Murcia. En cuanto a la gobernanza en realidad la CHS no tiene suficiente capacidad para controlar y no puede hacer contratos de cesión. En realidad no se sabe que destino tiene una parte del agua. El Campo de Cartagena recibe agua del ATS y no suele comprar agua debido a los altos precios. Las aguas del Canal del Taibilla tienen un precio para el abastecimiento humano de 1,15-1,20 €/m<sup>3</sup>.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
17-131106R	6 de noviembre de 2013	Confederación Hidrográfica del Segura

### Entrevistas

- a), primera parte: Jesús García (Jefe de Planificación de la CHS), Ramón Aragón (IGME) y José Luis García Aróstegui (IGME);
- b) segunda parte, con la incorporación de Francisco Cabezas (Director del Instituto Euromediterráneo del Agua, y profesor de la Universidad de Murcia) y Melchor Senent (Director saliente del Instituto del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Murcia), y la presencia temporal del Presidente de la CHS (Miguel Ángel Ródenas Cañada)

### Comentarios

Se comenta el objeto del proyecto para relacionarlo con lo que está haciendo y se perfila la cuenca del Guadalentín como un área de interés especial. Se informa de la inmediata publicación de un libro del IEA que contiene aportaciones de gran interés para el proyecto; se facilitará un ejemplar. El Presidente de la CHS aporta dos publicaciones de interés sobre la reutilización en la Cuenca del Segura. Según el borrador del Plan Hidrológico de la Cienca del Segura, el exceso de extracción se valora en 285 hm<sup>3</sup>/a en 2010. En el Vinalopó el principal usuario es Aguas Municipalizadas de Alicante y mide las extracciones. Existe una Junta Central de Usuarios (la preside Vicente Richart) que se formó entre otras razones para hacer posible el transvase de aguas desde el Júcar (gestionada por JM Aragonés). Se trata de cubrir costes del agua destinada a abastecimiento y las que van al Consorcio de Aguas de la Marina Baja y Alacantí. El acuífero Ascoy-Sopalmo está muy estudiado y no existe una clara solución para su déficit de agua, que es de carácter local. En el Alto Guadalentín han desaparecido humedales y Los Saladares de Alhama, y el secado de las Fuentes de Caravaca-El Cantil. La utilización intensiva de agua en el área de Lorca se inició en 1960, con un exceso de 88 hm<sup>3</sup>/a; se aportó agua con el ATS (Acueducto Tajo-Segura), pero como primeros datos a comprobar, del agua aportada se queda sólo la mitad; el resto es aporte de agua desalinizada en Águilas. Existe el Sindicato de Aguas de Lorca. El exceso de explotación sobre los 20-30 hm<sup>3</sup>/a estimados en los primeros estudios, y luego rebajados a 7 hm<sup>3</sup>/a por A. Sahuquillo en elaboraciones para el Plan de Ordenación, se compensa con aguas regeneradas (90% de las aguas usadas) y aportes desde los embalses de Puentes y Valdeinfierno para regular el regadío. La CHS considera que en el área casi no hay pozos de <7000 m<sup>3</sup>/a, ni clara ilegalidad ni aumento de superficie de agua regada desde 1998. En el Valle del Alto Guadalentín la explotación de las aguas subterráneas la inició de forma intensiva el IRYDA con la construcción de sondeos y la iniciativa privada entró en 1965-1970; los niveles freáticos estaban a unos 10 m de profundidad en 1960 y hoy

pueden superar los 200m; se comenta que según la revista NatureGeos, los estudios preliminares apuntan a una subsidencia del terreno en una zona entre el Alto y el Bajo Guadalentín que podría haber llegado a alcanzar valores máximos de 1,5 m en 10 años al SE de la ciudad de Lorca, aunque no se apoya este dato; actualmente recibe agua de la Sierra de Espuña. No hay organizaciones de usuarios representativas. El Medio Guadalentín es muy diferente del Alto. Mientras en el Alto Guadalentín sí que hay minería del agua subterránea, no existe claramente en el Bajo Guadalentín. El ATS no llega a Mazarrón, que utiliza sondeos propios en La Hoya. El transvase Negatín-Almanzora llega a Pulpí a menor precio que el agua desalinizada en Águilas, por lo que se prefiere cultivar en Pulpí. En el Segura aumenta la producción de frutos, que aporta 3·10<sup>9</sup> €/a, con 3·10<sup>6</sup> t/a exportadas, para las que no se recibe subsidio de la PAC; el valor de exportación es de 1€/kg, con 0,2 €/kg de producción. El Plan Hidrológico del Segura aún no está en la web y deberá estar el 30-12-13 (en realidad no ha sido aprobado el 06-03-2014); en el mismo se considera la recuperación de costes del agua.

**NOTA:** Aunque se recoge el contenido general de la reunión, se pueden realizar muchas matizaciones, especialmente cuando se citan valores o referencias concretas, debido al carácter relativamente informal de la propia reunión, la que básicamente se realizó con el objetivo de presentar el proyecto identificar zonas de interés y requerir la colaboración (J.L. García Aróstegui y R. Aragón).

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

---

<b>Nº</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lugar</b>
18-131121aR	21 de noviembre de 2013	La Laguna

---

### Entrevistas

D. David Díez Frontón, Aqualia (La Laguna, Tenerife)

---

### Comentarios

Se ve como importante y conveniente la potenciación de la Cámara de Agua, el funcionamiento del mercado del agua con la mayor libertad dentro de unas normas generales, encontrándose satisfactorio el modelo actual sin lugares físicos de transacción pero con actores identificables. Se considera que debería continuar la actividad de extracción de agua subterránea mediante las actuaciones para tratar de mantener caudales, en especial de las galerías, con control sobre la producción de pobre calidad química (salinidad, carácter bicarbonatado sódico y contenido en flúor y también de nitrato en las captaciones de baja altitud), con limitación de la toma, mezclas adecuadas y combinación con tratamiento y agua desalinizada según los costes resultantes.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
19-131121bR	21 de noviembre de 2013	Hotel Aguere, La Laguna

### Entrevistas

D. Luis-Olavo Puga de Miguel (continuación de conversaciones anteriores) y D. Sergio Rodríguez Rodríguez, Gerente de la Comunidad de Aguas Unión Norte de Tenerife (sede en Santa Cruz de Tenerife)

### Comentarios

En la actualidad la actividad para mantener caudales de las galerías es muy reducida, con trabajos en unas pocas y con autorizaciones de prolongación por el Consejo Insular de Aguas de distancias cortas y a resultas de un documentado expediente administrativo. Esto implica costes fijos relativos muy elevados, lo que puede constituir una "barrera de entrada". En el momento actual no les consta la presencia de un número importante de máquinas perforadoras de pozos permanentes en la isla (se contratan en Valencia cuando hace falta); también ha mermado acusadamente el mantenimiento de los pozos canarios. Con mayor liberalización en las autorizaciones de mantenimiento de caudales la actividad se reanuda, en un contexto de grandes grupos con vistas a mantener la producción y evitar captar aguas con exceso de flúor o con contaminación creciente. No participan de la idea que mayor extensión de las obras vaya unido a empeoramiento de la calidad. Existe una disponibilidad en toda la vertiente norte de la isla de 14.000 pipas/hora (1pipa = 480 litros). Estos recursos no son explotados al 100% sino que varían los porcentajes en función de la demanda ya que debido a los altos costes energéticos, muchos pozos se encuentran parados. De estas 14.000 pipas/h, se explotan en régimen continuo del orden de 2.500-3.000 pipas/h con niveles muy altos de fluoruro, lo que ocasiona gran parte de los problemas. La media anual de explotación de 8.000-10.000 pipas/h en el norte. Los precios de prolongación de las galerías son muy variables en función del tipo de terreno, pero en términos medios es de 1500-2000 €/metro perforado, de los cuales el 40% se destina a cubrir el coste asociado a los explosivos.

