

ANALISIS DEL CICLO HIDROLÓGICO MENORQUÍN.

Por una gestión sostenible en el territorio.



TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autor: Leticia de la Vega

Director: Albert Cuchí Burgos

Máster en Arquitectura Energía y Medio Ambiente.

Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona_ETSAB.



Universidad Politécnica de Catalunya

Barcelona, setiembre 2014.

A g r a d e c i m i e n t o s :

En primer lugar quiero agradecerle a Diego, mi esposo por la paciencia y haberme ayudado hacer posible todo esto.

A mi Madre y hermana por estar conmigo siempre a pesar de la distancia.

Agradezco enormemente la colaboración de:

A mi tutor Albert Cuchí por implicarme en la temática y por el interés y ayuda brindada durante todo el proceso de trabajo.

A todas las personas que nos recibieron en Menorca por todo el material e información brindada para poder realizar este proyecto especialmente a Sonia Estradé Nuibó.

A mis compañeros de Máster que han sido y serán un gran grupo humano fundamental para poder divertirse y trabajar al mismo tiempo, feliz de haberlos conocido.

A Marc y Jorge por haberme ayudado específicamente con el trabajo del Balance.

A mis compañeros de trabajo, amigos y muchas otras personas de Uruguay que colaboraron de distintos lugares y apoyaron desde el inicio todo esto.

Dedicado a mi abuela "Mangacha"...

Contenido

Resumen.....	4
1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	7
2.1 Justificación.....	7
3. Estado de la cuestión y marco teórico.....	8
3.1 El agua y su ciclo.....	8
3.2 Cambio climático.....	11
3.3 Sostenibilidad, parámetros.....	13
3.4 Antecedentes de casos similares.....	14
3.5 Características físicas del territorio.....	17
3.5.1 Ubicación.....	17
3.5.1 Climatología – geología – hidrología.....	18
3.5.3 Estado cuantitativo y cualitativo de las aguas procedentes de los acuíferos.....	28
3.6 Crecimiento demográfico.....	36
3.7 Subsistemas de análisis: condicionantes del paisaje en los últimos años.....	38
4. Estrategia metodológica.....	44
5. Diagnostico.....	46
5.1 Técnicas tradicionales de captación, almacenaje y distribución para agua de boca y riego.....	47
5.2 Modelo actual de gestión hídrica.....	54
6. Conclusiones.....	70
7. Bibliografía.....	73
Páginas web.....	75
8. Anexos.....	78
8.2 Tablas.....	84

Resumen.

El agua es un recurso natural de primera necesidad y esencial para la vida, la no disponibilidad del mismo compromete las posibilidades de crecimiento de una región. El manejo de los recursos utilizados para su gestión, la puesta en funcionamiento de las estructuras hídricas y la interacción de la sociedad con los mismos para su propio desarrollo se traducen desde sus inicios en el territorio y por lo tanto en la conformación del paisaje. En la isla de Menorca la ausencia de ríos ha determinado que la única fuente de acceso al agua potable sean las aguas subterráneas, actualmente la explotación de acuíferos es lo que se utiliza como práctica para el suministro de agua potable, dejando de lado progresivamente otros procedimientos que antiguamente eran utilizados (Estradé Niubó, 2004). Podemos apreciar la cultura del aprovechamiento del agua materializada en un paisaje con una clara identidad a partir de varias infraestructuras que anteriormente organizaban el manejo de este recurso haciendo un uso bastante diferente al que se realiza hoy en día.

Por todo esto en este trabajo se procura analizar los distintos factores que actualmente intervienen en el ciclo hidrológico Menorquín, pretendiendo evaluar y comprender en términos cuantitativos y cualitativos si realmente se hace un uso sostenible de los recursos hídricos de la isla, a partir del un balance entre lo que sale a causa de las distintas actividades humanas y de lo que el sistema natural principalmente (biosfera) genera (lo que entra) para continuar en funcionamiento.

Analizar e indagar sobre el modelo hídrico actual y al mismo tiempo llegar a proponer posibles alternativas en la gestión y/o una reorganización de lo existente en un marco sostenible serán los lineamientos para este trabajo.

Cabe mencionar que el presente estudio está acompañado de otros cuatro trabajos cuya finalidad es la estudiar la gestión del agua en Menorca a distintas escalas¹ y así colaborar en una posible alternativa al modelo hídrico actual dentro de un marco sostenible.

Palabras clave: Agua, Gestión hídrica, Desarrollo Sostenible, Territorio –Paisaje, Identidad.

¹ Las distintas escala de trabajo se dividen en: captación de agua de lluvia, captación de agua de rocío y destilación, tratamiento de aguas residuales y gestión del agua de escorrentía para Es Mercadal y por último análisis del sistema hídrico en el territorio de Menorquín.

1. Introducción.

Las condiciones naturales de una isla, hacen de ella un medio bastante particular, así como la relación que se da entre sus recursos naturales y el territorio, principalmente con los recursos hídricos que son esenciales para el desarrollo la vida.

Situada a 39° 51' 17" N de latitud, Menorca es la más septentrional y oriental de las islas Baleares y cuenta con una extensión de 701.8 km², constituyendo el 14% de la superficie total del archipiélago balear de 5.014 km².

La presencia de ríos y cauces superficiales es muy escasa en estas islas dándose en algunos episodios de altas precipitaciones la conformación de torrentes. Por lo tanto la estructura hídrica del territorio lo determinan por excelencia las aguas subterráneas, principalmente unidades hidrológicas conformadas por acuíferos que según la demarcación del Plan Hidrológico Balear, en Menorca son reconocidas tres.

En Menorca el 90% del abastecimiento se realiza mediante la explotación del acuífero de Migjorn. Este acuífero se extiende sobre una superficie de 382Km² de los cuales 365Km² son permeables², ocupando la mitad meridional de la isla. Por esta razón es considerado la principal fuente natural de agua dulce.

Generalmente a causa de sus características físicas y condiciones ambientales muchas islas se constituyen en atractivos turísticos generando una presión humana que desequilibra la explotación de los recursos naturales. En Menorca esta presión de población estacional, la cual acabamos de mencionar, duplica la cantidad de habitantes permanentes de la isla. En lo que refiere a los recursos hídricos este hecho se traduce en un aumento de la demanda de consumo y en la producción de residuos transformándose en un riesgo de contaminación del agua. Por esta y otras razones el tema de la disponibilidad de agua en las islas siempre ha sido un tema de alta relevancia.

Los últimos datos de población para el año 2013 determinan que Menorca cuenta con 95.186 habitantes, (INE Baleares). A pesar de sus pequeñas dimensiones la isla con una importante diversidad de hábitats mediterráneos donde conviven una variedad de especies de animales y plantas.

El 8 de octubre de 1993, la UNESCO declaró a Menorca como reserva de la biosfera, por el alto grado de compatibilidad logrado entre el desarrollo de las actividades económicas, el consumo de recursos y la conservación de un patrimonio y paisaje de calidad. En el mundo existen más de 400 reservas de la biosfera que son laboratorios para experimentar el concepto del desarrollo sostenible, donde las actividades humanas se dan de forma compatible con la conservación de los recursos naturales y el patrimonio cultural.³

Actualmente el agua para consumo de la población es extraída del subsuelo, específicamente del acuífero, mediante las prácticas de perforación de pozos y sistema de bombeo. Durante el período 1984-2000 las reservas del acuífero de Migjorn han padecido variaciones importantes en sus niveles piezométricos que posteriormente han tendido a estabilizarse, dado el incremento en los valores de las precipitaciones en las últimas décadas. Igualmente esto no es una garantía dado que la estabilización surge en gran parte de la dependencia ante los episodios de altas precipitaciones.

² Datos ofrecidos por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE). "Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, período 1982-1993." pag. 69.

³ Por más información dirigirse a: <http://www.menorca.es/>

Dado que la isla es de origen cárstico sus suelos en determinadas áreas se caracterizan por poseer una alta permeabilidad, existiendo el peligro de contaminación por lixiviación de nitratos, derivado en gran medida por el uso de fertilizantes entre otras. Si a esto le agregamos la sobreexplotación de pozos en zonas con altas posibilidades de intrusión de agua marina, ambas ponen en riesgo las condiciones del acuífero y por ende la calidad de las aguas para el consumo humano.

Naciones Unidas en sus informes del año 2011 establece que el crecimiento de los asentamientos humanos ha sido en aumento desde la segunda mitad del siglo XX: en 1900 la población urbana era sólo el 13% de la población total mundial, en 1950 llegaba al 29% y hoy ronda el 52%. (Delgado Ramos, 2011) A partir de esta situación el consumo de agua aumenta, por lo tanto se incrementa cada vez más la demanda y la oferta no crece al mismo ritmo. Esta situación nos enfrenta ante la problemática del presente y hacia el futuro, dado que el agua es determinante para el crecimiento de asentamientos humanos y una gran dificultad para zonas donde el recurso sea muy escaso. Por esto la exigencia de una adecuada administración y un manejo eficiente del recurso debe tener presente los distintos factores que inciden en la gestión del mismo. En Menorca el crecimiento demográfico (acompañado del aumento del consumo individual), la intensificación del regadío, la industria, la fuerte presencia del turismo y la preservación de los ecosistemas de la naturaleza que requieren del agua para poder desarrollarse, son parte de los factores a tener en cuenta.

En cuanto a la gestión de los recursos sabemos que el desarrollo tecnológico sin duda consigue generar un incremento del agua en zonas donde es difícil su acceso. Estas intervenciones pueden llegar a generar consecuencias en el medio que en cierta medida terminan afectando y comprometiendo el desarrollo del mismo. Esto indica que la gestión hídrica no es nada fácil dado la cantidad de elementos y los distintos tipos de intereses que intervienen en ella desde diferentes ámbitos.

En este trabajo de investigación el estudio se centrará sobre la isla de Menorca, específicamente en analizar el ciclo hidrológico de la misma a una escala territorial sobre el acuífero de Migjorn.

Para esto es fundamental comenzar con el análisis sobre el agua y su ciclo hidrológico, estudiar los factores que pueden llegar a incidir de forma sustancial a distintas escalas. Realizar una exploración sobre las distintas alternativas y formas que actualmente se implementan para gestionar los recursos hídricos en el territorio, ya sea en Menorca como en otras regiones.

En resumen consideramos que este trabajo puede ser un aporte para entender las variables del ciclo hidrológico Menorquín y así poder colaborar en la labor que actualmente se viene llevando a cabo en la isla desde varias instituciones en procurar una gestión sostenible de los recursos hídricos, dada la esencialidad que tienen los mismos en este territorio.

“Después del aire para respirar y el abrigo para no perecer de frío, el agua es nuestra necesidad vital más imperiosa. Sin ella, apenas sobrevivimos tres días. Pese a ello, unos 783 millones de personas, un 11% de la población mundial, no tienen acceso a una fuente de agua potable en condiciones, según el Informe de 2012 sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, y cada año fallecen aproximadamente, por esa causa, un millón y medio de niños menores de 5 años...” (Naciones Unidas)⁴

⁴ Por más información: <http://www.un.org/es/globalissues/water/>

2. Objetivos.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es analizar el ciclo hidrológico de Menorca a partir del comportamiento de todos los factores que intervienen de forma diferente en el sistema hídrico de la isla. A través del mismo se pretende elaborar un diagnóstico que nos permita reconocer si actualmente se lleva a cabo una gestión sostenible o no del recurso.

Conjuntamente se pretende evaluar el uso y disponibilidad de aguas subterráneas en la Isla, analizar las potenciales fuentes de contaminación del acuífero y proponer lineamientos para un sistema de gestión de los recursos hídricos subterráneos.

Para lograr el objetivo principal será necesario hacer una profundización y mejora de los datos utilizados en la construcción del cuadro de balance hídrico iniciado en el curso de Máster en Arquitectura Energía y Medioambiente 2013-2014, con la diferencia de que en esta instancia será realizado para la unidad hidrológica del acuífero de Migjorn.

A partir del estudio en particular de los factores naturales y sociales se pretende llegar a la construcción de un cuadro de balance hídrico para el año 2002 que nos permita entender las relaciones que se dan entre todos los componentes del sistema. Desde el punto de vista cuantitativo podremos establecer las entradas y salidas del acuífero que permitirán determinar las variaciones de sus reservas para ese año. Con estos datos analizaremos el comportamiento de los factores naturales al experimentar variantes según períodos de pluviometría favorable y desfavorable.

Mediante el reconocimiento de las técnicas tradicionales empleadas en un territorio donde la cultura del agua le ha conferido un gran valor de identidad, acompañado de una exploración de técnicas y prácticas alternativas que actualmente se utilizan para la de gestión hídrica será posible elaborar una estrategia de colaboración para un cambio en el modelo actual y/o una reorganización de lo existente. Esta estrategia debe considerar y valorizar como capital el agua subterránea dentro de un marco sostenible, acompañando las estrategias que hoy en día se vienen planteando desde distintas instituciones en la isla.

2.1 Justificación.

El desarrollo tecnológico, el aumento de la población y el turismo en la segunda mitad del siglo XX, así como un cambio en las prácticas referidas a la agricultura, pasando de una explotación extensiva a una intensificación de la misma, acompañado de un período de sequía (finales de los 80 y 90) trae como consecuencia un cambio de modelo en las formas de gestionar el acceso al agua potable en Menorca.

Esto se traduce en un aumento de perforaciones y extracciones de agua proveniente de los acuíferos, generando en determinadas zonas salinización del agua subterránea a causa de intrusión de agua marina y por otro lado, la contaminación por nitratos provenientes de la concentración de la actividad ganadera, seguido de una inadecuada gestión de sus desechos.

Aunque los datos que manejamos nos determinan que en los últimos trece años los niveles del acuífero han tendido a mantenerse estable a causa de una pluviometría con valores más favorables, una gran parte de pozos de bombeo continúan contaminados.

Frente a esta situación es de suma importancia replantearse el tema de la gestión hídrica en el territorio y las condiciones de explotación del acuífero, teniendo en cuenta que la condición de insularidad no solo nos posiciona y hace explícita la dimensión finita de un territorio, sino también la de sus recursos.

Por lo tanto es fundamental para nuestro estudio poder determinar

- 1- Qué posibilidades hay de seguir utilizando como primera fuente de abastecimiento de agua potable procedente del acuífero.
- 2- Que volumen de agua es posible extraer para poder satisfacer las demandas provenientes de distintos grupos sociales que interactúan en el territorio.
- 3- Bajo qué circunstancias se pueden llevar a cabo la explotación del mismo.

Ante estas interrogantes será necesaria una revisión sobre las distintas actividades sociales, los valores de consumo, las calidades de agua, así como el tipo de posibilidades que pueden coexistir para llegar a estándares de consumo sostenible, acompañado de un cambio de conducta y actividades por parte de los distintos actores que intervienen en la demanda.

De cara a la problemática mencionada, hacer frente a un cambio de modelo de gestión hídrica mediante el uso de alternativas sostenibles, que tengan en cuenta las limitaciones y los impactos frente a los recursos naturales es fundamental en estos tiempos.

3. Estado de la cuestión y marco teórico.

3.1 El agua y su ciclo.

El agua existe en la tierra en sus tres estados y su distribución no es uniforme. La Tierra es un "sistema cerrado", lo cual significa que en su totalidad no gana ni pierde materia (exceptuando los meteoritos del espacio exterior), lo mismo ocurre con el agua (Vera & Camilloni, 2007).

Tabla 1: Composición del stock de agua en la tierra

97.5% Agua salada.	
2.5% Agua dulce:	68.9% Hielos
	29.9% Subsuelo
	0.9% Suelo vegetación y organismos
	0.3% Ríos y lagos

Fuente: Naredo, J.M. 2006. "La encrucijada de la gestión del agua en España". Elaboración propia.

En nuestro planeta el 97,5% del stock de agua de la Tierra está compuesto por agua salada y únicamente el 0,3% del 2,5% restante lo constituye el agua dulce de los ríos y los lagos que a través del ciclo hidrológico cambia de estado y es movilizadora de un lado a otro.

De este modo podemos observar que por más cantidad de agua que exista en el planeta solo una muy pequeña fracción es de calidad y una porción menor es de fácil acceso, por lo tanto cuando se habla de escasez, estos dos factores son los determinantes (Naredo, J.M. 2006).