Existe la Cámara Insular de Aguas (al igual que en la isla de La Palma), que se creó poco después de 1970 para considerar lo dispuesto en la Ley de Aguas Española y luego en la Ley de Aguas de Canarias (finalmente aprobada en 1990 para enmarcar el proceso de conversión de los derechos existentes previamente en concesiones, con una parte de los afectados de acuerdo, pero con otra parte significativa en contra. Los socios de esa Asociación (es la figura jurídico-administrativa que mejor le cuadra) aportan una cuota por captación. Su actividad actual es muy reducida. La preside D. Jesús Mesa y D. Carlos Acevedo es uno de los miembros. Sin embargo tiene un buen potencial para la gestión.

El Plan de Balsas que gestiona BALTEN, de promoción pública, es de efectividad entre dudosa y desestabilizadora al haber derivado su actividad desde la regulación de excedentes a la de oferta de aguas al mercado, con una gestión que ha llevado a interferir con el mercado existente de forma poco eficaz, con oferta de agua de baja calidad por incorporación de aguas excedentes no vendibles e impacto negativo del aumento del precio de la energía. En realidad BALTEN ha entrado en crisis de disolución en 2012.

Su gestión por la iniciativa privada se considera de interés. El destino del agua ha variado desde el predominantemente agrícola al de abastecimiento de población y turístico, que es una demanda más estable y que requiere mantener la calidad. Eso se hace mediante el arrendamiento negociado de agua, tanto de la propia como la de terceros. En el mercado del agua el tipo de comprador y vendedor ha cambiado. De los dos mercados de agua, los títulos o "acciones" prácticamente ya no se hacen transacciones en la "bolsa de aguas" de la confluencia de la calle del Castillo con la plaza Weyler, en Santa Cruz de Tenerife. En todo caso, este tipo de transacciones ha decrecido sensiblemente, y sus compraventas posiblemente se realizan más con mediadores o en el medio virtual. El agua física se comercia pero no en un lugar concreto sino ahora se hace virtualmente mediante mediadores. Sin embargo han renacido pequeñas transacciones de caudales para usos agrícolas para personas que retornan a esa actividad personal a consecuencia de la crisis económica.

El transporte del agua se hace con redes operadas por las propias comunidades -tanto de las creadas para alumbramiento de aguas como de las constituidas para el transporte de las mismas- que están reduciendo pérdidas y logrando mayor eficacia en el transporte mediante la modernización de la infraestructura y sistemas de gestión, incluso con telecontrol (Canal de Araya, entre otros).

La llamada cultura popular del agua -uso exquisito de la misma- de Canarias es algo que se ha ido perdiendo en un sector de la población menos ligado a la agricultura, aunque existe en parte en la gestión del sector turístico debido a los elevados costes de producción a los que tienen que hacer frente.



## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
20-131122R	22 de noviembre de 2013	Galería La Atalaya, La Matanza de Acentejo, Tenerife

### Entrevistas

Dr. Juan Santamarta Cerezal (Universidad de La Laguna), D. Rafael Juan Lario Báscones (seguridad minera, Gobierno de Canarias) y D. Rafael Fenoll (facultativo de obras en galerías y pozos)

### Comentarios

Es una de las pocas galerías con autorización de extensión que va a iniciar las actividades tras la paulatina reducción de caudales respecto a las 500 pipas/hora autorizadas (2,5L/s). Se trata de perforar el tercer dique. En la perforación del segundo dique, a pesar de que la cata de frente no indicaba gran nueva producción, se produjo una aportación que adicionada a la remanente excedía la concesión, con lo que ese exceso se tuvo que verter al exterior sin aprovechamiento. El agua captada, antes de la boca de galería es elevada por bombeo 54 m a través de un pozo vertical para alcanzar la cota del canal de distribución. El agua tiene una CE que crece desde 250 a 310  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a lo largo de la galería, a temperatura constante de 17 °C. La galería tiene una pendiente de 0,5%. La extensión de la galería se considera rentable. Otras galerías próximas a mayor cota están secas. Eso es conocido y la agrupación de los propietarios en Comunidades-Uniones compensa los problemas por interferencias. Existe un proyecto de perforar un pozo profundo dentro de una galería próxima para captar agua a menor cota, lo que en futuro afectará a esta galería, al menos a parte de la producción.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
21-131127R	27 de noviembre de 2013	Las Palmas de Gran Canaria

### Entrevistas

D. José Luis Guerra Marrero, ex-gerente del CIAGC

### Comentarios

Continúa la presión por seguir con la explotación de agua subterránea, en parte por la falta de otras ofertas ante la escasa inversión pública. El uso agrícola se concentra en la producción de tomate en el SE, con tendencia al monocultivo y sus riesgos ante la competencia de mano de obra más barata y buena comercialización del NE de África. Las transacciones de agua subterránea y de presas privadas es cada vez más virtual, aunque se siguen identificando los centros de Gáldar, San Mateo y Vecindario. El CIAGC gestiona y pone a disposición el agua de las presas del S (Chira, Ayagaures.....) y el agua regenerada tras reducción de la salinidad por electrodiálisis, y la parte pública de desalinización del agua del mar. No hay recuperación total de costes, sólo de la operación y parte de la reposición, pero es próximo al total para agua del mar, no para el servicio de abastecimiento urbano y depuración. No hay una verdadera conciencia en los generadores de agua, administración del agua y usuarios de la escasez de agua al no existir una visión general sobre el medio y largo plazo. Algunos emprendimientos, como los asociados a la Comunidad de Regantes del Norte, con centro en Gáldar, se han aprovechado de cuantiosas subvenciones.

**NOTA:** el contenido de la entrevista no ha podido ser confirmado el participante.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
22-131203aF	3 de Diciembre de 2013	Consejo Insular de Agua de Tenerife

### Entrevistas

D. José Fernández Bethencourt (gerente CIATF), D. Jesús Mesa (presidente Cámara de Aguas TF), D. Juan-José Braojos (asesor y exfuncionario CIATF). D. José Luis Velasco (economista del CIATF) y D. Javier Custodio Ayala (apoyo MASE)

### Comentarios

Se comentó el estado actual de la explotación, transporte y demanda de agua subterránea en TF y la producción y demanda de agua salobre desalinizada, agua residual regenerada y agua de mar desalada; la producción de esta última sirve de regulación ante la demanda global. La actividad para mantenimiento de caudales de galería es hoy pequeña, por los controles administrativos preceptivos y por sus altos costes. Actualmente hay pocas máquinas de perforación de pozos en TF y en los momentos punta se traen desde la Península. El descenso de producción se ha visto compensado con la reducción de demanda agrícola, por aumento de la eficiencia de aplicación y de la red de transporte, con la reducción de la producción de tomate - no de la platanera, que sigue activa -, y la reducción de pérdidas en el abastecimiento urbano; aunque en ese campo se requieren aún más actuaciones. La actividad privada en el aprovechamiento y oferta de agua subterránea continúa pero es moderada y en parte es suplida por la actividad pública, especialmente en desalinización y regeneración. Los precios del agua subterránea privada (0,40 - 0,50 €/m<sup>3</sup>) se establecen en régimen de mercado y la oferta pública en régimen de servicio público con recursos alternativos (regenerada a 0,50 €/m<sup>3</sup> y desalinizada a 0,70 €/m<sup>3</sup>) incide en el mercado antedicho, ayudando a mantener los precios en un nivel compatible con el sostenimiento de la necesaria actividad privada. En TF buena parte de los derechos de agua están inscritos en el Registro de Aguas Públicas, lo que en su momento fue aconsejado como estrategia del sector, liderada por la Cámara de Aguas. Recientemente ha aparecido una demanda de agua en medianías, antes casi no existente, para producción de hortalizas y frutas para el consumo local por venta directa; en parte como complemento de ingresos de personas afectadas por la crisis económica. Se comentó el origen y función de BALTEN (Balsas de Tenerife), que es una entidad dependiente del Cabildo, y su evolución en la puesta a disposición de agua para la agricultura. No produce por sí misma agua subterránea sino que principalmente almacena sobrantes de aguas de galerías de particulares, para luego: 1/3 reintegrarlo a los depositarios, 1/3 poder ser adquirida preferentemente por los mismos a un precio público establecido y 1/3 ofertarlo a cualquier demandante a dicho precio público. Estos acuerdos a veces resultan difíciles de mantener en épocas secas. Hay galerías que han establecido o están estableciendo cierres en los diques basálticos

perforados, cuando es posible (presenta muchas dificultades), para regular la producción de agua. La existencia de aguas de galería con sales en exceso y conductividad eléctrica elevada es un problema importante en varias comarcas de la isla (especialmente por exceso de flúor en el NW y NE), que se mitiga con mezclas; se trata con desalinización de las aguas salobres o prohibiendo el aprovechamiento de las mismas. Asimismo no se autoriza la explotación de pozos con agua excesivamente salina, controlando su nivel de cloruros para reducir la intrusión marina. La eliminación de F del agua se realiza en plantas desalinizadoras, pero es costoso (con un coste adicional del orden de 0,30 €/m<sup>3</sup>). Los retornos de las salmueras de las plantas desalinizadoras de aguas salobres - para usos urbanos y agrícolas - se transportan hasta la costa y se vierten en pozos a unos 100 m del litoral, para no afectar al acuífero en áreas más alejadas y al tiempo evitar la complicada tramitación de permisos en la franja de servidumbre de costas. Se recalca el hecho de que las entidades financieras nunca han invertido en el aprovechamiento de aguas subterráneas por la incertidumbre de la empresa, combinando éxitos con fracasos, lo que supone un elevado riesgo financiero, que tradicionalmente ha asumido el ahorro privado, pero que cada vez se está retrayendo más. La tradicional cultura del agua, basada en las dificultades para aprovechar por la iniciativa privada los recursos subterráneos y transportarlos a largas distancias, hasta donde se les requería, paulatinamente ha venido evolucionando hacia un sistema más convencional y con una mayor intervención de la Administración pública. El CIATF, como organismo de cuenca de la isla, controla (mediante sus instrumentos administrativos) y planifica (mediante el Plan Hidrológico y modelos de simulación) ese cambio, al tiempo que se implica cada vez más en la gestión de la oferta de agua, tanto en cantidad como en calidad; principalmente de agua regenerada (implantando las tecnologías más avanzadas de depuración de aguas residuales y gestionando la puesta a disposición del agua regenerada a través de BALTEN en régimen de servicio público) y de mar desalinizada, al tiempo que desalinizando aguas salobres (en colaboración con los Ayuntamientos, para el abastecimiento de la población y el sector turístico).

**NOTA:** el contenido de la entrevista ha sido revisado y complementado por D. José Fernández Bethencourt.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
23-131203bR	3 de Diciembre de 2013	Las Palmas de Gran Canaria Bolsa de Aguas de Tenerife, Subida de Taco, Santa Cruz de Tenerife

### Entrevistas

D. Eulogio Rodríguez, exgerente de la Bolsa de Aguas de Tenerife y J. Custodio Ayala (apoyo MASE)

### Comentarios

La Bolsa de Aguas es la evolución de una iniciativa nacida en 1928 para dar apoyo logístico a las actividades de perforación para agua en TF, principalmente galerías. La actividad ha ido mermando paulatinamente de modo que la venta de carril minero ha decaído desde 30 km/a en la década de 1960 a menos de 1km/a actualmente. Los ahorros invertidos en las galerías es actualmente poco atractivo y sólo supone del 5% al 10% de lo que fue. El coste actual de prolongación de galerías (previa autorización del CIATF para mantener caudales o completar concesiones no caducadas) en del orden de 2000 €/m, de los cuales 600 a 800€/m es para los explosivos (información procedente de la visita realizada a galería La Atalaya el 17-11-13) debido a los sobrecostes de la escasa actividad y mayores controles. BALTEN es una solución para los agricultores, en especial los del N, y distribuye actualmente agua a unos 0,49 €/m<sup>3</sup> a través de su extensa red de tuberías. En el N las galerías de producción que estaban a la cota 800m hoy están mayoritariamente secas, con la excepción de las dos galerías altas del Barranco de Vergara, y hoy están substituidas por otras a la cota 200 m, buena parte de ellas ya con baja producción.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
24-131203cR	3 de Diciembre de 2013	Gabinete González Messeguer Abogados, Santa Cruz de Tenerife

### Entrevistas

D. Carlos Acevedo (SAVASA), D. Felipe González Domínguez (SAVASA) y D. Javier Custodio Ayala (Apoyo MASE)

### Comentarios

Lo comentado hace referencia principalmente al N de TF. Los consumos de agua han ido disminuyendo y con una capacidad de producción en su área entendida toda la vertiente norte de la Isla de Tenerife desde Buenavista del Norte hasta Santa Cruz de Tenerife de 14.436 pipas por hora (pp/h) en el caso de las galerías y 6.156 pp/h en el caso de los pozos (datos de 2010). Producción real de agua. Muchos pozos y galerías están muy por debajo de los caudales que tienen autorizados, ya que la demanda ha caído notablemente desde 2007 hasta la fecha, y salvo episodios puntuales en épocas estivales y principalmente en cotas medias de la isla no hay problemas de escasez sino todo lo contrario.

Los precios han seguido paralelos a la evolución del IPC e incluso por debajo. Y en términos absolutos por debajo de los que marca la administración insular a través de BALTEN. Se reseña también que los precios de transporte están por debajo de los que marca el CIATF para las redes de transporte que le son propias.

Y en la actualidad debido a la menor demanda existe capacidad ociosa de transporte en los principales canales de transporte, cuando antes no la había.

En lo que a SAVASA respecta, la disminución en cuanto a la venta de agua destinada a servicios públicos de abastecimiento ha sufrido un descenso del 20% en cinco años desde 2008 hasta la fecha, debido al menor consumo.

En cuanto a la política inversora del Consejo Insular de aguas, se echa de menos un mejor estudio previo de las necesidades porque en cuanto a desalinizadoras de aguas terrestres se han ejecutado infraestructuras muy costosas que o bien están infrautilizadas en la actualidad (Aripe) (Buenavista) o bien ni siquiera han entrado en funcionamiento (Tamaimo en Santiago del Teide o Reventon en Icod) por falta de demanda de los usuarios, o bien porque la agricultura a quien va destinadas no puede pagar los precios.