Sabemos que el agua es esencial para la vida y su escasez afecta de forma negativa las posibilidades de desarrollo de una región comprometiendo las posibilidades de progreso económico y bienestar de sus habitantes. Por otro lado un exceso de agua puede tener consecuencias negativas ya sea en la producción de las actividades agrícolas, como en el hábitat humano, llegando a provocar pérdida de cosechas, empobrecimiento y erosión de suelos, posibilidades de avalanchas e inundaciones, derrumbes, etc.

Para una explicación del Ciclo hidrológico compartimos la visión adoptada por J.M. Naredo respecto a que los balances de agua se atienen a la Ley de Conservación o Primer Principio de la Termodinámica, dado que su movimiento está sujeto como todos los del mundo físico a la Ley de la Entropía o Segundo Principio de la Termodinámica.

La energía solar es lo que mueve el ciclo hidrológico, lo que él autor llama “motor solar”, permitiendo recuperar la calidad química (capacidad de dilución) y física (evapotranspiración) del agua, continuando con un proceso de deterioro natural manejado por la Ley de la Entropía, alcanzando su máximo nivel cuando el agua llega al mar (Naredo, J.M. 2006).

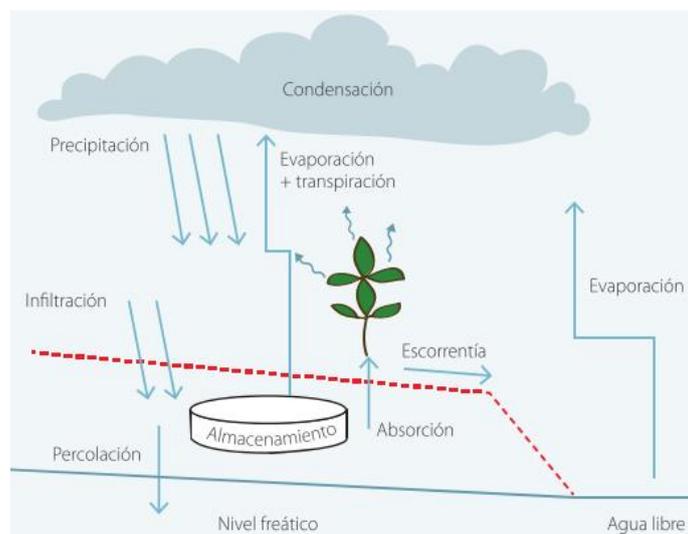


Figura 1: Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.

El agua se presenta en la tierra en tres estados físicos: sólido (en forma de hielo), líquido y gaseoso (en forma de vapor). Las moléculas de agua pueden pasar de un estado a otro absorbiendo o liberando calor, por tanto como mencionamos anteriormente el sol es el encargado de dirigir el ciclo del agua. Al calentar el agua en los océanos, la misma se evapora y mediante el movimiento del aire se dirige a capas superiores de la atmósfera donde la temperatura es menor y produce condensación transformando las nubes y posteriormente en precipitación. Esta puede ser en forma de nieve o líquida. La mayor parte de la precipitación cae en los océanos o sobre la tierra y al tener contacto con el territorio se producen diferentes situaciones según las características físicas del mismo. A través de la evapotranspiración, escorrentía e infiltración el agua continúa en movimiento inclusive la que llega a alcanzar las capas más

profundas de suelo y recarga los acuíferos donde parte de ella sale hacia el mar y así el ciclo del agua se "cierra" para comenzar nuevamente.⁵

La evapotranspiración corresponde a la suma del volumen que evapora el suelo y el volumen que transpira la vegetación.

El agua de escorrentía puede ser superficial o sub superficial. La última aunque no es afectada por la evapotranspiración tampoco se infiltra directamente y circula horizontalmente en la parte superior de la zona no saturada hasta que vuelve a salir a la superficie. En este aspecto influye la topografía del terreno, la red de drenaje y la vegetación (FAO & FIDA, 2013). La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que no se infiltra en el suelo a causa de lluvias muy intensas que al mismo tiempo caen en superficies poco permeables (suelos delgados, terrenos rocosos, caminos, patios, techos, etc.). Si la misma es aprovechada puede servir para diferentes usos (doméstico, animal, riego, etc.) si no es así puede derivar en un problema generando perjuicios en el territorio (FAO & FIDA, 2013).

La infiltración es el agua que penetra en la superficie trasladándose de zonas saturadas a las no saturadas o filtrándose directamente dependiendo del tipo de sustrato. El índice de infiltración del suelo es el flujo de agua que penetra por unidad de tiempo (FAO & FIDA, 2013).

Según cada región y/o zona del planeta el ciclo del agua presenta diferencias cuantitativas y cualitativas en lo que refiere a sus componentes y fases, por eso hay que aprender a convivir con sus características naturales. Conjuntamente las actividades humanas son las que pueden llevar adelante posibles cambios provocados por el manejo y uso de las tierras.

En zonas de clima húmedo llueve más de lo que consume la vegetación en el territorio, por lo tanto las mismas son caracterizadas por operaciones de drenaje a los efectos de controlar el agua de escorrentía, evitando así la saturación de los suelos productivos, forestales, residenciales, etc.

En zonas de clima seco, la lluvia anual no alcanza a suministrar el agua que necesitaría la vegetación en el territorio, caso extremo son los desiertos, caracterizados por la ausencia de vegetación y de población (excepto los oasis).

En estas zonas pasa lo contrario que las zonas húmedas respecto a las actividades agrícolas, donde la misma trata de retener lo mayor posible el agua para los cultivos, siendo los oasis un ejemplo de la materialización de esta situación. (Naredo, J.M. 2006)

Según J.M Naredo: "...En España solo en las cuencas hidrográficas del Norte y de Galicia la precipitación supera el agua que podría gastar en ellas la vegetación, mientras que en el resto de las cuencas la precipitaciones no alcanzarían a abastecer el gasto de una vegetación permanente que cubriera todo su territorio..." lo cual nos determina una situación deficitaria a gran escala territorial.

Para poder llegar a obtener la calidad y nivel de cota de los 43.000 km³ que mueve anualmente el ciclo hidrológico, a energía requerida para fabricar industrialmente un flujo de agua de calidad similar, con la mejor tecnología disponible, equivale a cuatro veces la energía que se extrae anualmente en forma de combustibles fósiles, (Naredo, J.M. 2006). Esto demuestra la insostenibilidad de este tipo de acciones,

⁵ Por más información: <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

más allá de la eficiencia que se alcance en sus procesos⁶, más aún teniendo en cuenta que cada vez las reservas de petróleo son más acotadas.

Por todo lo expuesto es fundamental poder comprender el ciclo hidrológico y saber cuáles son sus variables que pueden llegar a ser manejables para un uso del agua eficiente, orientado a una mejor disposición del recurso en sus distintas etapas, lo cual favorecería por ejemplo a una mejor captación y aprovechamiento de aguas de lluvias ya sea para actividades agrícolas o domésticas (FAO & FIDA, 2013).

En resumen el ciclo hidrológico local está condicionado por factores globales y regionales tales como los climáticos y geológicos entre otros. Por ello pasaremos a ver en primera instancia que factores pueden incidir desde una escala global y que otros factores requieren una mirada más local o regional, lo cual iremos desarrollando a lo largo de este trabajo.

3.2 Cambio climático.

Luego de analizar y comprender el ciclo hidrológico donde cada elemento del sistema tiene un rol fundamental y está sumamente relacionado a los factores climáticos, es imposible no considerar la problemática del cambio climático que cada vez se hace más presente y cuyas consecuencias inciden de forma directa al ciclo del agua. Dado que el mismo es fundamental tanto para la vida humana como la de otras especies, es de suma importancia saber la relación que se da entre el cambio climático y los recursos de agua dulce, así como las tendencias y/o proyecciones que deparan de aquí a unos años.

Las observaciones y proyecciones climáticas que se han realizado nos evidencian que los recursos de agua dulce son sensibles y pueden ser afectados a causa del cambio climático, lo cual implica consecuencias tanto para los seres humanos como para las comunidades biológicas, ecosistemas.

Según el documento técnico sobre el Cambio Climático y el Agua, redactado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)⁷, el calentamiento observado durante varias décadas ha sido vinculado a cambios experimentados por el ciclo hidrológico en gran escala.

En particular:

- aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera
- variación de las características, intensidad y valores extremos de la precipitación
- disminución de la capa de nieve y fusión generalizada del hielo
- cambios en la humedad del suelo y en la escorrentía.

La variación en las precipitaciones durante el siglo XX según el informe antedicho determina que ha aumentado en extensiones terrestres y en latitudes septentrionales altas, y que ha disminuido entre los 10°S y los 30°N a partir de los años 70, dándose en la mayoría de los casos una frecuencia de fenómenos de precipitación intensa.

⁶ Según J.M Naredo, el proceso de desalación redujo su gasto energético mediante recuperadores de presión pasando de consumir 4 kWh/m³ de electricidad a 2 kWh/m³.

⁷ El mismo es el sexto de la serie de documentos técnicos del IPCC en respuesta a una propuesta de la Secretaría del Programa Mundial sobre el Clima-Agua (PMC-Agua) y del Comité directivo internacional para el diálogo sobre el agua y el clima, durante la decimonovena reunión plenaria del IPCC, que tuvo lugar en Ginebra en abril de 2002.

Respecto a las proyecciones para el siglo XXI, refieren a un aumento de la precipitación en latitudes altas (consideradas como muy probable) y parte de los trópicos, y una disminución en algunas regiones subtropicales y en latitudes medias y bajas (consideradas probable). Con esto se produciría un aumento en la escurrimiento fluvial promedio anual y la disponibilidad de agua en latitudes altas y en algunas áreas tropicales húmedas, y una disminución en algunas regiones secas de latitudes medias y en regiones tropicales secas. Conjuntamente se pronostica que las intensidades y variabilidad de las precipitaciones aumentarían el riesgo de tener acontecimientos de inundaciones y sequías (Bates, B.C. et al 2008).

En lo que respecta a la cuenca Mediterránea las proyecciones no son muy buenas dado que se la considera una zona expuesta a los efectos del cambio climático con una tendencia a la disminución de sus recursos hídricos, en el cual el nivel de confianza para este pronóstico es alto (Bates, B.C. et al 2008). Respecto a la calidad del agua dulce según las proyecciones establecidas la misma se ve comprometida a causa de los aumentos de temperatura del agua y la variación de fenómenos extremos (crecidas y sequías) generando una mayor contaminación de la misma. Al mismo tiempo se considera que el aumento del nivel del mar tiende a salinizar las aguas subterráneas próximas a zonas costeras.

En lo que refiere a la recarga de aguas subterráneas vemos que al proyectarse una mayor variabilidad de la precipitación se podría reducir la recarga de las mismas, teniendo en cuenta de que al producirse una lluvia intensa puede ocurrir que se sobrepase la capacidad de infiltración del sustrato y que aumente la escurrimiento con los riesgos que ello implica.

Respecto a las formas de gestión del recurso vemos que en éste informe se maneja que ante tales escenarios proyectados, las prácticas actuales de gestión hídrica pueden no ser suficientemente sólidas para contrarrestar los efectos del cambio climático. Al mismo tiempo se considera que en primera instancia se debería de tener la información sobre la variabilidad climática actual, para integrarla a gestión del recurso y así permitiría adaptarse a los efectos del cambio climático a largo plazo, dado que es muy probable que las características hidrológicas varíen en el futuro.

Por esta razón intentaremos manejar en nuestro análisis que posibles escenarios pueden ocurrir ante un futuro no muy lejano, tomando como antecedentes el historial climático y de precipitaciones en la isla donde han ocurrido períodos de altas pluviometría y episodios de sequía.

Compartimos la visión de que la gestión integrada de los recursos es considerado un camino para poder explorar la adaptación al cambio climático en los sistemas socioeconómicos medioambientales y administrativos. Un ejemplo sería coordinar la gestión de la tierra y de los recursos hídricos, consultar la temática a la sociedad, tener presente el cambio climático en etapas de planificación, etc., dado que el tema de la gestión de los recursos hídricos afecta a muchos ámbitos donde se considera apropiada una participación multisectorial.

Como es de público conocimiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) y el Protocolo de Kioto (1997 entrando en vigor en el 2004)⁸ son los dos tratados que

⁸ En la convención Marco se estableció un marco general para abordar la problemática del cambio climático, cuyo objetivo principal es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera para evitar perjuicios directos en el clima. En el Protocolo de Kioto se comparte este objetivo y además se establecieron metas obligatorias para los países industrializados que forman parte del mismo, en relación con las emisiones para el primer período de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012. En este contexto España es integrante de los países partícipes lo cual lo hace comprometerse a cumplir una serie de medidas para llegar a determinados compromisos.

forman parte de la reacción internacional ante los estudios y pruebas recopiladas y confirmadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), de que frente al cambio climático que se está produciendo su causa fundamental son las actividades humanas.

3.3 Sostenibilidad, parámetros.

Antes de entrar en el tema del desarrollo sostenible y de los parámetros de sostenibilidad relacionados con el consumo del agua queremos hacer mención una serie de conceptos de partida que vale pena recordar. Lo establecido en el informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo definió en 1987 al desarrollo sostenible como el desarrollo que atiende las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

Esto significa hacer un correcto uso de los recursos actuales pero haciendo que, los resultados del desarrollo no supongan hipotecar las generaciones futuras.

En la Asamblea General del 28 de julio de 2010 de las Naciones Unidas, los datos determinan que existen aproximadamente 884 millones de personas que carecen de acceso al agua potable y más de 2.600 millones de personas que no tienen acceso a saneamiento básico, conjuntamente cada año fallecen aproximadamente 1,5 millones de niños menores de 5 años y calculan que se pierden 443 millones de días escolares al año a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento. Considerando la importancia de disponer de agua potable y saneamiento de forma equitativa, con el objetivo de reducir estas cifras a la mitad para el próximo año, 2015; se reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos (Naciones Unidas, 2010).

El agua es un recurso clave para nuestra calidad de vida, que debe ser gestionado con racionalidad, eficiencia y equidad, ya que es un recurso natural renovable de gran importancia para las generaciones actuales y futuras, esta visión es fundamental para un modelo de desarrollo sostenible.

El objetivo de la gestión de agua refiere a todo lo que tiene que ver con la protección de la salud humana, mantener de forma sostenible los ecosistemas acuáticos y terrestres que se relacionan con el agua (García & Herrero, 2008).

Junto con los factores naturales como vimos anteriormente, sabemos que las actividades humanas influyen en el estado del agua, donde determinados sectores inciden en distintas proporciones a la problemática, como por ejemplo el sector agrícola (contaminación por nutrientes, utilización de grandes volúmenes de agua, sustancias químicas, etc.).

En los informes anuales del Observatorio de Sostenibilidad en España (OSE) se considera desde hace unos años que la gestión del agua seguía siendo un desafío para la sostenibilidad en España. Esto se debe a una serie de situaciones que continuaban dándose, tales como las pérdidas en las redes de abastecimiento, la sobreexplotación y contaminación de acuíferos subterráneos y así como con la reutilización en la depuración de las aguas residuales y en la asignación de recursos hídricos a

necesidades ambientales (García & Herrero, 2008). Siendo este tipo de situaciones determinantes para la fragilidad del sistema hídrico de Menorca, como para otras regiones.

Como vimos anteriormente en el futuro próximo estará presente el cambio climático y las proyecciones relacionadas a los recursos hídricos se traducen en una posible serie de impactos negativos. Si a esto se le agregan otros factores como el aumento de la demanda de consumo procedente de distintos sectores (urbano, agrícola, turismo, industria, etc.) y las posibles consecuencias que generan las distintas actividades humanas en la calidad del agua, hacen que la gestión sobre este recurso tan importante para nuestra vida se debería realizar de forma sostenible, para no comprometer su permanencia a lo largo del tiempo.

En base a lo expuesto se entiende que el consumo humano de agua es un factor de gran valor ambiental, dado que su extracción afecta en mayor o menor medida a los sistemas naturales de donde la misma es adquirida. Las conductas encaminadas a controlar y reducir su consumo es un requerimiento para disminuir las posibilidades de alteración de los sistemas naturales y así aumentar la conservación de los mismos (Cuchí et al, 2003).

En lo que refiere al hábitat humano (consumo doméstico) el objetivo de sostenibilidad ambiental frente al consumo de agua se traduce en reducir el impacto de su uso en el ciclo natural del agua, a través de una eficiencia en el consumo, captación de recursos (aprovechamiento y reciclaje del agua) y mejorar su calidad al devolverla al medio.