Pero menos agua no significa necesariamente menor precio de venta. Los precios a los ayuntamientos son objeto de propuesta que luego se negocia a la baja en contratos de cierta duración (1 año). El CIATF puede estatutariamente intervenir los precios pero hasta ahora no ha ejercido esa facultad para no intervenir el mercado, aunque lo hace allí donde ofrece agua o se ofrece a través de BALTEN. Los precios se establecen principalmente por los grandes productores y consumidores y los pequeños se adaptan. De la negociación resulta una evolución de precios parecida a la del IPC o algo menor, salvo en 2008, en que hubo un notable incremento de las tarifas eléctricas. Puede faltar agua en veranos secos en cultivos de medianías, pero hasta ahora el cultivo de la platanera ha conseguido siempre el agua que necesitaba. La administración no hace requisas de aguas en caso de problemas de cantidad o precio muy alto, salvo en una ocasión en que el resultado fue contrario al buscado, con incremento de los precios. Eliminar el F de las aguas con contenido excesivo cuesta del orden de 0,5 €/m<sup>3</sup>, por lo que para el aprovechamiento se prefiere recurrir a la mezcla de aguas. La gestión de BALTEN no es adecuada en sequías, por falta de agua que ofertar en cantidad y calidad.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
25-131204R	4 de Diciembre de 2013	Oficina de TAGUA en Santa Cruz de Tenerife

### Entrevistas

D. Luis González Sosa (TAGUA) y Javier Custodio Ayala (apoyo MASE)

### Comentarios

Hay una demanda de agua creciente para abastecimiento urbano y turístico y en retracción para agricultura, y la cierta calma de la demanda agrícola actual es por las subvenciones de la PAC, que cesarán en 2016. Existen problemas sociales derivados de la Ley de Aguas y su interpretación y aplicación, que tiende a estrangular a las comunidades de agua, que además los pozos sufren del incremento de la tarifa energética y las galerías del incremento en los costes de las obras de avance y mantenimiento. La actual concentración de la demanda favorece la tendencia al oligopolio, lo que repercute negativamente en el funcionamiento del mercado.

En TF hay unos 30,000 tenedores de participaciones de agua, que de forma directa o indirecta se ven afectados por la concentración de la demanda con una decreciente rentabilidad de su propiedad. Mayoritariamente afecta a personas de edad avanzada que cuentan con esos ingresos como complemento a sus pequeños ingresos. El volumen de inversión del sector privado no está cuantificado y aún hoy la inversión es significativa, por lo que de continuar la senda de desincentivación del sector, las Administraciones Públicas se verán abocadas a sustituir esa capacidad inversora, detrayendo recursos para otros fines y afectando al tejido empresarial isleño.

El creciente protagonismo de las corporaciones financieras y multinacionales presentes en el sector del agua acentúa el problema de transferencia de renta que afecta a la economía canaria. Existe asimetría en la aplicación de la normativa, que se exige con rigor a la iniciativa privada y más laxamente a la iniciativa pública, e incluso con diferencias según la isla, aun cuando la legislación es común para todas ellas. El futuro es poco halagüeño para la iniciativa privada de capital canario. La posibilidad de que las Administraciones Públicas acaben supliendo la capacidad inversora privada entraña el riesgo del ritmo de ejecución de sus planes, pudiendo acentuar la amenaza por desabastecimiento en épocas secas, cuando actualmente ese problema no existe a pesar de que puedan existir altos precios del agua en ciertos momentos. En el campo de la reutilización aún queda mucho por hacer. Las inversiones públicas se hacen con dinero que en realidad se detrae de

otras coberturas que debe dar a la población, supliendo el papel que ha realizado la iniciativa empresarial. La visión sectorial del agua produce deformaciones que lleva a vicios e ineficiencias. El coste del agua no ha condicionado la actividad agrícola. En este sector tradicionalmente el agua ha estado muy ligada a la tierra, pero ya no tanto y se confía en el agua ofertada por otros, lo que es un cambio notable de cultura, y deficiencias en el sistema puede llevar a fallos de disponibilidad que antes no se producían.

Así hay agricultores que ha prescindido de sus balsas de regulación. El sector del agua en Canarias ha contado con un papel destacado del sector empresarial, habiéndose iniciado en estos últimos años una senda a favor de lo público, contradictoria con lo hecho en otros sectores igualmente estratégicos (electricidad, telefonía) que han tendido a la liberalización para la búsqueda de eficiencias.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
26-131205F	5 de Diciembre de 2013	Oficinas de Juliano Bonny Exportadores, Las Palmas de Gran Canaria

### Entrevistas

D. Fernando Ojeda (Juliano Bonny Exportadores)

### Comentarios

La producción de tomate en GC está activa y con futuro, a pesar de cierta reducción de la superficie cultivada. Se ha tecnificado notablemente, con nuevas especies más altas bajo malla de techo y lateral y recogida mecanizada con maquinaria especialmente diseñada. La producción es de 75 t/fanegada. Buena parte de la energía (80%) es autoproducida eólicamente por Bonny Exportadores y se gestiona bajo las condiciones de consumo asociado. La producción fotovoltaica no ha dado el rendimiento económico esperado en las circunstancias actuales y se ha dejado. El agua es mayoritariamente agua marina desalinizada y regenerada con reducción de la salinidad por ósmosis inversa al final del tratamiento. Se hace con membranas de alto rechazo de B de modo que queda en 0,9 a 1 mg/L. La producción de pimiento no continúa y se hace ahora preferentemente en el Levante Español. En el pepino, del que la empresa es el mayor productor de Canarias, con producción en el N y el NE. Se ha evolucionado hacia el cultivo de la variedad de plátano llamada gran enana, con densidad menos de plantas. El plátano tiene una subvención de 0,36 €/kg, mientras que el tomate sólo tiene algo de subvención en el transporte. En desalinización se prefiere flexibilidad para acomodarse a la demanda yendo a plantas menores con elementos comunes que permitan disponer de un almacén de repuestos y bombas de pistón de alta eficiencia que evite paralizaciones. Eso hace que tengan mayor utilización y menor coste de producción real que las públicas, de mayor tamaño.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
27-131209R	9 de Diciembre de 2013	Sede la Heredad de Hacendados de Arucas y Firgas, Arucas, Gran Canaria

### Entrevistas

D. Pedro Santiago Henríquez (Mino) de la HAAF y Dr. María del Carmen Cabrera (ULPGC)

## Comentarios

### Heredades de aguas y Heredad de Aguas de Arucas y Firgas

Las Heredades de Agua son entidades sin ánimo de lucro y por lo tanto no pueden tener beneficios. Las cargas establecidas (dividendo pasivo) sobre la provisión de agua a sus miembros (accionistas) son para cubrir los costes de personal, energía, mantenimiento, obras y otros gastos estatutariamente regulados y aprobados por su Junta. Se gobiernan por la Junta General de hacendados mediante voto por mayoría de los presentes y con derecho a votar por tener derechos reconocidos mediante documentación notarial.

En la Heredad de Aguas de Arucas y Firgas, a la que hace referencia lo que sigue, la gestión la realizan los 12 miembros de la Junta Rectora (Presidente, dos vicepresidentes, tres claveros y 6 vocales, elegidos y nombrados por la Junta General. La Junta Rectora se reúne unas ocho o diez veces al año o cuantas veces sea necesario por convocatoria del presidente. Entre otras cosas decide el precio del agua a los herederos que la usen (propia o cedida por otros), cuyos ingresos son para el funcionamiento de la Heredad. Inicialmente las aguas procedían de nacientes y luego de presas de retención de escorrentías y de galerías, por lo que esas aguas se captaban a coste cero al ser rodadas. Cuando se empezó con las captaciones de pozos, primero extrayendo el agua mediante motores de combustión interna y luego con energía eléctrica, hubo que regular los gastos asociados. Hasta principios del año 1900 los gastos de la Heredad eran sólo los de construir los entramados de acequias, canales, depósitos, presas, empleados, etc., por lo que las sobras de dinero para los herederos eran cuantiosas, sobre todo para aquellos que no tenían terrenos para regar; tan solo se cobraba una parte del llamado dividendo pasivo, para solventar gastos y compras de terrenos. En 1909 se aprobó una Ley que disponía que todos los propietarios de terrenos que quisieran hacer pozos o galerías lo podían hacer, con el requisito de separar unas captaciones de otras 100 metros. Esto fue una debacle para las Heredades y Comunidades de Regantes, que vieron que sus acuíferos peligraban al poder perder la totalidad o parte de sus aguas sin coste de obtención.