Con esto se puede ajustar el consumo de agua y llegar a una aproximación de los valores óptimos de consumo o de referencia, que son los valores que nacen de las demandas fijadas por organismos internacionales y grupos de investigación europeos trabajo (Cuchí et al, 2003).

Estos valores los utilizaremos como una posible alternativa en el desarrollo de nuestros cálculos en lo que refiere al consumo urbano del Balance Hídrico para el año 2002.

Consumo estándar: 168 l/persona/día.

Calculado para una vivienda de cuatro personas con un uso “normal”. Como valor de referencia, el consumo doméstico medio en un entorno urbano en Cataluña es del orden de 126 l/persona y día.

Consumo óptimo: 80 l/persona/día.

Fijado a partir de los valores de consumo obtenidos en experiencias europeas en viviendas eficientes en cuanto al uso del agua.

Consumo óptimo: 72 l/persona/día.

Obtenido por medio de la aplicación de los sistemas de ahorro eficientes disponibles en el mercado (Cuchí et al, 2003).

3.4 Antecedentes de casos similares.

Como mencionamos anteriormente la condición de insularidad hace que los ambientes generales de una isla sean muy considerados en cuanto a sus recursos naturales y, principalmente, en cuanto a los recursos hídricos que se dispone en ella.

A continuación citaremos una serie de antecedentes internacionales y nacionales, para que puedan servir como experiencia sobre la importancia de esta problemática y que métodos adoptaron para abordarla según sus características y posibilidades.

Antecedentes internacionales.

Isla de Barbados:

La isla de Barbados es una isla de 34 km de largo y 23 km de ancho ubicada entre el mar Caribe y el océano Atlántico, entre Venezuela y Puerto Rico, siendo una de las Antillas Menores. No tiene mayores relieves, siendo el punto más alto el Monte Hillaby de 336m.

Posee una superficie de 431 km² y una población de 288 725 (2013)

Densidad de población: 642 hab/km

Total habitantes: 288.725 (2013), (datos estimados)

Tasa de crecimiento poblacional: 0'34% (2013) / Tasa media de natalidad: 1.65

Sus principales actividades económicas se basan en la producción de azúcar y en el turismo⁹.

La fuente de abastecimiento de agua potable de la Isla de Barbados es de origen subterráneo, proveniente de un acuífero kárstico, altamente permeable y por tanto vulnerable a la contaminación.

A partir de una serie de estudios se determinó que el principal peligro de contaminación de las aguas subterráneas detectado provenía de la urbanización en la periferia de su capital Bridgetown a causa de saneamiento in-situ, las fugas de almacenamiento de combustibles y residuos domésticos, entre otras.

De cara al riesgo de contaminación del acuífero se tomaron una serie de medidas preventivas llevando al gobierno insular a declarar zonas de protección próximas a los pozos de extracción para abastecimiento público. Las mismas abarcan una zonificación que incluye restricciones en la construcción de nuevas viviendas, industrias, etc, así como otra zonificación que exige un cierto tipo de disposición en el manejo de los residuos procurando en mayor medida la hermeticidad de los mismos (tanques sépticos con fosas separadas, tanques de almacenamientos de hidrocarburos) y por último zonas sin restricción de disposición de aguas residuales pero si de almacenamiento de hidrocarburos.

Mediante el control de los mismos se han detectado otros problemas como el remplazo del tradicional cultivo extensivo de caña de azúcar por cultivos intensivos de hortalizas que requieren mayor cantidad de fertilizantes y pesticidas. Para todos estos peligros se han implementados medidas de control y monitoreo. Estas medidas colaboraron para que la contaminación al acuífero no fuera un problema y así no se tuviera que optar por otras fuentes de abastecimiento que aumentarían el costo de producción (Milad Garrido, 2010).

Isla de Pascua:

La Isla de Pascua o Rapa Nui (territorio chileno desde 1888) se ubica en medio del Océano Pacífico, entre América y Polinesia, a 27°09' Latitud Sur, 109° 27' Longitud, a 3.760 km. de la costa de Chile frente al Puerto de Caldera (III Región de Atacama).

En esta isla el agua que es utilizada para el abastecimiento de agua potable de la ciudad Hanga Roa es subterránea, la cual se extrae por mediante pozos y sistemas de bombeo, que posteriormente se realiza un proceso de cloración y fluoración.

En el trabajo de investigación "Diagnóstico de los recursos Hídricos de la Isla de Pascua" a cargo de Milad Garrido, C. A. se llevo adelante una evaluación del uso y disponibilidad de las aguas subterráneas

⁹ Por mas información dirigirse a: http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/BARBADOS_FICHA%20PAIS.pdf

para los diferentes usos (agua potable, riego, ambientales), al mismo tiempo se evaluó el posible riesgo de contaminación que podría amenazar al acuífero.

A partir del estudio sobre la recarga del acuífero y la evaluación del grado de vulnerabilidad por medio del método GOD y BGR, se llegó a formular un sistema de gestión de los recursos hídricos subterráneos de la isla (Milad Garrido, 2010).

Antecedentes en la Cuenca Mediterránea.

Isla de Mallorca:

Durante los años 1995, 1996 y 1997, se sufrió una crisis de escasez de agua donde fue necesario importar 16,6 Hm³ de agua desde el Ebro a través de barcos-cisternas para poder abastecer las necesidades de consumo.

Tal situación fue conocida como la “operación barco” demandando un costo económico muy alto, dado que cada metro cúbico importado de esta forma costaba casi 5 veces lo que cuesta un metro cúbico proveniente de plantas desalinizadoras, lo cual ya es más cara, dado que cuesta como 9 veces más que un metro cúbico de agua proveniente de un embalse (Milad Garrido, 2010).

Esta operación fue suspendida con la construcción y puesta en marcha de plantas desalinizadoras de agua marina. Esta nueva operativa de potabilizar agua generó un elevado consumo energético que la red existente no fue capaz de solventar, con lo que fue necesario construir nuevas centrales generando repercusiones sobre el medio ambiente.

Conjuntamente podemos ver otra experiencia relacionada a la gestión de los recursos hídricos en esta isla, como la Arteria Transversal, que interconecta los principales recursos hídricos de la misma, suministrando agua de distintas procedencias para abastecer al 70 % de la población de Mallorca (Rodríguez & Gelabert, 2006).

Isla de Menorca:

Es fundamental para comenzar este trabajo citar uno de los tantos antecedentes sobre esta temática en la isla de Menorca. El trabajo “Aportaciones al conocimiento del balance hídrico del acuífero de Migjorn de Menorca” realizado desde el Observatorio socio ambiental de Menorca (OBSAM) por Sonia Estradé Nuibó durante el año 2004, ha sido de vital importancia para llevar adelante el presente trabajo.

El objetivo de este estudio es ampliar el conocimiento del balance hídrico del acuífero del período comprendido entre los años 1984-2002 y así aproximar el valor de sus diversos componentes.

Para saber el valor de infiltración en el acuífero se realizó en primera instancia un balance diario en el suelo a partir de los datos de precipitación, procedentes de las estaciones meteorológicas, y de evapotranspiración potencial, así como la escorrentía superficial calculados con la aplicación de distintos métodos.

A partir de esto se obtienen valores de escorrentía, infiltración y evapotranspiración real para el período estudiado, el cual continúa actualizando sus datos mediante la “Evolución del balance hídrico del acuífero de Migjorn 1984-2012” a cargo del mismo autor.

3.5 Características físicas del territorio.

3.5.1 Ubicación.



Figura 2: Ubicación Islas Baleares, Menorca.

Las islas de Menorca, Mallorca, Ibiza y Formentera (junto a otras islas e islotes) conforman el archipiélago Balear que cuenta con una superficie de 5041 Km², ubicado sobre el Mediterráneo occidental, entre los meridianos 1°09'' y 4° 23'46'' de longitud Este y los paralelos 38° 38' 25'' y 40° 05' 39'' de latitud Norte (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Menorca es la más septentrional y oriental de las Baleares y cuenta con una extensión de 701.8 km, con 53 km de este a oeste y 23km de norte a sur, constituyendo el 14% de la superficie total del archipiélago balear y una longitud de costa de 286 km. (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008)

Tanto en Menorca como en los islotes que la rodean es posible encontrar ecosistemas que son característicos de esta región Mediterránea, pero con una excepción que condiciona de forma importante su territorio respecto al ciclo del agua, como son la falta de fluviales y montañas, ya que el punto más alto con el que cuenta es el Monte Toro con 358 m de altura.

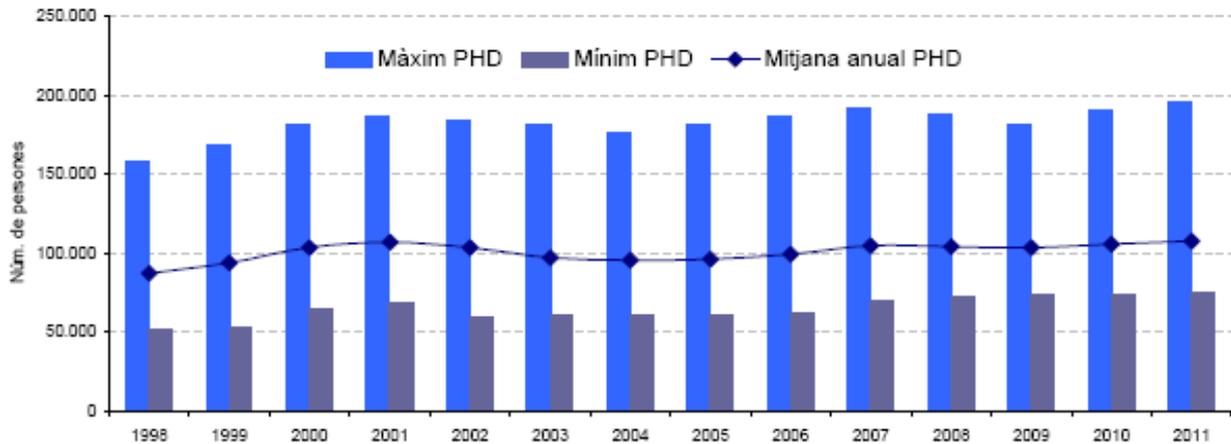
En la isla se pueden identificar dos zonas o unidades geomorfológicas bien diferentes, la primera al norte es la región de la Tramontana una zona accidentada, formada por colinas de menos de 250 m de altitud con un frente costero recortado y agreste, con numerosas calas de colores oscuros y rojizos. La otra zona corresponde a Migjorn, ocupando la parte sur del territorio de mediana altura y con una leve inclinación hacia el mar, atravesado por profundos barrancos y con toda una zona de costa de calas acantiladas (Mateos, R.M. y González Casasnovas, 2009).

La situación de la isla en el mapa ubicada en una zona central y de paso sobre el mediterráneo, la hizo antiguamente objeto de numerosas ocupaciones de diferentes culturas haciendo que sea un territorio humanizado desde hace 4000 años, lo cual hoy en día se traduce en una importante riqueza cultural.

Según datos del Instituto nacional de estadística, (INE Baleares) al primero de enero del año 2013 Menorca cuenta con 95.186 habitantes distribuidos en los ocho municipios de la isla: Ciutadella, Ferrerías, Mercadal, Es Migjorn Gran, Alayor, Mahón, San Luis y Es Castell. Siendo cifras oficiales de la revisión anual del Padrón municipal por año.

Es de importancia mencionar el estudio que realiza el Observatorio socio ambiental de Menorca (OBSAM) sobre la temática de la presión humana diaria en la isla (PHD), mediante una metodología que cuantifica la misma a partir de la cantidad de residuos que se generan por día en los distintos municipios. A partir de esto podemos visualizar que cantidad real de personas se encuentran en el territorio en distintos períodos del año, dado que la máxima PHD se da en temporada alta con cifras que superan el 100% de los valores de la mínima PHD en los meses de invierno de baja temporada.

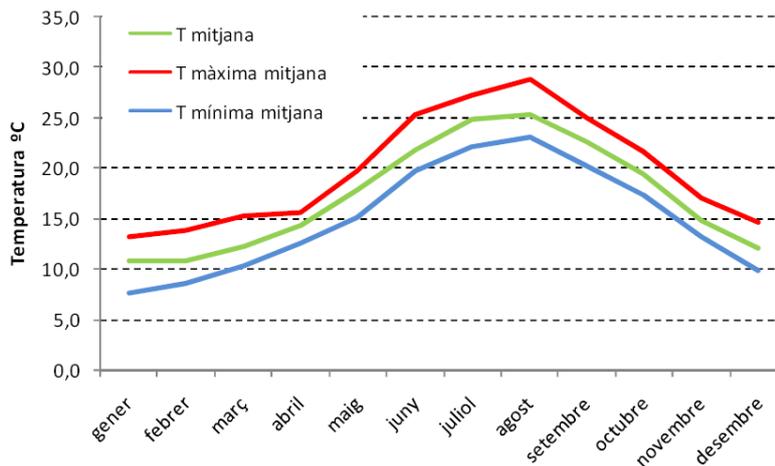
Gráfico 1: Presión Humana Diaria (PHD) máxima, mínima y media anual 1998-2011.



Fuente: IBESTAT; AENA; Autoridad Portuaria; DG. Transporte Aéreo y Marítimo (Gobierno Balear). Elaboración: OBSAM.¹⁰

3.5.1 Climatología – geología – hidrología.

Gráfico 2: Temperatura mensual media, mínima media y máxima media para el periodo 1980- 2010. Estación: Aeropuerto de Menorca.



Fuente: indicador OBSAM.¹¹

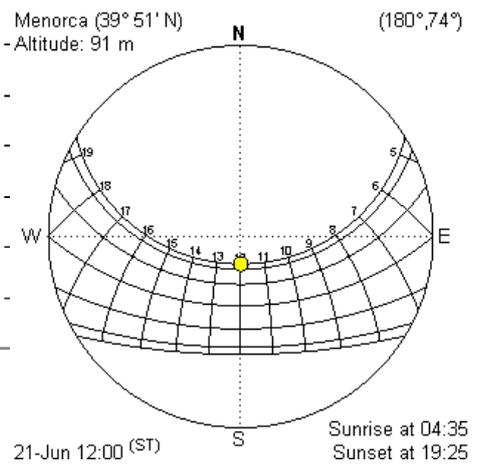


Figura 3: Estereográfico Menorca.

¹⁰ Actualmente este gráfico no se encuentra disponible por haber sido actualizado por el indicador correspondiente al período 1998-2013. <http://www.obsam.cat/indicadors/demografia/poblacio/Poblacio-dret-fet-Menorca-1998-2013.pdf>

Siendo la dirección anterior:

<http://www.obsam.cat/indicadors/demografia/poblacio/Poblacio-dret-fet-Menorca-1998-2011.pdf>

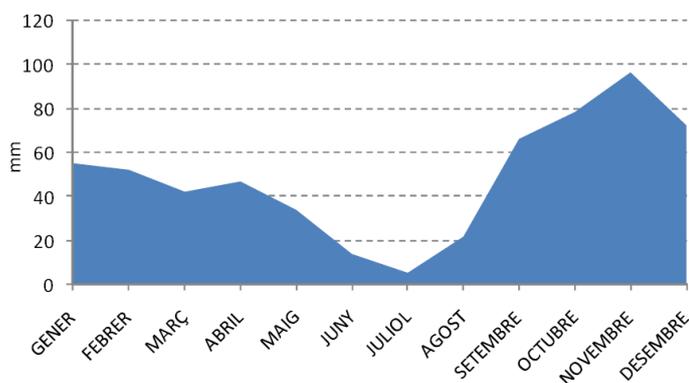
¹¹ Indicador OBSAM: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/clima/dades-meteorologiques/temperatura-1950-2011.pdf>

Menorca al igual que el resto de las Baleares muestra un clima Mediterráneo, con una temperatura media que oscila entre los 16 y 17°C, con una oscilación térmica anual y diaria baja. La oscilación térmica anual es de 14°C, dado que la temperatura media máxima es de unos 25°C en verano y la temperatura media mínima es de 11°C en invierno. A pesar de contar con una estacionalidad muy marcada la misma es moderada generando inviernos suaves y veranos que no muy calurosos y secos. Las situaciones extremas de sensación térmica y valores de temperatura se da en invierno a causa del aire polar a través del viento procedente de tramontana y en verano a causa de las oleadas de calor de aire subtropical del Sahara pudiendo llegar a los 33, 34 o hasta los 35°C de temperatura (Datos meteorológicos, indicador OBSAM).