Habiendo ya entonces realizado la mayor parte de las obras de acondicionamiento, se vivían tiempos de bonanza, en particular por los grandes beneficios del agua ya que los nuevos cultivos regados existentes necesitaban de mayores caudales de agua, en especial debido al auge de la platanera en la zona de costa. Para protección de sus áreas de captación, las Heredades empezaron a adquirir grandes cantidades de terrenos para evitar que otras personas realizasen obras de captación por los alrededores de sus acuíferos, que ya notaban la merma de agua en sus captaciones. Las compras de terrenos no supusieron solución alguna ya que cada año se necesitaba más agua para una agricultura en expansión y no podían con el caudal captado tradicional hacer frente a su necesidad. Por esta razón se tuvo que aumentar la obtención de agua perforando pozos y galerías, con un total de diez pozos adicionales a una veintena de galerías existentes, desde la década de 1930 en adelante hasta casi finales de la de 1980, cuando cambió nuevamente la legislación.

Unas de las principales causas del poderío y gran relevancia de las Heredades en la Historia de Canarias es que las aguas eran sin coste de obtención, de modo que con los beneficios se podían hacer muchas cosas, tanto de índole empresarial como social. Se podía satisfacer las demandas de las aguas, realizar obras y tener sobrantes económicos para sus Herederos y también para ayudar a las personas necesitadas y funciones sociales, como de cualquier índole, que la Junta General acordara en aquel momento. Desde la conquista de Canarias, en 1484, cuando se hicieron los repartos de tierras y aguas por el conquistador D. Pedro de Vera, las Heredades empezaron a funcionar como encargadas de los repartos de las aguas. Posteriormente, en 1529, la Real Cédula de la Reina Católica Dña. Juana de Castilla nombraba a los Alcaldes de Agua. Estos alcaldes de agua estaban encargados del reparto ecuánime de las aguas y presidentes de las Heredades, además de alcaldes de las villas y pueblos. Debían reunirse cada cuatro años con todo el pueblo para ver las necesidades que había para intentar ayudar a mejorar la convivencia de los pueblos; al



ser todo el pueblo convocado, todos tenían palabra pero tan solo tenían voto y la última palabra los que sobrepasaran las seis horas de agua de la Heredad. Se renovaban cada seis meses y contaban con un gran poder social. De aquí la gran importancia que tuvieron previamente las Heredades ya que hacían de ayuntamiento. Los Presidentes eran los mandatarios, el agua era el poder, los que tenían el beneplácito de poseer agua eran los grandes dueños de las grandes fincas, que con las mismas ayudaban y daban de comer al pueblo, muchas veces haciendo dejación del derecho de cobrar sus aguas y dando sus dividendos a los más necesitados, llegando hasta hacer cocinas económicas para las que daban fuertes cantidades de dinero diario para dar de comer a los pobres en épocas de epidemias, como la del cólera morbo. Las Heredades eran capaces de gestionar las necesidades de los pueblos en momentos muy marcados y necesitados, además de saber y controlar sus caudales y regular y moderar sus gastos. Esto duró hasta 1826, ya que en adelante empezaron a funcionar los Ayuntamientos, siendo ya constitucionales en 1854, hasta el día de hoy.

Las aguas de la Heredad de Arucas eran para el abasto del pueblo. La policía encargada de la vigilancia de las aguas marcaba los horarios para que hubiese horas para lavar, para beber los animales y para limpiar, y las pertinentes horas para tomar agua para consumo humano. La propia Heredad ponía a disposición del pueblo un agua llamada el Chorro de San Juan, que se destinaba a estos menesteres, aparte de la que se soltaba para cada agricultor.

Al principio se evitó la construir los pozos, pero el agotamiento progresivo y rápido descenso de los caudales de los nacientes a causa de la importante construcción y explotación de pozos por particulares obligó a su construcción y operación para mantener los caudales disponibles, además de adquisiciones ocasionales de agua en el mercado. Así se pasó de regular caudales con gastos moderados a tener un importante y creciente sumando de energía para la extracción de las aguas de los pozos.

Los precios atribuidos actualmente a la azada de agua, o sea 12 horas de agua de casi 3,8 L/s (166,033 m<sup>3</sup>) son de unos 100 €, estado en el mercado a unos 120 €, o sea alrededor o sea alrededor de 0,40 y 0,45 €/m<sup>3</sup> respectivamente. Estos valores pueden variar según la estación y la pluviosidad del año. Por debajo de 100 €/azada ya no se recuperan costes. El exceso de agua producida en un momento no se pone a la venta por la Heredad (cada heredero lo puede hacer con su agua) sino que se agrega a la "gruesa" (total de agua) y así se puede acortar el tiempo entre las dulas (turnos) para aumentar su frecuencia anual, que normalmente es de 5 ó 6 veces al año. La mayoría del agua es para el riego de plataneras. La superficie cultivada ha disminuido así como la demanda de agua de la Heredad al existir ahora en el área considerada una oferta de agua marina desalinizada de promoción pública.

En tiempos pasados la Heredad tuvo una situación económica muy saneada, lo que le permitió abordar notables obras de canalización y almacenamiento de agua y tener un notable peso social. Hoy esta situación ha decaído notablemente y de hecho atrae mucho menos a la sociedad, de modo que de un número estimado actual de herederos de 700 a 1000, sólo unos 400 tienen derechos avalados con sus documentos notariales. Queda por estudiar la evolución de los precios.

Al ser la Heredad una institución sin ánimo de lucro es normal que en cada uno de los años se apliquen precios diferentes en función de las cantidades de agua disponibles. Por ejemplo, alguna vez en que se han llenado las presas se ha puesto el dividendo pasivo a 40 €/azada, ya que al tener mucha agua salen más dulas, por lo que entran más dividendos en la Heredad; si el presidente cree que se debe mantener dicho precio, lo trata con la directiva explicándoles las entradas y los gastos; si se cree que el balance es suficiente se mantiene el precio pero si se ve que a fin de año se van a quedar cortos para hacer frente a los gastos, independientemente de los precios de mercado, se sube el precio en 10 o 20 €/azada, pero hasta por debajo del precio mercado de casi 50 €/azada que percibe el heredero. El heredero que no riega con su agua por no tener tierras, o bien se la deja a un administrador o la vende a otra persona que necesite de agua para riego, que no necesariamente debe ser heredero para ello; tan solo paga el dividendo en la Heredad; en ello no interviene la Heredad. Se benefician terceros agricultores que no tienen agua de la Heredad y que a través de otras personas pueden tenerla; también intervienen los administradores de aguas, que son empresas que se dedican a captar herederos sin terrenos para especular con sus aguas, aunque esto va en contra de los beneficios del resto de herederos con terrenos a los que falta agua para su riego, pero la Heredad no puede intervenir, a no ser que se constituya como empresa, Comunidad de Regantes, y para ello se dé de alta como tal, pero esto cambiaría todo el sistema de funcionamiento de la Heredad, como ya lo han hecho la mayoría de Heredades de Gran Canaria.

Si la Heredad no necesita dinero, podría hasta dar el agua por un módico precio. Ha habido años en que se ha tasado el agua a 1000 pta/azada (6 €/azada) en el año 1993 mientras en el mercado estaba en verano a 16.000 pta/azada (96 €/azada), de modo que el que tiene tierras riega casi gratis y el que no tiene terrenos vende caro y obtiene más capital. Sin embargo esto fue una acción desenfocada al tener la Heredad que conseguir créditos al año siguiente para cubrir los gastos al quedarse sin activos; lo mejor es hacer un buen estudio económico ajustado para todo el año, siempre con un pequeño sobrante para atender a cualquier gasto inesperado; si luego no fues necesario se puede invertir en su patrimonio para restaurarlo y mejorarlo.