En cuanto a los vientos Menorca está expuesta a las entradas provenientes del norte como el mestral y la Tramuntana caracterizados por ser un viento frío y seco que predomina en otoño y primavera. Los vientos cálidos el xaloc y el llebeig vienen del sur; a estos se le agrega las brisas marítimo-terrestres que actúan como reguladores térmicos en las zonas costeras. (Mateos, R.M. y González Casanovas, 2009)

El clima mediterráneo cuenta con largos períodos de sequía y un régimen de pluviometría de períodos muy variables a lo largo del año, siendo en los meses de otoño y principios del invierno donde se dan sus valores máximos, puntualmente en los meses de octubre y noviembre, con lluvias que tienden a ser cada vez más intensas y de cortos períodos de tiempo. La oscilación de la misma esta en el orden de los 450 mm en la región SE (en primavera) y los 650 mm en las regiones del interior de la zona central de tramontana y del extremo NE. Esta situación acompañada de una elevada evapotranspiración (siendo el valor medio un 80% de la precipitación media del período 1984-2002 (Estradé Niubó, 2004)) favorece a un clima semiárido mesotérmico según clasificación de Thornthwait (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

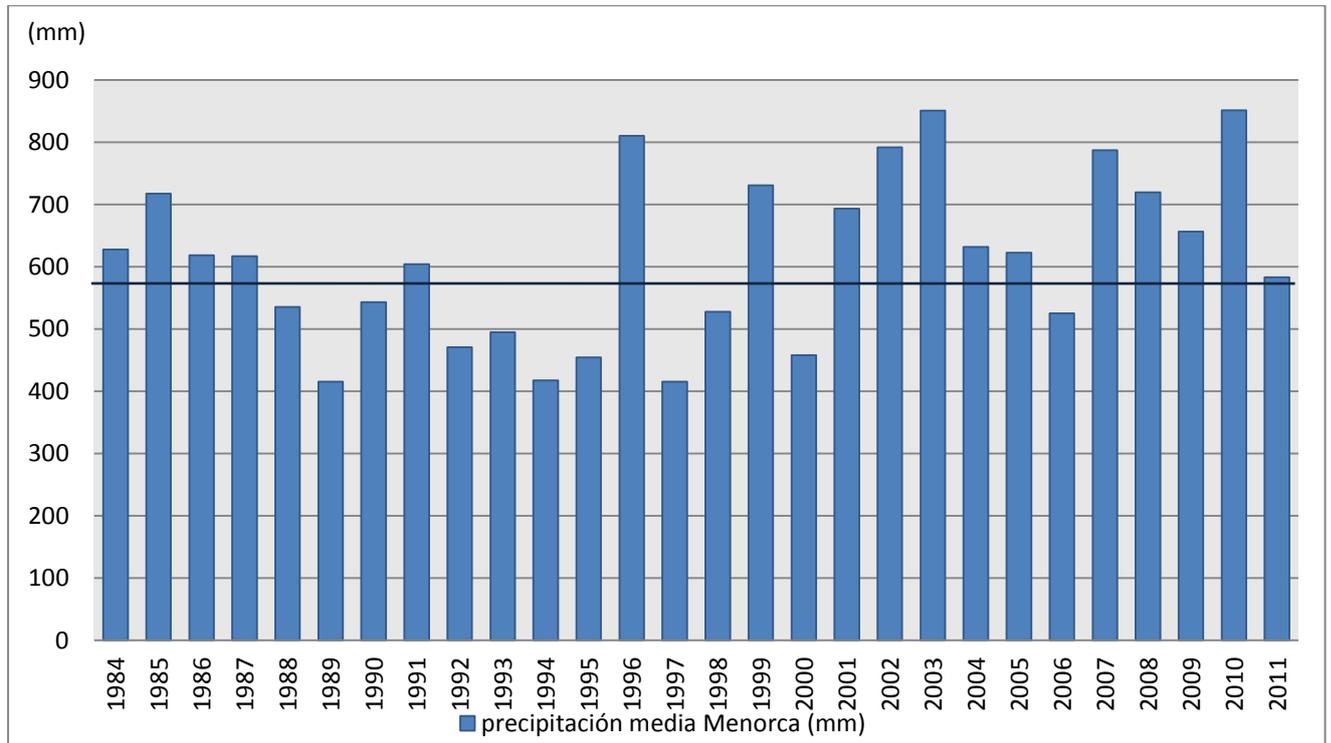
Gráfico 3: Precipitación mensual media 1979-2009 para la media de la isla.



Fuente: Datos Instituto Nacional de Meteorología (INM), elaboración OBSAM.¹²

¹² Indicador OBSAM: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/clima/dades-meteorologiques/Precipitacio-1950-2011.pdf>

Gráfico 4: Precipitación media anual (mm) en Menorca período 1974-2011.



Fuente: Indicador OBSAM, elaboración propia.¹³

Geología.

La fisonomía de las Islas Baleares comienza a generarse unos 25 millones de años durante el período geológico conocido como Mioceno inferior, donde aumenta el acercamiento entre la Placa Africana y la Placa Ibérica, dando lugar a la formación de grandes cordilleras como los Alpes, los Pirineos, las Cordilleras Béticas y la Cordillera del Atlas. Las Islas Baleares desde el punto de vista geológico, forman la prolongación hacia el NE de las Cordilleras Béticas, a excepción de Menorca cuya evolución es divergente y tiene una estructura particular (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Mallorca y Menorca son las que contienen las formaciones geológicas más antiguas, del Paleozoico pero igualmente en todas las islas están presentes formaciones del Mioceno al Cuaternario, menos antiguas. En este escenario surge lo que se llama promontorio Balear el cual refiere a la corteza del Mediterráneo occidental, donde lo que emerge son las Islas Baleares, en esta etapa se originan los principales relieves constituidos por materiales de tipo calizas y dolomías, materiales carbonatados de gran dureza. Otra característica de las calizas y dolomías es la capacidad de disolverse con agua de lluvia y de infiltración, lo que da lugar a conformaciones kársticas, tanto en el exterior como en el interior de la roca, lo cual es muy importante para el almacenamiento de agua en los acuíferos.

Durante el Mioceno superior en las Baleares existía un clima cálido «caribeño» y sus costas fueron habitadas por arrecifes de coral y bosques de manglares. En Menorca estos arrecifes fósiles actualmente están en zonas del litoral constituyendo en cierta medida el sustrato geológico al sur de Migjorn (Mateos, R.M. y González Casasnovas, 2009).

¹³ Indicador OBSAM: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/clima/dades-meteorologiques/Precipitacio-1950-2011.pdf>

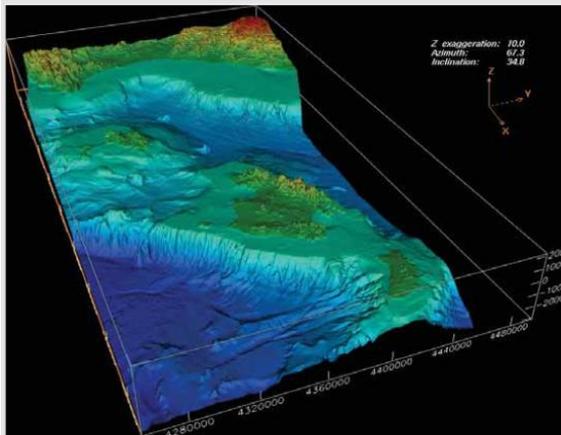


Figura 4: El promontorio Balear.

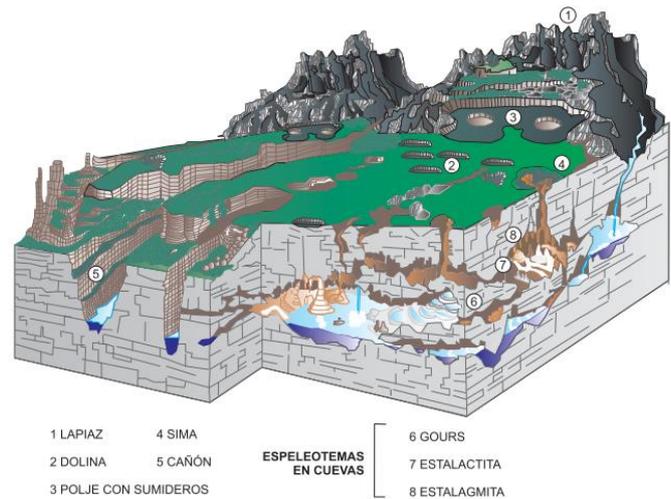


Figura 5: Esquema de morfologías más características del karst Balear.

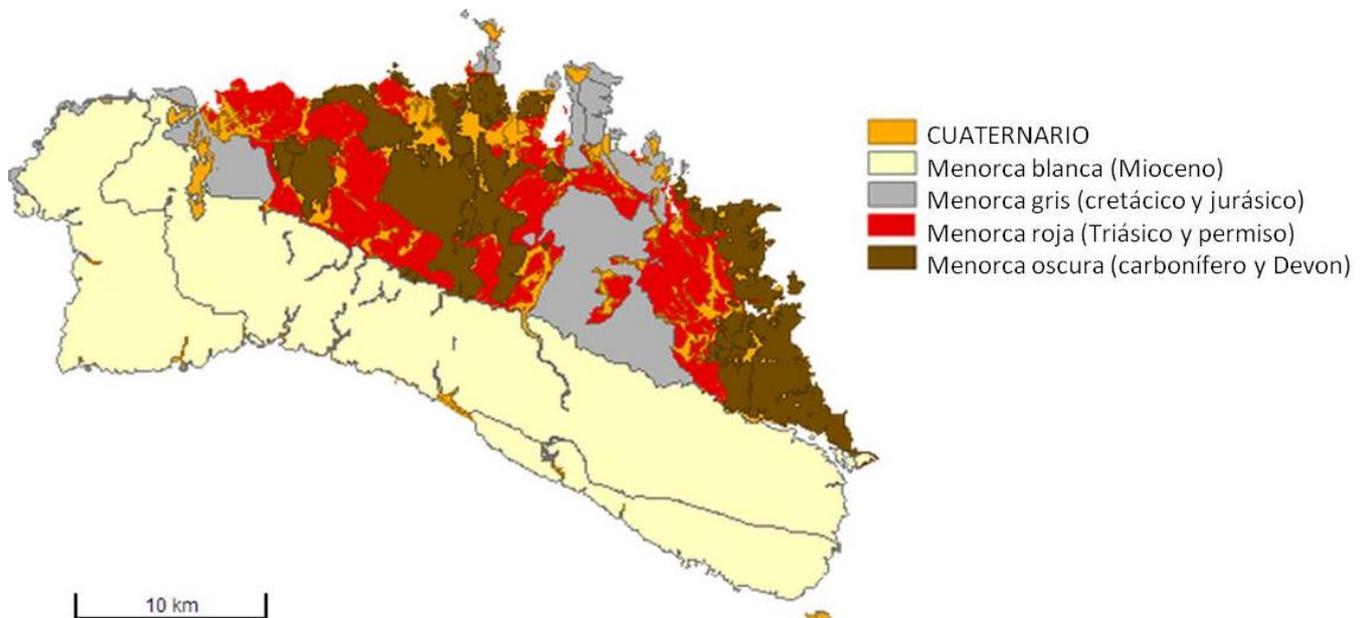
El Karst es una palabra que define un paisaje muy característico en el Mediterráneo donde predominan las rocas calizas. La combinación del agua de lluvia con el dióxido de carbono de la atmósfera y la materia orgánica que hay en el suelo, dan lugar a la formación de un ácido débil (el ácido carbónico), el cual es capaz de disolver lentamente las rocas calizas. Esta disolución, va desgastando lentamente a la roca durante miles de años, lo cual termina configurando unas morfologías muy singulares, tanto en la superficie del terreno (formas exokársticas) como en el interior de la roca (cuevas y conductos subterráneos), que caracterizan el denominado endokarst. (Mateos, R.M. y González Casanovas, 2009)

En Menorca encontramos materiales geológicos como los del Paleozoico (hace unos 350 millones de años y que forma la Menorca negra), el Jurásico (la Menorca gris de grava, hace unos 130 MA) y el Mioceno (el sur menorquín de marés, hace unos 25 MA) que se han formado en el fondo del mar en climas muy diferentes en distintos períodos (millones de años). A diferencia de los anteriores el Triásico (la Menorca roja de hace unos 230 MA) se formó en la superficie terrestre en una zona recorrida por grandes ríos. La conjunción de todos estos materiales hace 60 MA dan lugar a lo que hoy conocemos como Menorca. (CANALS & TRUYOL, 2011).

En Menorca como mencionamos anteriormente, se presentan grandes unidades geomorfológicas que hacen que la isla se divida en dos mitades: la Región de la Tramuntana, al norte, y la Región de Migjorn al sur. El suelo de Tramontana es el más antiguo del archipiélago, con materiales de naturaleza silícica y calcárea de la época primaria y secundaria, en cambio al sur es un terreno llano atravesado por barrancos con un donde predominan las tierras calcáreas del terciario.

Esto es fundamental para conocer qué posibilidades de infiltración de agua existe; en las tierras silícicas del norte podemos ver que son impermeables al agua, pero existen a su vez terrenos calcáreos que son permeables por fisuras de la roca, en cambio los terrenos calcáreos de la zona sur son permeables por esponjosidad (CANALS & TRUYOL, 2011).

Figura 6: Unidades paisajísticas / geológicas de Menorca, (IDE).



Hidrología.

En cuanto a la Hidrología de las Islas Baleares la principal característica que las diferencia de la mayor parte de las cuencas peninsulares es que las aguas subterráneas conforman casi el único y primordial recurso hídrico natural disponible, junto con las aguas costeras y de transición detalladas en el Plan Hidrológico de las islas Baleares (PHB).

Por lo tanto en lo que respecta a las *aguas superficiales* podemos ver que la falta de la misma puede atribuirse en primer lugar por ser una zona con clima árido donde las precipitaciones medias anuales son de 560 mm aproximadamente y con un régimen irregular durante el año. En segundo lugar si pensamos en el sustrato también puede incidir la composición geológica de naturaleza calcárea que contiene gran parte de las islas, lo cual favorece una alta infiltración del agua de lluvia y en tercer lugar el tamaño reducido de sus cuencas. Todo esto hace que no existan masas de agua superficiales (ríos) con una continuidad en el caudal de forma permanente.

Los torrentes conforman la red superficial de drenaje, son de cursos cortos y se desarrollan en cuencas de poca extensión, los mismos surgen de forma esporádica con las precipitaciones.

Dentro del grupo de aguas superficiales también están los humedales, que se complementan con fuentes, balsas, embalses artificiales, aljibes, estanques. (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008)

Tabla 2: Número de torrentes en las Islas Baleares.

Isla	Nº Torrentes	Sup. de Cuenca (Km2)	Sup. Total (Km2)
Mallorca	81	3.211,44	3.640,16
Menorca	53	521,57	701,84
Ibiza	61	471,54	541,22
Formentera	6	19,97	82,08
Cabrera	9	-	15,70

Fuente: Datos Plan Hidrológico de las Islas Baleares 2013, elaboración propia.

Existen distintos tipos de torrentes en las islas Baleares:

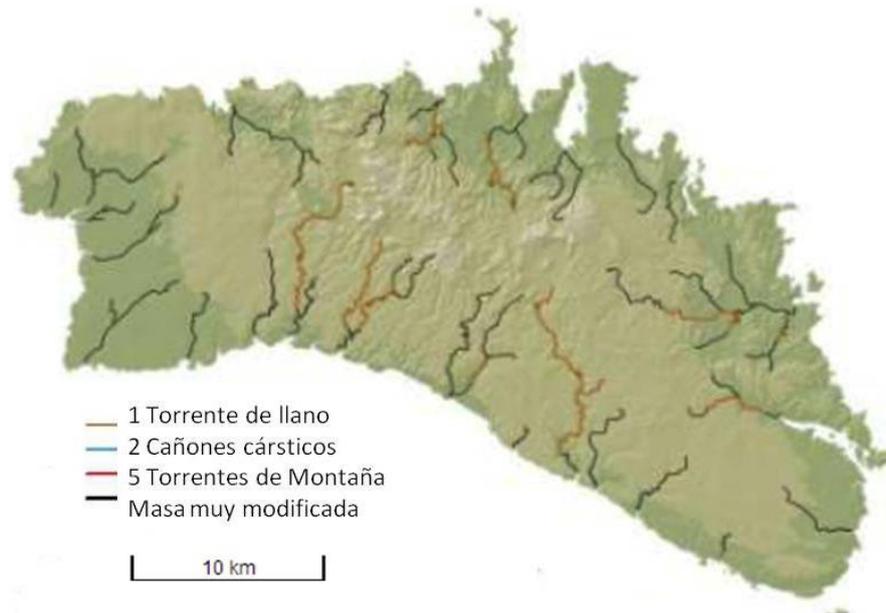
Torrente de Montaña: con una pendiente media y valores de precipitación medio-altos. Son cuencas de tamaño pequeño a mediano, están solo en Mallorca.

Torrente de llano: con bajas pendientes, acompañados de mayor longitud de cauce y superficie de cuencas de mediano tamaño. Es el más común en Baleares (59.54%).

Torrentes cañón: con elevadas pendientes y precipitación, están solamente en la Sierra de Tramuntana de Mallorca (PHB, 2013).

En la siguiente figura se muestran todos los tramos fluviales que han sido considerados, en el PHB en su selección se ha tenido en cuenta la permanencia de agua en ellos. Para Menorca escogieron 12 tramos, distribuidos en 8 cuencas (PHB, 2013).

Figura7: Red hidrográfica de la isla de Menorca en función de la permanencia del agua en los tramos fluviales en la que se indican las masas de agua establecidas (PHB).



Las *aguas de transición* en Baleares se identifican con las zonas húmedas naturales donde gran parte se originan en la franja costera acompañadas de un cordón de dunas, con una cota mayor que las separa

del mar en una zona más baja. El agua que reciben proviene de los torrentes cuando llueve (agua superficial), del acuífero y del mar, al estar conectadas. En Menorca se han determinado 14 en total. En cuanto a las *aguas costeras*, según el PHB se define como aquellas aguas superficiales situadas desde la línea de costa más allá de la milla náutica, por lo cual se tuvo que considerar las masas de agua costeras profundas y incorporando parte de las mismas a esta clasificación.

Tabla 3: Masas de agua superficial costeras Menorca.

CODIGO	NOMBRE / AMBITO	ÁREA km2
MEMC01 M2	Cap de Bajoli a Punta Prima	231.3
MEMC02 M3	Badia de Fornells	4.9
MEMC03 M3	Port de Maó	7.7
MEMC04 M4	Punta Prima a Pnta de Bruna	174.5
MEMC05 M2	Punta de na Bruna a Cap de Bajoli	
SUMA ISLA DE MENORCA		478.5

Fuente: Datos Plan Hidrológico Balear 2013, elaboración propia.

El agua subterránea es el agua que se encuentra bajo la superficie del terreno producida a partir de la saturación de los poros y/o de fisuras de las rocas, la misma puede fluir hacia la superficie de forma natural, o bien directamente hacia el mar. Su renovación es producida en cierta medida a partir de las precipitaciones, de la escorrentía superficial y de retornos de riego.

Un acuífero es una formación geológica donde se almacena y se transmite el agua en los poros de los granos que constituyen el sedimento, o en las grietas, fracturas y oquedades que existen en la roca y se mueve, muy lentamente, de un punto a otro, (salvo en zonas cársticas o rocas muy fracturadas). El recorrido de que genera ese movimiento se lo conoce como el gradiente hidráulico (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Su tamaño y capacidad dependen de la geología del terreno y de la porosidad del material.

En un acuífero se pueden diferenciar tres áreas: el área de recarga, que corresponde a la zona donde se produce la infiltración del agua de lluvia y o zonas próximas a torrentes y ríos, la zona de descarga donde se produce la salida de las aguas subterráneas, hacia un río, un humedal, el mar, manantial o fuente y el área que va desde la zona de recarga hasta la zona de descarga llamada circulación.

En las islas Baleares el 80% del consumo anual de agua se extrae mediante perforaciones procedente de los acuíferos (Mateos, R.M. y González Casasnovas, 2009).

Según la Directiva 200/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000:

“Un acuífero es una o más capas subterráneas de roca u otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas”(OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

El sistema de unidades hidrológicas en Menorca se establece en relación a las distintas composiciones del sustrato. Como vimos anteriormente la isla se divide en dos mitades mediante una línea que une Ciudadela con el puerto de Mao, al sur de esa línea se encuentra una zona constituida por materiales del mioceno, la norte por materiales del carbonífero en el centro y este de la isla (zona menos permeable) y el resto de la superficie lo constituyen calizas, margas y dolomías del período Jurásico, conglomerados y areniscas del Triásico y materiales paleozoicos(OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Esta división da como resultado que Menorca cuente con tres unidades hidrogeológicas o acuíferos, que están directa o indirectamente relacionados entre sí, unidad hidrogeológica de Migjorn, la más importante en superficie y volumen hídrico; unidad de Albaida; y unidad de Fornells (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Figura 8: Clasificación vigente de las unidades hidrológicas según el plan hidrológico balear, (PHB).



Unidad hidrológica 19.01: acuífero de Migjorn

Este acuífero está situado en la mitad sur de la isla, es un acuífero carbonatado que se extiende en una superficie permeable de 365 km² formado de materiales terciarios del mioceno, calcarenitas bioclásticas. Se trata pues, de un acuífero libre con una doble porosidad, la inter granular y la debida al conjunto de discontinuidades, con un desarrollo cárstico que aumenta hacia el mar (Estradé Niubó, 2004).

En éste acuífero se pueden distinguir tres zonas diferentes: zona oriental, que incluye Mahón, St. Lluís y es Castell; zona central, que comprende los municipios de Alaior, Es Mercadal, Es Migjorn Gran y Ferreries; y, por último, la zona occidental del municipio de Ciudadela. Según estudios realizados se han constatado diferentes grados de permeabilidad en el mismo, debido a los distintos tipos de sedimentos que atraviesa el agua en el proceso de infiltración, pasando de 20 hasta 0.1 m/día, conjuntamente se ha determinado que se encuentra bien drenado por las numerosas discontinuidades que presenta (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Unidad hidrológica 19.02: acuífero de Albaida

Esta unidad presenta a grandes rasgos una estructura sinclinal, lo cual significa desde el punto de vista geológico que tiene un pliegue hacia su parte interior donde se encuentran los materiales más modernos.¹⁴

¹⁴ Por más información: http://ocw.innova.uned.es/cartografia/principios_basicos/pb_03.htm

En ella se han determinado dos acuíferos o subunidades diferentes: uno desarrollado sobre los materiales calcáreos-dolomíticos de edad jurásica, y otro de las formaciones calcáreas del Triásico, por esta razón se lo define como un acuífero bicapa (OROZCO CONTI & UBALDI FREDA, 2008).

Unidad hidrológica 19.03: acuífero de Fornells

El acuífero de Fornells, ubicado en la zona norte, se estructura en dos subunidades diferenciadas: Tirant y Binimel-la, siendo ambas formaciones superficiales modernas del Cuaternario.

Figura 9: Unidades hidrológicas de Menorca según infraestructura de datos espaciales (IDE).

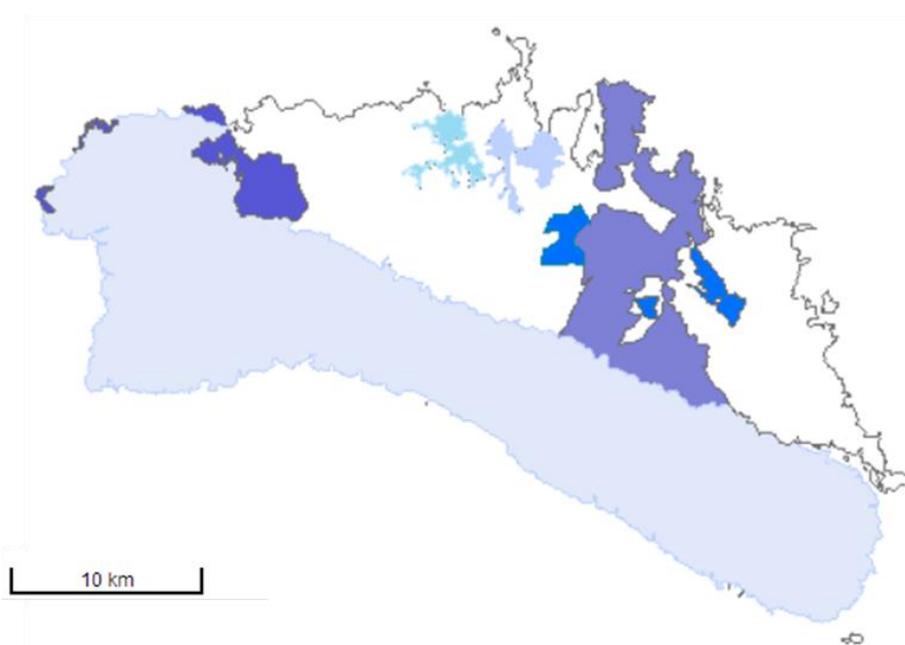


Tabla 4: Unidades Hidrológicas Menorca.

UNIDADES HIDROLÓGICAS	SUPERFICIE Km2	NATURALEZA
IMPERMEABLE	240	
ALBAIDA M.	7	Triásico. Calizas y dolomías. Afloramientos discontinuos con laminaciones casi totales.
ALBAIDA J.	65	Jurásico. Calizas y dolomías. Serie carbonatada bastante ancha y normalmente deslizamiento sobre el Keuper subyacente.
ALGAIARENS	14	Jurásico. Calizas y dolomías, de continuidad probada, ya que enlaza con los afloramientos de Punta Nati y Bajolí.
BINIMEL-LA	5	Cuaternario. Depósitos aluviales y eólicos (arenas, gravas, arcillas, ...). Acuíferos granulares, zonas húmedas embalsadas.
CALA TIRANT	6	Cuaternario. Depósitos aluviales y eólicos (arenas, gravas, arcillas, ...). Acuíferos granulares, zonas húmedas embalsadas.
MIGJORN	365	Mioceno. Calcarenitas facies plataforma (alta K) y taludes arrecifal (baja K)

Fuente: Datos IDE, elaboración propia. .

A partir de la información suministrada por el sistema de infraestructura de datos espaciales de Menorca (IDE) podemos determinar aproximadamente, que el territorio Menorquín tiene un 52% de su superficie que pertenece al acuífero de Migjorn en la zona sur y un 13% al resto de los acuíferos de la zona norte acompañado de un 34% de terreno impermeable en la zona norte de tramontana.

Los acuíferos de la zona tramontana equivalen al 26.5 % de la superficie del acuífero de Migjorn, por lo tanto hay 462Km² de superficie del territorio están constituidas por unidades hidrológicas: acuíferos que según el PHB 459.4 km² son considerados área permeable.

Clasificación de acuíferos.

Los acuíferos pueden clasificarse en relación al tipo de material que lo constituye o en función de la presión del agua que contienen.

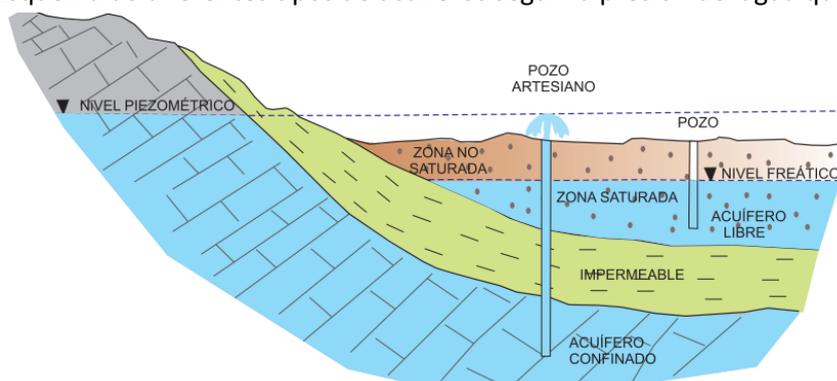
Según su naturaleza geológica están los *acuíferos detríticos* que se encuentran en materiales que han sido resultado de procesos de erosión (gravas, limos y arenas), o sea de materiales permeables por porosidad. Las arcillas son materiales detríticos que al tener baja permeabilidad, por lo general suelen constituir la base impermeable de este tipo de acuíferos. *Los acuíferos Kársticos*, son los que predominan en casi todo el territorio Balear, están constituidos por rocas sedimentarias consolidadas y cementadas, como las calizas y dolomías, donde el agua se va acumulando entre sus grietas y fisuras así como en las oquedades creadas por el proceso de karstificación de las mismas. Estos acuíferos por su naturaleza tienen poca capacidad auto depuradora siendo vulnerables a la contaminación (Mateos, R.M. y González Casanovas, 2009).

Otro tipo de clasificación que existe es según la presión del agua que contienen, donde podemos encontrar acuíferos libres y acuíferos confinados o cautivos. En los primeros el límite superior de la masa de agua se encuentra en contacto con el aire de la zona no saturada, entonces la presión del agua que contienen es la presión atmosférica. El límite superior de la zona saturada de estos acuíferos se le denomina nivel freático. La recarga de este tipo de acuíferos se produce por infiltración a través del suelo, ya sea de agua de lluvia y/o agua que proveniente de los torrentes, por lo tanto el nivel freático puede variar en función de la misma.

Los acuíferos confinados o cautivos presentan una superficie compuesta de materiales de baja permeabilidad que lo separa de la superficie y lo confina, por ello el agua está sometida a una mayor presión que la atmosférica ocupando todos los huecos y poros del sustrato saturándolo al máximo.

El nivel del agua de estos acuíferos se les denomina nivel piezométrico, cuando el mismo sobrepasa la cota del nivel del terreno aparece lo que se conoce como un pozo surgente (Mateos, R.M. y González Casanovas, 2009).

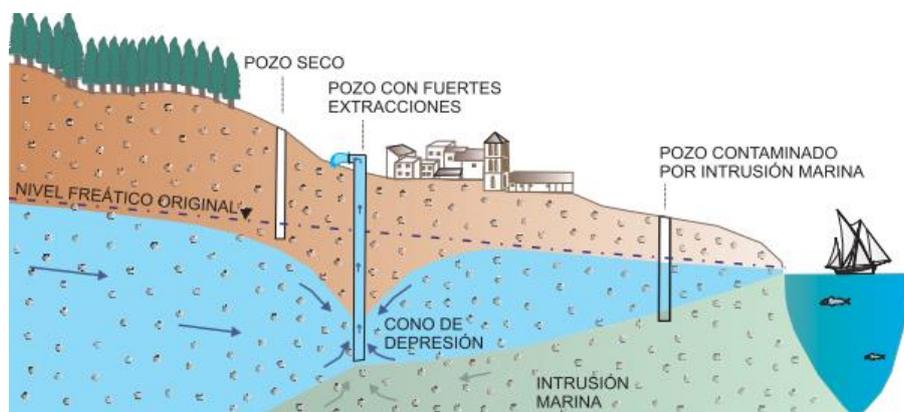
Figura 10: Esquema de diferentes tipos de acuíferos según la presión del agua que contienen.



Es de suma importancia tener conocimiento sobre la geología del terreno previo a la perforación del mismo dado que se pueden poner en contacto acuíferos con diferentes calidades de agua y mediante los pozos se produzca una mezcla de las aguas.

Al partir de la información que se obtiene de realizar ensayos de bombeo se puede calcular el caudal de extracción más recomendable y el lugar más adecuado para la colocación de la bomba. Este punto es muy importante dado que una mala colocación de las mismas en pozos cercanos al mar, que estén sometidos a una fuerte explotación terminan generando una depresión del nivel freático, que los va secando y al mismo tiempo provoca la intrusión marina en el acuífero, salinizando los pozos que se encuentra más próximo a la costa.

Figura 11: Efectos negativos que genera un pozo con fuertes extracciones.



3.5.3 Estado cuantitativo y cualitativo de las aguas procedentes de los acuíferos.

Cantidad de agua.