## Notas sobre la forma de los repartos de agua.

El correcto funcionamiento de las Heredades y otras instituciones que reparten agua requiere de un adecuado modo de hacer esos repartos de forma segura y precisa, y eso con los medios que se pudo disponer en cada momento, que son muy distintos de los actuales.

Los repartos de las aguas de la Heredad de Aguas de Arucas y Firgas son muy peculiares, quizás únicos. Se hacen en función del caudal que cada uno posee en cada día de dula (turno). Para ello existen unos estanques reguladores y unas cantoneras de reparto. Antiguamente cada cantonera tenía 24 bocas o boqueras donde en función de cada heredero se comienzan los repartos, medidos en segundos, minutos, horas y azadas, siendo una azada doce horas. Si por ejemplo en la dula 10 había 56 propietarios de agua, se repartía el agua abriendo las bocas de cada heredero por donde cada uno tenía su riego hasta llegar a su finca, en función del tiempo que cada uno tenía; en el caso de que sobrara agua al heredero, este la vendía o regalaba a otro agricultor de la zona, a título personal, o simplemente decía al repartidor que no se la diese y la incorporase a la gruesa del caudal, de modo que así otros se beneficiaban de ese agua. Si se disponía de 8000 m<sup>3</sup>/día o más se compartía en función del caudal existente en el momento, repartiéndola por horas, no por medida. La Heredad tiene 31 días de dula (31 turnos) a repartir entre sus dueños. Anteriormente incluía a la propia Heredad que contaba con unos pequeños caudales llamados aguas de secuestro, destinados a su sostén económico, pero hace unos años, por acuerdo de la Junta General, se incorporaron a la gruesa para así poder satisfacer mejor los repartos de los herederos. Se empieza por la dula 1 y se termina en la 31.

Hoy se cuenta con poco más de 1200 m<sup>3</sup> en las 24 horas, con lo que con los años ha cambiado el sistema de mediciones. La forma de reparto de hoy día es desde los depósitos, o cantoneras llamadas de medida, una vez llenas, donde existen unas bocas o boqueras de 187 mm de ancho por 30 mm de alto, cada una con unas ranuras laterales de 2 cm donde entra una tablilla que es la encargada de regular el volumen de agua a salir por la boca; esta tablilla mide un poco más del ancho de la boca para que encaje en las ranuras laterales y tiene una altura de 8 cm. Si se levanta la tablilla del suelo de la boca y se pone una vitola (pieza de metal o madera como una pequeña parte de madera para que corra llevado por la mano debajo de la tablilla) de 2,5 cm en la parte baja, pegada al piso, con la altura el agua hasta bien ajustada a la faz de la tablilla por la parte superior, durante 12 horas salen 166,033 L de agua, o sea una azada de agua. Si se quiere dar por una sola boca 2 azadas se tiene que levantar la tablilla 4,7 cm por encima del piso de la boca, que es menos del doble del levantamiento anterior a fin de compensar la mayor presión del agua en la base. Si se quiere dar 3 azadas se levanta 6,7 cm y si se quiere dar 4 azadas son 8,7 cm. Con estas medidas

se pueden soltar varias bocas. Estos procedimientos fueron estudiados por un equipo de ingenieros que estuvieron haciendo las mediciones durante una buena temporada, hasta que los niveles coincidían con todas las cantoneras de repartos y que cada boca tuviese las medidas exactas. Es un trabajo laborioso que lleva dando buenos frutos desde que se implantó a principios del siglo XIX. Las mediciones de aguas con estas cantoneras son más fiables que los propios contadores convencionales de hoy día.

Como el agua es normalmente para agua de riego de plantaneras, se suelen soltar en torno a unas treinta azadas durante 9 horas, lo que quiere decir que supone menos horas pero a mayor caudal. El que en menos horas se dé más caudal de agua no quiere decir que siempre se suelten las treinta azadas; muchas veces es más y otras menos, en función de la demanda de los regantes y de los volúmenes que en ese momento se tengan dentro de los depósitos.

En cada uno de los pozos o galerías que posee la Heredad también se dispone de este tipo de bocas, donde se pueden hacer los aforos pertinentes para saber los caudales que dan en las 24 horas, aunque hoy existen también contadores en cada uno de ellos.

### Nota de edición:

Una azada de Moya son 12 horas de agua a un caudal de 8 L/s, o sea que 1 hora de agua es de 28,8 m<sup>3</sup> en ese lugar vecino a Arucas, con 345,6 m<sup>3</sup> la azada de agua de 12 horas. En Teror, también vecino, son 216 m<sup>3</sup> y el propio Arucas una azada de 30 mm son 201,75 m<sup>3</sup>. Véase J.M. González Rodríguez, Tecnología popular tradicional de los sistemas de riego en Canarias, Anuario de Estudios Atlánticos 37 (1991), Las Palmas de Gran Canaria; J.R. Angollotti, Nota sobre los mercados del agua en Gran Canaria en 1974, El conocimiento de los recursos hídricos en Canarias cuatro décadas después del proyecto SPA-15, Homenaje póstumo al Dr. Ingeniero D. José Sáenz de Oiza, 2013, ISBN: 978-84-938046-0-2; y Dolores de la Coba García.

[http://www.sinewton.org/numeros/numeros/static/al-macen\\_01.php](http://www.sinewton.org/numeros/numeros/static/al-macen_01.php)

<http://www.sinewton.org/numeros/numeros/02/Articulo01.pdf>

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
28-131210R	10 de diciembre de 2013	Área de Geología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

### Entrevistas

Dr. Carmelo León (Departamento de Economía, ULPGC)

### Comentarios

Se comenta diversos aspectos en relación al modelo general de la explotación de pequeña escala en tierras de cultivo, y de pozos de agua en el S de GC. El agua de cultivo de las explotaciones agrarias proviene predominantemente de presas en el área (Barrancos de Chamoriscán y Ayagaures), por su adecuada calidad frente a la mayor y a veces notable salinidad del agua subterránea extraída de los pozos de las zonas cercanas a los cultivos, ubicados en la medianía baja.

Partiendo de una explotación exclusivamente agrícola a mediados del siglo XX se pasó a un modelo de negocio en el que se combina la explotación agraria con la explotación del agua extraída del subsuelo, mediante pozos, pero a finales de siglo la última actividad deja de ser rentable, primero por el alto coste del gasóleo para los motores, y más recientemente por el alto coste de la energía, tras instalar bombas de accionamiento eléctrico; además, la comercialización del agua extraída del subsuelo empieza a presentar importantes dificultades, al sujeta su la venta a grupos empresariales grandes (en este caso dos), en detrimento de otros agricultores y pequeños consumidores.

En algunos pozos, los costes de elevación del agua son muy elevados, debido a que supone elevar unos 200 m hasta boca de pozo más otros 200 m hasta los depósitos, situados en las planicies más altas. Con los beneficios obtenidos no se pueden abordar algunas grandes obras que son necesarias para que el agua se pueda poner a disposición de los posibles demandantes que ofrecen servicios de atracción al sector turístico. Las explotaciones agrarias son de dudosa rentabilidad actualmente a pesar de producir para el mercado del momento.