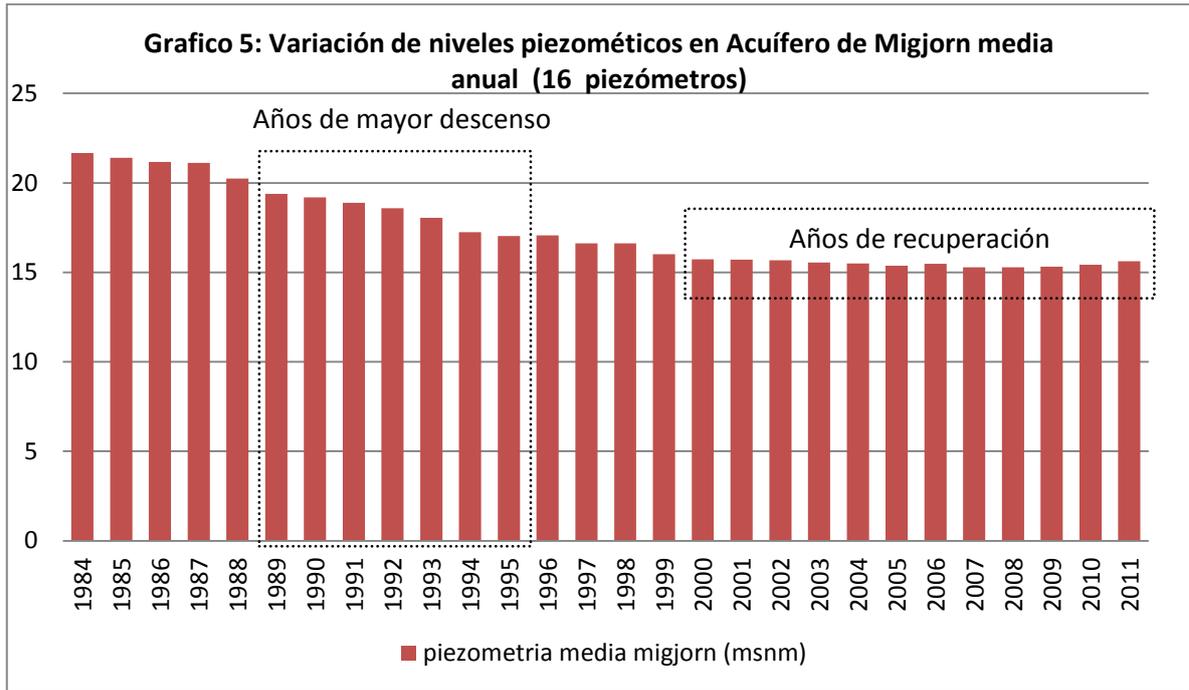
Como ya hemos mencionado las aguas subterráneas de los acuíferos constituyen la principal fuente de recursos hídricos en Menorca, siendo el acuífero de Migjorn el que abastece casi el 90% de la demanda de la isla.

Como vimos en el apartado anterior la profundidad a la que se encuentra el agua en el subsuelo es llamada nivel piezométrico y en el caso de los acuíferos libres, puede ser llamada también nivel freático. La misma se puede medir en relación a la profundidad que tiene desde cota topográfica del terreno hasta el nivel de agua o medir la altura de la columna de agua en relación al nivel del mar (msnm).

Cuando vemos como se produce la variación de estos niveles, obtenemos una información muy importante que nos permite visualizar el estado de las reservas de agua en un determinado período de tiempo, la cual depende del balance que se establece entre las entradas y salidas de agua del acuífero.

En Menorca existe una red muy completa de más de 120 piezómetros, su mayoría localizados en el acuífero de Migjorn, y algunos de ellos en el acuífero de Albaida gestionados por la Dirección General de Recursos Hídricos del Gobierno Balear, la cual realiza medidas mensuales.

A partir del año 2010 el Instituto Geológico y Minero Español (IGME) deja de hacer analíticas a los pozos menorquines (calidad del agua, Indicador OBSAM).



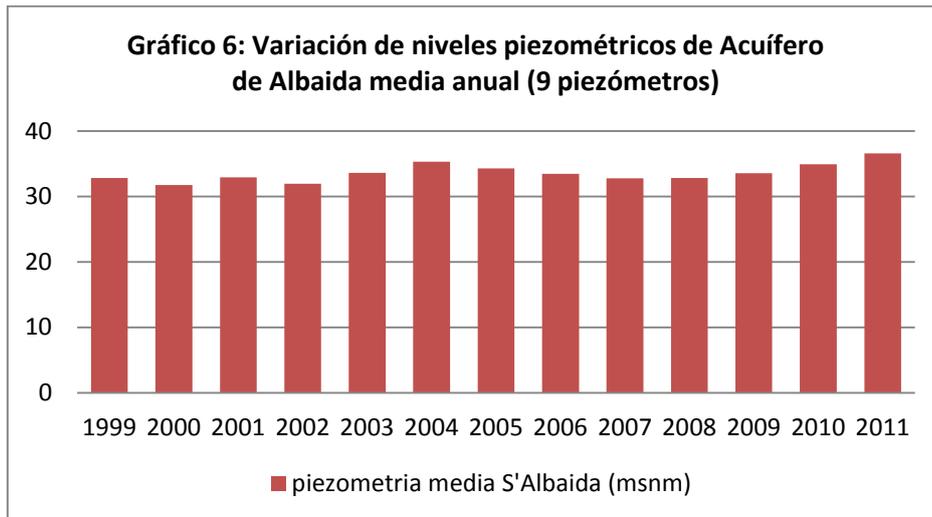
Fuente: Indicador OBSAM, elaboración propia.¹⁵

A partir del gráfico de la variación del nivel piezométrico medio anual para las 3 zonas del acuífero de Migjorn para el período 1984- 2011, se percibe que al inicio del mismo entre los años 1984 – 1987 se da un descenso suave de los niveles, pasando a una etapa intermedia, de 1988 a 1995 marcado por un descenso más fuerte debido a que fue una época que contuvo tres episodios de sequía pronunciada, observándose en 1996 una cierta recuperación. Posteriormente se vuelven a dar descensos menos abruptos y posteriores recuperaciones de los niveles, concordando con un período de pluviometría por encima de la media de los últimos 30 años (calidad del agua, Indicador OBSAM).

No obstante esta situación es muy diferente según las zonas del acuífero, presentándose en estos últimos 10 años descensos muy grandes en la zona de poniente con valores en el entorno de los 2.0 msnm, en la zona de levante 10-11 msnm y en la zona central de 33 -34 msnm. (ver gráfico N° 1 en el apartado de anexos)

El análisis de la evolución del nivel de agua de 1984 hasta 2006, la altura media sobre el nivel del mar paso de casi 20 metros a unos 13, es decir, se ha bajado una media de un metro cada tres años (con un régimen de lluvia abundante, se puede apaciguar la dinámica negativa)(GOB Menorca, 2007).

¹⁵ Indicador OBASAM: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrogeologia/reserva-aigua-aquifers/nivell-piezometric-aquifer-Migjorn-1984-2012.pdf>



Fuente: Indicador OBSAM, elaboración propia.¹⁶

El problema ecológico de la bajada del acuífero.

En Menorca la bajada de la cota de nivel de los acuíferos trae consigo efectos sobre la naturaleza. Los cursos de agua de los barrancos, que hace unos años recibían importantes aportaciones que brotaban de las fuentes que eran puntos donde el acuífero estaba por encima del nivel topográfico del terreno, con el descenso del mismo ha hecho que los torrentes ya no reciban el caudal que les permitía tener un caudal constante casi todo año y que casi todas las fuentes conocidas hayan desaparecido. Esta situación tiene consecuencias en las comunidades biológicas que se nutrían de estos cursos de agua (GOB Menorca, 2007).

Otras posibles causas de la problemática que actualmente son consideradas refieren al:

- El crecimiento urbanístico.
- La intensificación del sector agrario.
- El consumo del sector industrial.
- La jardinería exótica.
- El desaprovechamiento de las aguas pluviales.
- El cambio climático, etc.

Todas estas posibles causales provienen de la actividad humana incluyendo a la última de ellas de la cual ya hemos hecho referencia en el apartado 3.2, a las restantes las iremos desarrollando en mayor o menor medida a lo largo de este trabajo.

Calidad del agua.

En cuanto a la composición del agua subterránea al estar en contacto con las rocas y los distintos sedimentos que conforman el sustrato geológico, hace que valla incorporando elementos de los mismos, haciendo que se beneficie en cuanto a la cantidad de iones respecto a su composición inicial. En baleares el agua subterránea suele ser de naturaleza bicarbonatada cálcico-magnésica y de

¹⁶ Indicador OBSAM: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrogeologia/reserva-aigua-aquifers/nivell-piezometric-aquifer-Albaida-1999-2012.pdf>

naturaleza sulfatada cuando el sustrato geológico es rico en yeso (Mateos, R.M. y González Casasnovas, 2009).

Tabla 5: Concentración de iones en aguas subterráneas que han permanecido diferentes tiempos de contacto con materiales del acuífero.

PARAMETROS (mg/l)	AGUAS JÓVENES (<1 AÑO)	AGUAS MADURAS (>10 AÑOS)
Cloruros	22	100
Sulfatos	23	50
Bicarbonatos	144	340
Nitratos	2	10
Sodio	10	60
Calcio	53	100
Magnesio	4	36
Potasio	1	15

Fuente: "Los caminos del Agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales", pag.66, elaboración propia

Al introducirnos en la temática sobre el estado de calidad del agua, es conveniente mencionar que los organismos que realizan el seguimiento periódico de la calidad del agua de los acuíferos son: la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Balear y hasta el año 2010 el Instituto Geológico y Minero Español (IGME). Al mismo tiempo la Consejería de Salud y Consumo del Gobierno Balear se dedica al análisis de los pozos destinados al suministro de agua para consumo y de los diferentes depósitos de su red de distribución.

Este contralor se enmarca en los lineamientos fundados en el real decreto 140/2003, del 7 de febrero, donde se establecieron los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que comprenden la red de suministro (desde la captación hasta la salida del grifo del consumidor) y el control para garantizar su calidad con el fin de proteger la salud de las personas.¹⁷

Por lo tanto el valor que marca la legislación actual son 50mg/l, el cual coincide con el que fija el Plan Hidrológico en sus objetivos de calidad de las aguas subterráneas.

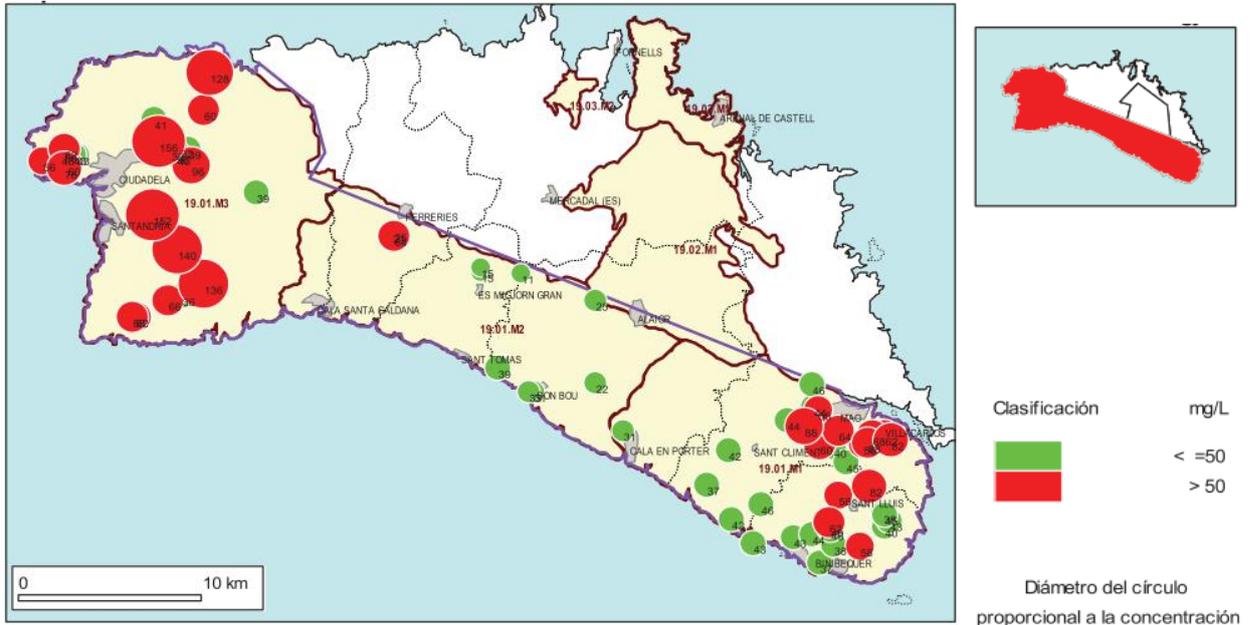
Durante el año 2004 el Consejo Insular de Menorca llevo adelante el proyecto AQUANET, donde se realizó un estudio de los fenómenos de contaminación difusa a través de tres campañas de control de la calidad de las aguas mediante el análisis de 79 pozos. A partir de todos estos controles resultó que los acuíferos de la isla presentan problemas de contaminación de nitratos y cloruros, distribuido de una manera no uniforme en el territorio (Calidad del agua, Indicador OBSAM).

A partir de varios estudios y análisis realizados respecto a la calidad de las aguas subterráneas se verificó que la presencia de nitratos en muchas zonas de la isla sus valores superan las máximas permitidas por las autoridades sanitarias para el agua potable. En ese mismo año 2004 las mayores concentraciones se dan en el sector oriental de la isla, entre las localidades de Maó, Es Castell, Sant Climent, y San Luís, donde se llegaron alcanzar valores de 130 mg/L de ión nitrato, en el extremo occidental de la isla entorno a Ciudadela se alcanzaron valores de 140 y 110 mg/L al noreste y sureste de la misma, respectivamente (López García, 2004). En los informes correspondientes al año 2008 donde se han

¹⁷ Por más información: http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd140-2003.htm

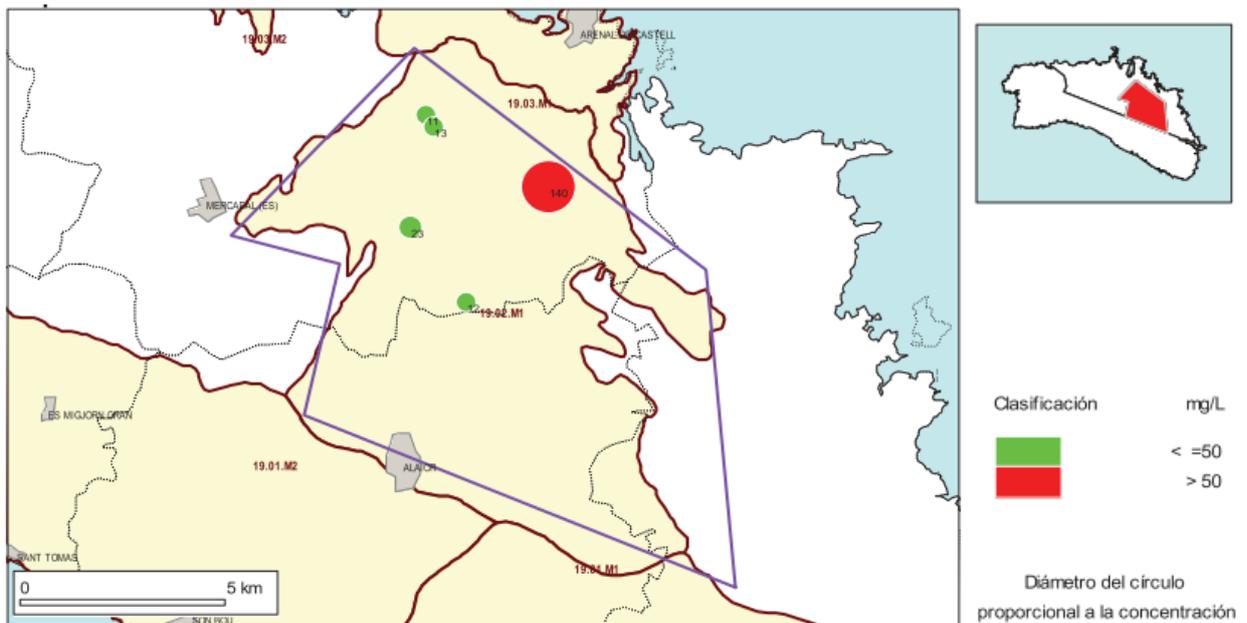
medido un total de 71 puntos de la red IGME, determinan que los valores de concentración de ión nitrato en la unidad hidrológica 19.01 (Migjorn), varían entre los 11.00 mg/L de valor mínimo y los 156.00 mg/L de máximo, dándose este último en el municipio de Ciudadela, con una media de 54.34 mg/L y 45.00 mg/L de mediana (20.51 mg/L de desviación típica)(García López, 2008).

Figura 12: Mapa de concentración de ión nitrato de la UH: 19.01 Migjorn (octubre de 2008).



Sin embargo para la unidad hidrológica 19.02 (Albaida) los informes de octubre de 2008, los valores de concentración de ión nitrato varían entre los 11.00 mg/L de valor mínimo y los 140.00 mg/L de máximo, existiendo un único punto que supera el valor máximo permitido para aguas de consumo humano (García López, 2008).

Figura 13: Mapa de concentración de ión nitrato de la UH: 19.02 Albaida (octubre de 2008).



Posibles causales de contaminación según los ámbitos de estudio en el territorio.

Ámbito Urbano:

Las zonas de viviendas donde el saneamiento no está compuesto por el sistema de alcantarillado sino que lo constituyen pozos negros que muchas veces no son bien gestionados (pozos perdedores, fosas sépticas mal hechas, etc.). También se han detectado fugas procedentes del sistema de alcantarillado lo cual se adjudica a su envejecimiento.

Ámbito de Regulación De Calidad - Depuradoras:

En las depuradoras es importante tener la suficiente información de la composición del sustrato geológico donde se vierten o dirigen los efluentes procedentes de las mismas, y más aún cuando los tratamientos que se realizan no son completos dado que aunque las aguas estén depuradas podrían llegar a favorecer la infiltración de nitratos al transcurrir por zonas permeables.

“...no es lo mismo verter las aguas depuradas en Mercadal sobre el torrente que va hacia el norte (y que pasa por zonas impermeables), que verter las aguas de Ferreries al torrente de Trebalúger, las de Migjorn al barranco de Son Boter, o las de Alaior al de Cala en Porter, que tienen una constitución geológica que permite la infiltración en el subsuelo. Y mucho más grave aún es que la depuradora de San Clemente termine en un pozo de infiltración.”(GOB Menorca, 2007)

Ámbito Agrícola – Ganadero:

La intensificación de fincas agrarias genera un aumento en la utilización de abonos químicos para mejorar el rendimiento de las tierras, que al ser acompañada de una práctica de regadío intensivo se transforman en la principal fuente de contaminación llamada contaminación difusa por nitratos.

Ahora si el regadío se realiza con aguas residuales depuradas con una alta presencia de nitratos sobre una zona permeable la situación sería mucho más grave.

También se consideran posibles causales de contaminación a menor escala las procedentes de actividades que conllevan algunos núcleos urbanos con huertos, siendo Mao y Ciudadela las zonas donde existe mayor concentración de estos núcleos y actividades.

El aumento del ganado en las fincas de explotación intensiva acompañado de una mala gestión de los purines y de la concentración del mismo que en muchos casos se sitúan sobre terrenos permeables, se considera que puede llegar a ser una causal de infiltración de nitratos hacia el acuífero (GOB Menorca, 2007).

En el estudio efectuado por la Dirección General de Régimen Hidráulico de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Litoral del Gobierno Balear. La contaminación por nitratos de origen agrícola se consideró como uno de los problemas más graves. El estudio planteaba la problemática de convencer a los agricultores de utilizar menos abonado.

Cloruros.

Respecto a la contaminación por cloruros esta viene dada por los fenómenos de intrusión marina en las zonas costeras de donde extraen grandes cantidades agua en los pozos que se ubican muy próximos a la costa. Los informes del año 2008, determinaron que los valores de concentración de ión cloruro varían entre los 106.00 mg/L de valor mínimo, en el municipio de Maó y los 3330.00 mg/L de máximo, en Ciudadela, con una media de 348.56 mg/L y 187.00 mg/L de mediana, (244.81 mg/L de desviación

típica). Un 34% de los puntos observados presenta concentraciones superiores a los 250 mg/l (García López, 2008).

Cuando la misma se da en acuíferos desconectados del mar lo que se determina es la presencia de contaminantes naturales (presencia de sales en el subsuelo) o inducidos por el hombre (en el caso del empleo de aguas residuales, depuradas o no). Por ello en los distintos análisis sobre este tema se incluyen por un lado mapas esquemáticos con la distribución espacial de la conductividad eléctrica que determina el grado de mineralización del agua subterránea, que en el caso de las islas baleares los máximos valores coinciden con los acuíferos de la franja litoral y con zonas de sobreexplotación e intrusión marina (García López, 2008).

El límite de contaminación por cloruros utilizado es el del Plan Hidrológico de las Islas Baleares, aprobado por el Consejo de Ministros por Real Decreto 378/2001 de 6 de abril, el cual fija en su apéndice A-4 como limite admisible para aguas de uso agrícola, que es de 200mg / l, sin embargo el valor que fija la legislación actual en materia de aguas de abastecimiento (RD 140/2003 de 7 de febrero) es menos restrictivo de 250mg / l (Calidad del agua, Indicador OBSAM).

Esta situación colaboró para que se aprobara la construcción de una planta desalinizadora que, al encontrarse en funcionamiento, podrá disminuir el problema. Esta “posible solución” es criticada desde distintos ámbitos dado que requiere hacer pasar el agua a través de membranas muy finas (ósmosis) aplicando una gran presión sobre el líquido lo cual demandará mucha energía y se agravarán las emisiones contaminantes a la atmósfera.(GOB Menorca, 2007)

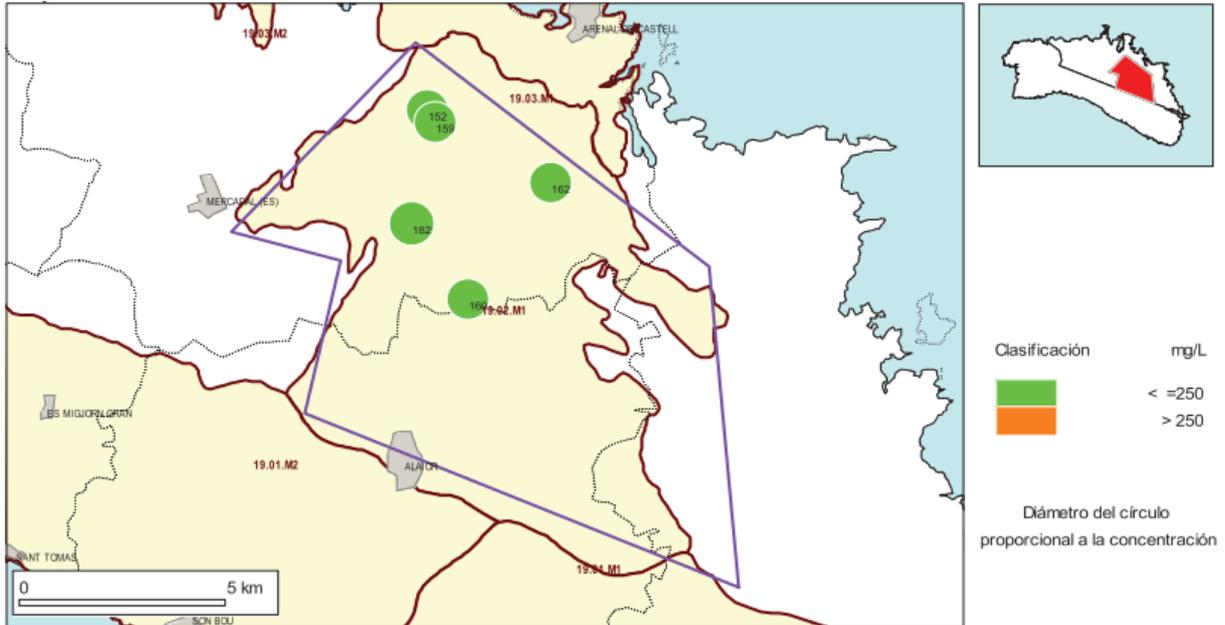
Independientemente de que se realizaran las extracciones en pozos que estén ubicados a una distancia considerada de la costa este problema puede manifestarse cuando se disminuyen las reservas del acuífero y se deja de contar con un caudal suficiente y continuo de salida hacia el mar, el cual frenaría la intrusión de agua marina.

Figura 14: Mapa de concentración de ión cloruro de la UH: 19.01 Migjorn (octubre de 2008).



Los valores de concentración de ión cloruro para la unidad hidrológica 19.02 de Albaida para el año 2008, varían entre los 152.00 mg/L de valor mínimo y los 182.00 mg/L de máximo, con una media de 163.00mg/L y 160.00 mg/L de mediana (7.60 mg/L de desviación típica)(García López, 2008).

Figura 15: Mapa de concentración de ión cloruro de la UH: 19.02 Albaida (octubre de 2008).



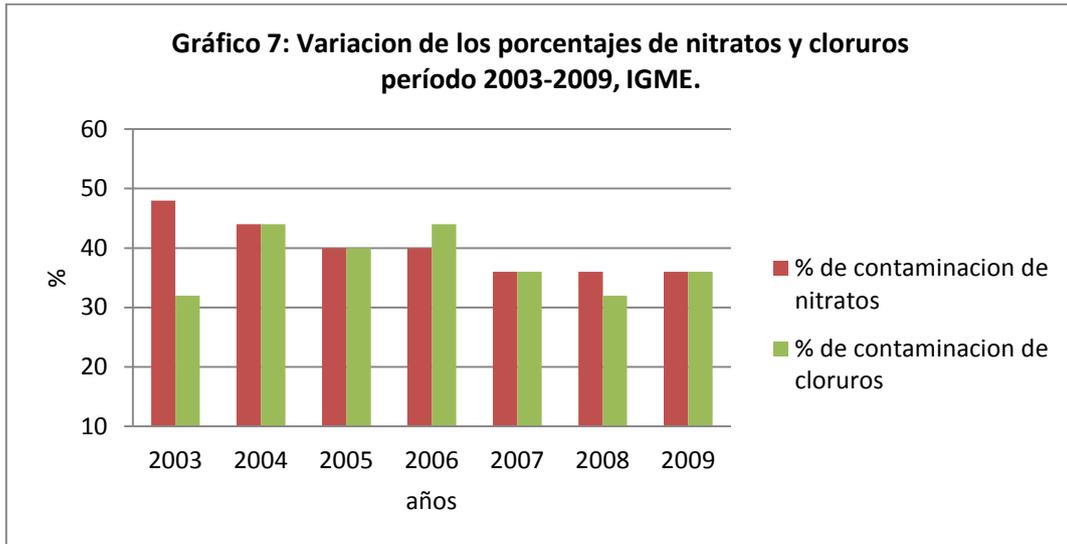
Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología-IGME- Govern Balear DGRH, 2008.

A partir de año 2010 el Instituto Geológico de Minería y Energía (IGME) deja de realizar analíticas en Menorca. En la siguiente tabla podemos visualizar la cantidad de pozos analizados así como la variación de sus porcentajes en el período comprendido entre los años 2003-2009.

Tabla 6: Porcentaje de pozos analizados por el IGME que superan los umbrales de nitratos y cloruros. 2003-2009.

Análisis IGME	Nº de pozos contaminados por nitratos	% de contaminación de nitratos	Nº de pozos contaminados por cloruros	% de contaminación de cloruros	Total de pozos analizados
2003	12	48	8	32	25
2004	11	44	11	44	25
2005	10	40	10	40	25
2006	10	40	11	44	25
2007	9	36	9	36	25
2008	9	36	8	32	25
2009	9	36	9	36	25

Fuente: Calidad del agua. Indicador OBSAM – IGME, elaboración propia.



Fuente: Calidad del agua. Indicador OBSAM – IGME, elaboración propia.

3.6 Crecimiento demográfico.

Crecimiento de la población de Menorca durante el siglo XVIII.

Tabla 7: Calculo de la tasa media de crecimiento interanual entre 1723 y 1787 por municipios en Menorca.

	Censo de Kane 1723	Censo de Floridablanca 1787	Ln (Nt/N ₀)	t	r (%)
Ciudadella	4.580	6.055	0,279	64	0,436
Maó	4.580	12.049	0,967	64	1,511
Alaior	3.168	4.141	0,268	64	0,418
Es Mercadal	1.157	1.476	0,244	64	0,380
Ferrerries	836	1.392	0,510	64	0,797
Es Castell	1.761	2.496	0,349	64	0,545
Total Menorca	16.082	27.609	0,540	64	0,844

Fuente: "Estudio Biodemográfico de la supervivencia humana en población Menorquina (Es Mercadal)". Tudurí, M, 2005.

En el año 1713 el Tratado de Utrech pone fin a la guerra de Sucesión, por lo tanto Menorca pasa a ser territorio británico comenzando una serie de importantes cambios socioeconómicos en la sociedad que seguramente influyeron en el crecimiento demográfico a lo largo del siglo, pasando de 16.082 habitantes contabilizados a través del censo del gobernador Kane en 1723, hasta 32.143 habitantes en el año 1797.

El crecimiento se debe a Mao, municipio que pasó a ser la nueva capital de la isla, con una tasa de crecimiento interanual entre 1723 y 1787 del 1,51%, con fuerte presencia militar de la flota británica.

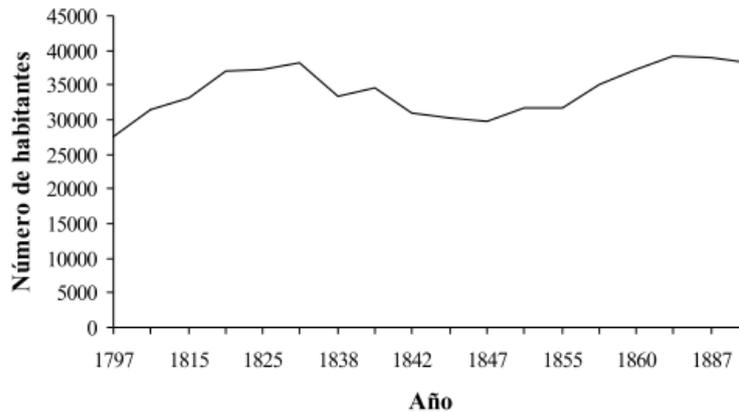
En 1756-1763 se produce la Guerra de los Siete Años (1756-1763), donde Menorca queda en manos de los Franceses que más tarde con el Tratado de París vuelve a ser territorio Británico. Esta situación generó en el año 1768 la primera emigración masiva en la isla por causas económicas.

Sin embargo en Es Mercadal el crecimiento se mantuvo de una forma más moderada que en los siglos anteriores, atribuyéndolo a las transformaciones del sistema socioeconómico con la consolidación de la

aparcería (amitgeria) como sistema de posesión de tierras agrícolas, lo cual propicio la llegada de población de otras localidades para asentarse en el medio rural (Muñoz Tudurí, 2005).

Crecimiento de la población de Menorca durante el siglo XIX.

Gráfico 8: Evolución del número de habitantes de Menorca durante el siglo XIX.



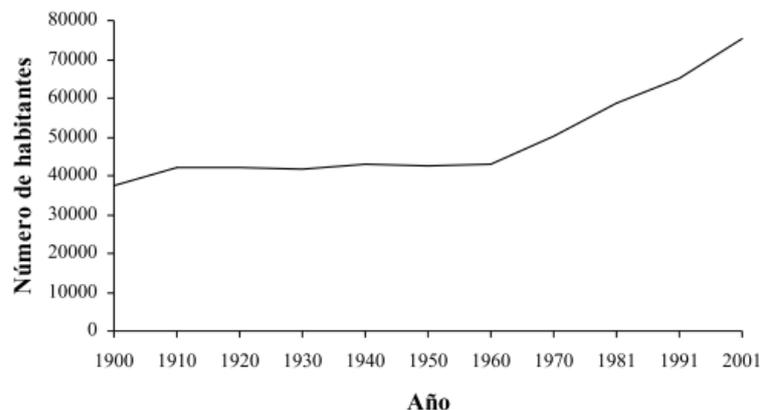
Fuente: "Estudio Biodemográfico de la supervivencia humana en población Menorquina (Es MErcadal)". Tudurí, M, 2005.

En el año 1802 a través del tratado de Amiens, Menorca pasa de forma definitiva a depender de España. Según el gráfico vemos un notorio crecimiento demográfico durante los primeros 20 años (1815-1818 puntualmente).