El tomate se ha dejado para pasar a frutos como el mango/manga y el aguacate. La comercialización pasa por acuerdos con grandes superficies y distribuidores que no dejan suficiente margen y requieren repetidas negociaciones. El cultivo se complica por las numerosas plagas, su difícil control y necesidad de personal cada vez más especializado, lo que supone costos elevados. En los últimos 10 años se han incrementado en un 40%. En un verano más caluroso de lo habitual la pérdida de valor de la producción puede

ser del 70%. En algunas zonas de cultivo la tecnificación del riego con uso de agua a presión no ha sufrido por aumento de la tarifa eléctrica debido a que el agua de presas, a cotas mayores, se puede obtener con conducciones en carga.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
29-131211F	11 de diciembre de 2013	Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria

### Entrevistas

D. José Luis Guerra, exgerente del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria (CIAGC)

### Comentarios

El CIAGC es el propietario y gestor de dos grandes redes de distribución de agua a cota baja en GC (menor a 250 m), una desde LPGC hasta Gáldar por el Norte y otra desde LPGC hasta Vecindario, por el Este y SE. El agua es de desalaminización de agua del mar y de agua usada regenerada y con reducción final de salinidad por ósmosis inversa. Además hay otra red en medianías de Valsequillo. Con objeto de facilitar la gestión, tras no fáciles negociaciones, se ha constituido una Comunidad de Regantes. Otras previsiones similares en otros lugares, como Vega de San Mateo, Valleseco y Moya no se han llegado a realizar aún por falta de recursos económicos. En medianías la demanda de riego es menor y las aguas urbanas regeneradas son suficientes para atender la demanda agrícola. Estas redes están combinadas con balsas de regulación al menos estacional y permiten adquirir agua en momentos de bajo precio.

El agua es tanto de producción local, como traída por bombeo, como de reutilización. Los objetivos es proporcionar a municipios y agricultores agua segura y de calidad, con contador (doble, el del consumidor y el del CIAGC), y a precios que disuadan la continuación del uso de los acuíferos con descensos continuados de nivel y/o degradación de la salinidad y calidad en general. Las obras e instalaciones son gestionadas y operadas mediante concurso específico con empresas privadas, con 5 años de vigencia, reservándose el CIAGC el papel de regulador. En los precios del agua hay una parte que es de fijación política para lograr objetivos generales de gestión, socio-económico y de reducir las ineficiencias que introducen las intermediaciones.

La desalaminización y la regeneración se hace en diversos lugares, según la distribución de disponibilidades y demandas. Se ha buscado la mayor intercambiabilidad de elementos y la prolongación de uso en situaciones menos exigentes a medida que se produce su envejecimiento. Un objetivo adicional en medianías en mantener reservas de agua para la ocasional lucha contra incendios, aunque el consumo y la reserva son pequeños. Esto ya se hace también por iniciativa propia de los residentes. Dado que el bombeo de agua es costoso, la gestión considera que las aguas regeneradas a cierta cota se utilice en otros lugares aguas abajo.

La demanda agrícola de Agaete se cubre en parte con agua regenerada de Gáldar-Guía. La existencia de un umbral montañoso costero entre Arucas-San Felipe y Gáldar hace que el transporte del agua sea energéticamente costoso, pero se ha realizado por decisiones políticas, pero de modo a ser reversible. Por ahora no se realiza recuperación de energía en descensos de cota. Las concesiones son sólo de explotación y la energía es aportada como parte de una negociación entre las empresas eléctricas y el CIAGC, de modo a conseguir las mejores condiciones.

Actualmente se trabaja en conseguir una Comunidad de Usuarios de Agua del Norte. La experiencia en GC es que el lucro real importante del agua subterránea en GC no ha ido a los productores sino a los intermediarios. La eficiencia en la distribución de agua y evitar situaciones abusivas de monopolio en la distribución es un objetivo importante. Se han establecido líneas de ayuda a las Heredades de Agua (no a los particulares) para acceder a créditos para mejorar los canales y conducciones. El CIAGC tiene algunas acciones en Heredades de Agua.

**NOTA:** el contenido de la entrevista no ha podido ser confirmado por el participante.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
30-131216R	16 de diciembre de 2013	conversación telefónica

### Entrevistas

D. Felipe Roque Villareal (ELMASA)

### Comentarios

ELMASA (Eléctrica de Maspalomas SA) explota pozos entre Juan Grande y Arguineguín, en el S y SE de Gran Canaria, para abastecimiento y también para riego. Los caudales extraídos han ido decreciendo rápidamente en los últimos años. Hoy extraen del orden de 8 hm<sup>3</sup>/a, pero en buena parte tienen un exceso de salinidad y otros solutos, por lo que para abastecimiento (y en parte también para riego) hay reducirlos por dilución o tratamiento fisicoquímico. Las plantas desaladoras de EDR (electrodialisis reversible) llegaron a tratar 20 000 m<sup>3</sup>/d, pero hoy están casi fuera de servicio. El peso de la RO (ósmosis inversa) ha ido creciendo hasta los actuales 80 000 m<sup>3</sup>/d. Ahora se aprovechan pocas aguas residuales, del orden de 1000 m<sup>3</sup>/d en Aldea Blanca. El retorno de salmueras de desalación es del orden de 500 a 1000 m<sup>3</sup>/d.

Hay algunos otros explotadores y suministradores de agua en el área, algunos con situación legal irregular y que además las salmueras residuales de desalación van a la red de alcantarillado, dificultado su reutilización, como sucede en El Tablero.

La Asociación de Empresarios de Actividades Hidráulicas reúne a los grandes productores de aguas privados. Producen agua, pero la distribución con frecuencia se hace a través de distribuidores experimentados, lo que abarata el coste de esta operación. El precio del agua está en el entorno de 0,6 a 0,7 €/m<sup>3</sup>. Hay pozos cuyo coste de producción es mayor, aún después de aumentar la eficiencia energética, con lo cual cesa su utilización. En el momento actual están en explotación continuada entre 200 y 300 pozos de los más de 1000 existentes, con problemas crecientes de salinización en las importantes áreas periféricas.

El CIAGC afecta al mercado del agua al ofertar agua de mar desalada y agua regenerada y desalada por ósmosis inversa, a los precios parecidos a los actuales de mercado, según precios públicos, que son algo menores para los agricultores (del orden de 0,60 €/m<sup>3</sup>) respecto a los de abastecimiento (del orden de 0,70 €/m<sup>3</sup>), y que no cubren del todos los costes. Así se fija y estabilizan los precios, pero con una subvención a cargo de los presupuestos del Cabildo Insular. El coste de producción del agua de mar

desalinizada es del orden de 0,9 €/m<sup>3</sup>. En S propiamente dicho se suministra por concesión agua a la agricultura a partir de las grandes presas del Cabildo Insular en el área (Chira, Candelaria, Las Niñas y en especial el gran embalse de Soria) a precios de 0,03 a 0,04 €/m<sup>3</sup>, pero esta agua de muy buena calidad podría ser enviada irregularmente al sector turístico a precios hasta 2 €/m<sup>3</sup>, incluyendo campos de golf (que por normativa deben aplicar agua regenerada, si bien su tratamiento y calidad las hacen en realidad poco adecuadas).

El control administrativo se considera deficiente, falto de objetivos, inseguro y sometido a presiones políticas. Eso se traduce en parte en un exceso de permisividad en la autorización del mantenimiento de caudales de los pozos mediante sustitución de los mismos por un sondeo profundo. Eso afecta a los caudales y calidad de otros pozos del área, como sucede en el entorno del Barranco de Arguineguín. Por otro lado, el nivel de depuración de los efluentes urbanos es deficiente, faltando en varios municipios importantes (como Jinámar) y en parte en Las Palmas de Gran Canaria. Además la política de oferta de agua no sigue un criterio claro.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
31-140115aR	15 de enero de 2014	Estación de Atocha, Madrid

### Entrevistas

Alberto del Villar, Departamento de Economía, Universidad de Alcalá de Henares

### Comentarios

Es interesante considerar la introducción de un impuesto ambiental sobre los derechos de aprovechamiento de agua, que es una carga pequeña para los usuarios habituales pero que puede inducir a liberar derechos no usados o poco usados al suponer una carga compensada por el beneficio del uso. Esa tasa podría ser de 0,001 €/m<sup>3</sup>, lo que permitiría la administración necesaria. Se trata de una cantidad pequeña frente al coste/precio medio actual del agua, en el entorno de 0,30 €/m<sup>3</sup>. El intento de instaurarlo encontró en su momento una muy fuerte oposición, a pesar de que suponía del orden de 5 €/ha/año. La rentabilidad del agua puede llegar a 2-3 €/m<sup>3</sup>. Sin buscarlo expresamente, el reciente incremento de los costes energéticos está teniendo un efecto limitante en las extracciones de aguas subterráneas y grandes elevaciones.

También cabe considerar una tasa binomial por parte de la administración, con un término fijo por disponibilidad y otro proporcional a la extracción, como ha diseñado la CHJ para los riegos con el Embalse de Ulldecona a consecuencia de la sequía del 2006. Para el agua no es posible que existan mercados propiamente dichos, salvo circunstancias muy especiales y de detalle (como abastecimiento extraordinario con camiones cuba) ya que incorpora algún elemento monopolístico o oligopolístico, como puede ser el transporte.

En general se trata de contratos entre usuarios. Las subvenciones distorsionan seriamente la economía del agua y favorece la tragedia de los comunes. La PAC favorece una agricultura de escaso interés y que consume agua, y en cierto modo lleva a la figura del "agricultor-funcionario", salvo que se defina bien el papel y funciones del cuidado de la naturaleza, que puede ser el bosque en vez de cultivos.

Los daños ecológicos por la explotación del agua subterránea pueden ser reversibles a un plazo suficientemente dilatado. En el momento actual el coste medio total de la desalinización del agua del mar con servicio próximo puede estar en el entorno de 1,10 €/m<sup>3</sup>. El principal problema del transvase interno Júcar-Vinalopó es la mala calidad por la toma al final y el coste de la elevación; con toma aguas arriba estos problemas se solucionan, llegado a acuerdos

con los regantes de aguas abajo. En el Tajo el principal problema es la dilución de las aguas residuales de Madrid, que existiría aún con tratamiento terciario, y eso requiere asegurar caudales de dilución desde la cuenca alta. Es una cuestión de costes de oportunidad que se podría paliar con transferencias económicas del Canal de Isabel II a los regantes de aguas arriba.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

---

Nº	Fecha	Lugar
32-140115bF	15 de enero de 2014	Estación de Atocha, Madrid

---

### Entrevistas

Gonzalo de la Cámara, IMDEA/Universidad de Alcalá de Henares

---

### Comentarios

En la Cuenca del Segura hace falta extender los seguros a cultivos actualmente no considerados. La disponibilidad de agua subterránea propia o adquirible en el entorno actúa de facto como un seguro ante la falta de disponibilidad de agua superficial. El progresivo incremento de los costes de la energía es un freno y eso explica la disminución actual de los descensos de niveles. En el área hay tres modalidades diferentes de intercambio de derechos.

**NOTA:** el contenido de la entrevista no ha podido ser confirmado por el participante.

## Resultados aplicados de entrevistas MASE

Nº	Fecha	Lugar
34-140331R	31 de marzo de 2014	Oficinas en Villena

### Entrevistas

Vicente José Richart Díaz. Director Técnico

### Comentarios

Durante la visita se hizo un desplazamiento para ver la balsa de San Diego de final del transvase Júcar-Vinalopó, de 20 hm<sup>3</sup> de capacidad; se contactó para explicaciones con el ingeniero responsable de la gestión por parte de Aquagest-Aqualogy. En las oficinas de la Junta Central se contactó con el especialista en aspectos económicos de la Junta D. David Bricio y se saludó a D. Andrés Martínez Espinosa, Presidente de la Junta Central de Usuarios. D. Vicente Richart hizo una detallada exposición en ppt de las actuaciones, objetivos y desarrollo de las actuaciones. Enviará copia de la información presentada, así como completará las cuestiones más relevantes del cuestionario que previamente se había enviado. Por esa razón esos datos no se detallan aquí. La Junta Central se ha formado por disposición legal asociada al transvase Júcar-Vinalopó. El objetivo a cubrir con el transvase Júcar-Vinalopó es la sustitución de caudales extraídos de los acuíferos con exceso de explotación en el momento actual, sin crear nuevas demandas de agua para regadío, con arreglo a la planificación hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

El transvase de 80 hm<sup>3</sup>/a no cubre la totalidad del volumen concesional (193 hm<sup>3</sup>/a) ni la totalidad del uso (113 hm<sup>3</sup>/a), con lo que la explotación de aguas subterráneas no cesará, sino que se reducirá. Los recursos del Alto y Medio Vinalopó se han reestimado por modelación territorial con el modelo Patricial de la UPV en 59 hm<sup>3</sup>/a para las masas de agua consideradas, de los que sólo 48 hm<sup>3</sup>/a son extraíbles para respetar restricciones ecológicas asociadas a manantiales que persisten en cabeceras. El número total de pozos operativos es reducido, del orden de 280, y la mayoría de ellos, en general todos los significativos, disponen de contador volumétrico además de horímetro. El impacto ambiental directo de la gran explotación intensiva de agua subterránea de la cuenca del Vinalopó se estima pequeña por cuanto no había previamente situaciones de relevancia salvo algunos manantiales hoy secos y la pérdida de caudal del río hasta secarse, pero de lo que no hay memoria social ni era de relevancia especial. Algunos drenajes de zonas encharcadizas son anteriores a la exploración intensiva de aguas subterráneas, para conseguir terrenos de cultivo o luchar contra enfermedades asociadas a aguas estancadas. Sin embargo aún hay conciencia de la existencia de

aguas muy someras y caudales superficiales (aguas caballerías) en algunos lugares, como el la depresión de Villena. En el acuífero de Crevillent, un paradigma de explotación intensiva, la disminución de las extracciones por cuestiones de salinidad y de coste de extracción ha llevado a que los niveles continuamente descendentes con anterioridad se hayan estabilizado, lo que es un aspecto importante para evaluar cuál es la recarga natural real de los afloramientos carbonatados. El creciente coste de la energía hace que la extracción de agua subterránea se haya encarecido notablemente y que haya extracciones que ya no sean rentables. Este encarecimiento también afecta al coste a cubrir del transvase ya que la elevación total a realizar es próxima a 700 m, y eso hace que el coste de operación y mantenimiento rebase ya los 0,295 €/m<sup>3</sup> iniciales, que ya de por sí es elevado para el mantenimiento de la economía agrícola local, aún de los cultivos más tecnificados y rentables. Se comentaron alternativas posibles de gestión.

La Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L' Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja reúne a la mayoría de extractores de agua subterránea del Vinalopó-Alacantí y se pretende que abarque a la totalidad de acuerdo con las disposiciones legales. La financiación de la Junta Central de Usuarios es a partir de las aportaciones de sus miembros, que siguen siendo los propietarios de sus pozos y obras asociadas, según los caudales que corresponde a cada uno. Sus presupuestos son aprobados en asamblea general anual. Hasta ahora las aportaciones económicas han sido relativamente pequeñas ya que se ha estado en la fase inicial sin aporte de caudales de agua del transvase, salvo ocasionalmente en pruebas, pero en el futuro deberán crecer a medida que crezca la actividad de distribución y las exigencias de control propias y las que la Confederación pueda delegar.