En el año 1820 se ve afectada la actividad comercial debido a la prohibición por parte del gobierno central español de introducir cereales extranjeros a la península. Otro factor importante con consecuencias demográficas fue la imposición del servicio militar obligatorio, el cual generó otra emigración masiva de menorquines hacia el norte de África, Argelia como lo demuestran los resultados negativos del período 1830-1850. Al disminuirse la presión de la población en la isla se produjo una recuperación económica. Posteriormente durante la segunda mitad del siglo XIX, parte de los emigrantes retornados con formación y capital, introducen la industria del calzado como una nueva actividad socioeconómica en la isla.(Muñoz Tudurí, 2005)

Crecimiento de la población de Menorca durante el siglo XX.

Gráfico 9: Evolución del número de habitantes de Menorca durante el siglo XX.



Fuente: "Estudio Biodemográfico de la supervivencia humana en población Menorquina (Es MErcadal)". Tudurí, M, 2005.

Entre 1900 y 1910, se da un gran crecimiento de la población ($r=1,13\%$), que se relaciona con el desarrollo de la pequeña industria artesana. Sin embargo entre los años 1910 y 1920 se inicia una fase de decadencia económica que propicia el estancamiento poblacional.

Pero es a partir de la segunda mitad del siglo XX, año 1965 donde comienza un gran cambio en la dinámica poblacional de la isla junto con la llegada del turismo de forma masiva de forma continua a lo largo de todo el siglo XX que igualmente se dio de forma más gradual que en el resto de las Baleares.

Debido a esto durante el período 1960-1975 la estructura económica se basó en el crecimiento del sector industrial y de las transformaciones agrícolas y ganaderas, coincidiendo con un aumento de la tasa de natalidad.

Durante los últimos años del siglo XX y principios del XXI Menorca pasa a tener 75.296 habitantes (año 2001) propiciado por la especialización económica que desarrolló la isla en el sector del turismo a finales de los años 80 (Muñoz Tudurí, 2005).

Diferencia entre la población de derecho y hecho.

En Menorca la población no es la misma durante todo el año debido al grado de estacionalidad o población flotante, a causa de lo que genera el sector del turismo. Es de importancia determinar las diferencias entre la población de hecho y derecho dado que a efectos de este trabajo lo que realmente nos interesa es la carga que soporta el territorio en cuanto a la cantidad de personas que inciden en la demanda del consumo de agua.

Población de derecho:

Refiere a la población que se encuentra empadronada en los distintos municipios de la isla con fecha primero de enero de cada año. La información es la del padrón municipal¹⁸ (Población, Indicador OBSAM).

Población de hecho

Es la población que encontramos en un determinado momento sobre la isla.

El cálculo se realiza a partir del indicador de Presión humana diaria (PHD) que determina cuánta gente se encuentra encima de la isla cada día del año a partir de los datos suministrados por las entradas y salidas de pasajeros en puertos y aeropuertos.

Para esta instancia los datos que utilizaremos serán los suministrados por el OBSAM, respecto a la población de hecho de un año determinado, donde la misma es calculada haciendo la media de la presión humana diaria para cada día del año en cuestión (Población, Indicador OBSAM).

3.7 Subsistemas de análisis: condicionantes del paisaje en los últimos años.

Cuando nos referimos a subsistemas de análisis hacemos referencia a los sistemas que influyen directamente en la gestión de los recursos, en el territorio y por lo tanto en el paisaje.

A los efectos de este trabajo utilizaremos los siguientes:

- Urbanizaciones, directamente relacionadas con el crecimiento demográfico.

¹⁸ <http://www.caib.es/ibae/ibae.htm>

- Turismo, la presión humana en los consumos como el desarrollo turístico.
- Medio Rural, las formas de gestión de las actividades agrícolas y ganaderas sobre el territorio.

En cuanto al concepto de paisaje, consideramos pertinente indagar sobre que visión queremos tener sobre él, para poder determinar la forma más adecuada para poder relacionarlo al tema principal de nuestro estudio que es el agua en el territorio.

Desde esta óptica concordamos con la primera definición del artículo uno, capítulo primero de las disposiciones generales del Convenio Europeo del Paisaje, celebrado en Florencia en el año 2000:

“por “paisaje” se entenderá cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”.

Entendemos al paisaje como el resultado de la forma del metabolismo de la ciudad, como una expresión del modelo social que interactúa en el territorio.

En Menorca durante las últimas décadas se han llevado adelante varias acciones de protección del territorio, que hoy en día supone que casi la mitad del territorio (41% de las superficies de la isla, 28.000 Ha) está debajo de alguna figura de protección incluyendo la que se dio en 1993 con la declaración por parte de la UNESCO de Menorca como Reserva de la Biosfera por sus cualidades ambientales, sociales, económicas y culturales (Verdú ButtiKofer, 2009).

Esta declaración la relaciona directamente con el programa “Man and Biosphere” (MaB) de la UNESCO donde sus tres funciones básicas para las Reservas de la Biosfera son:

- Conservación de paisajes, ecosistemas, especies y diversidad genética.
- Desarrollo, fomentando un desarrollo humano y económico que sea ecológica y culturalmente sostenible.
- Apoyo logístico, que comprende investigación científica, seguimiento, formación y educación en relación a la conservación y el desarrollo sostenible a escala local, regional, nacional y global.

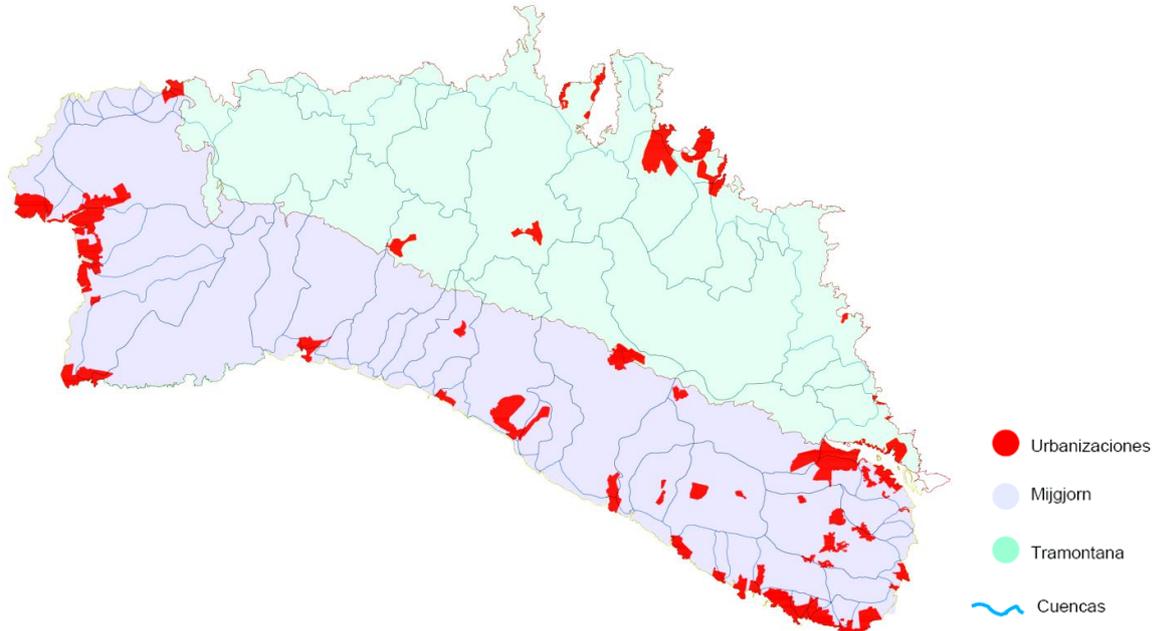
Los colectivos sociales, instituciones, que trabajan en procura de la sostenibilidad del territorio se pueden clasificar en diversos grupos, los de carácter más institucional (político) hasta llegar a agrupaciones no gubernamentales o incluso personas individuales. En el apartado de anexos se especifica un esquema para una mejor interpretación sobre la dicha organización.

Con todo esto vemos que durante el siglo XX Menorca ha experimentado cambios en el paisaje donde los tres subsistemas han formado parte de los mismos. El aumento de población, el turismo y la intensificación de parte de la agricultura han repercutido en lo que refiere a la hidrología de la isla, en un aumento de las extracciones a unos niveles muy elevados, acompañado de un crecimiento económico.

Respecto a las **urbanizaciones**, directamente relacionadas con el crecimiento demográfico, hemos visto en el apartado anterior como ha venido evolucionando la población a lo largo de los siglos, lo cual ha incidido junto a otros factores, en el aumento de población de las urbanizaciones y con ello un aumento de zonas de baja densidad destinadas al turismo o segunda residencia.

Históricamente las urbanizaciones se ubican donde tienen existe mayor accesibilidad al agua, en Menorca la mayoría se encuentran sobre el acuífero de Migjorn.

Figura 16: Urbanizaciones y cuencas hidrológicas.

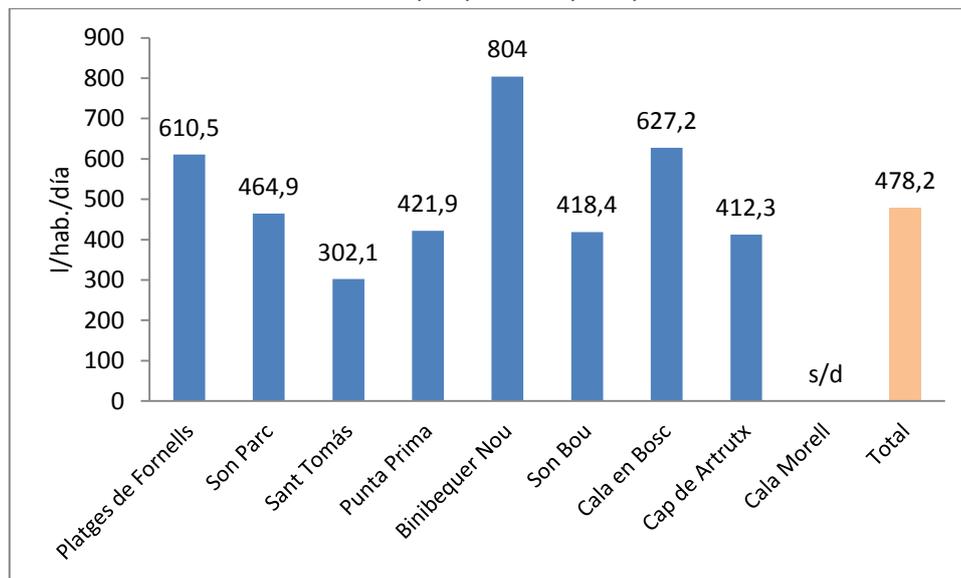


Actualmente el consumo de la población de hecho media en la isla está en torno a los 280 l/hab/día, existiendo municipios que son de naturaleza más turística que otros (Es Mercadal, San Luis y Migjorn Gran) donde los valores ascienden a 508, 353, y 304 l/hab /día respectivamente. La diferencia entre los núcleos urbanos y turísticos se da en que los primeros tienen un consumo de 180-200 l / hab / día, y algunos núcleos turísticos llegan a tener valores que van de 800 y 1.100 l/ hab /día en chalets con piscinas y jardines (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014).

Estos altos valores de consumo se deben en gran parte al riego de céspedes y jardines con una vegetación exótica lo cual demanda una gran cantidad de agua, así como la reposición de agua de las piscinas a causa de la evaporación en este tipo de establecimientos. Según datos del OBSAM para una piscina de tamaño medio 30 m² se traduce en una demanda de 5.000 litros en el mes de julio, que significa para Menorca unos 250.000 m³ anuales de pérdidas de agua por evaporación de las piscinas existentes en toda la isla (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014).

En cuanto al **Turismo**, una ejemplificación de los consumos de agua lo podemos visualizar en los datos obtenidos para el trabajo de investigación sobre el “Consumo de recursos naturales de los núcleos turísticos de Menorca” en el año 2012 a cargo de Marta Pérez. En el mismo a partir del análisis de 10 núcleos turísticos se pudieron establecer un radio de consumo en litros, por persona y día, por cada núcleo y cada tipo de alojamiento.

Gráfico 10: Datos de consumo por persona y día por cada núcleo turístico.



Fuente: "Consum de recursos naturals als nuclis turístics de Menorca", Pérez, 2001, elaboración propia,¹⁹

Esto nos demuestra en primera instancia los altos valores de consumo que demandan algunos establecimientos que contiene la isla, conjuntamente podemos ver la diferencia que existe entre los consumos de los mismos según sean viviendas, hoteles etc.²⁰. No debemos olvidar que los períodos de mayor presión humana son los meses de julio y agosto coincidiendo con el período de bajas precipitaciones, lo cual es una situación bastante desfavorable para el sistema hídrico de la isla. Sería conveniente que este subsistema realizara un uso sostenible de los recursos y que fueran capaces de medir los costes ambientales de sus actividades, para poder mejorarlas.

La zona litoral al sur es un área donde existen una gran cantidad de establecimientos turísticos, parte de la misma estaba conformada por zonas donde se daban actividades agrarias tradicionales que han sido abandonadas progresivamente pasando a ser zonas dispersas donde se practica la agricultura y/o ganadería intensiva. Todo esto contribuye a una homogenización del paisaje y una serie de efectos negativos como hemos visto para los suelos, la vegetación, los acuíferos, cursos de agua y biodiversidad.²¹

Actualmente un establecimiento que lleva adelante este tipo prácticas, tiene una demanda de agua para el regadío en el orden de 5.000 m³/ha anuales y un aumento del riesgo de contaminación difusa por nitratos si no son gestionados correctamente los residuos ganaderos y el uso de fertilizantes (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014).

Es conveniente citar que actualmente existe la custodia del territorio que lleva adelante un trabajo dirigido a involucrar a todos los agentes privados en la sostenibilidad.²²

¹⁹ Por más información: <http://www.obsam.cat/actualitat/2012/asant/asant-5-consum-recursos-naturals.pdf>

²⁰ Ver en el apartado de anexos tabla 1: Consumos de agua (l/hab./día) por cada núcleo turístico según el tipo de alojamiento.

²¹ Por más información: <http://www.gobmenorca.com/custodiaagraria>

²² La custodia se define como un conjunto de estrategias o técnicas jurídicas que involucran a los propietarios y usuarios del territorio en su conservación y buen uso de los valores y recursos naturales, culturales y paisajísticos.

www.gobmenorca.com/custodiaagraria.

En el **medio rural** las formas de gestión de las actividades agrícolas y ganaderas se realizan desde hace mucho tiempo en una unidad territorial llamada Lloc, el cual representa el factor recurso natural, en una estrecha vinculación con el cultivador, factor trabajo y el ganado y los utensilios de labor, que integran el factor capital, donde la conjunción de los tres da como resultado la actividad económica productiva; en Menorca el mismo se caracteriza por tener un “asentamiento humano”(MAEM, Lloc, 2014).

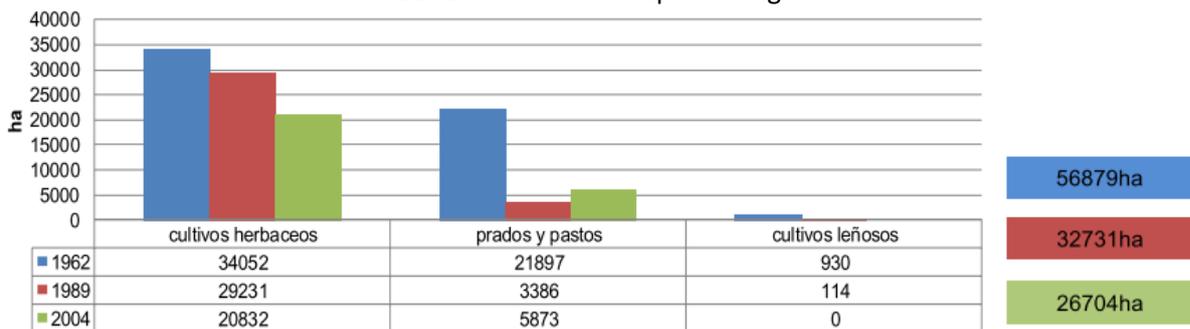
Los cambios producidos en este tipo de fincas que a su vez determinan gran parte del paisaje rural Menorquín podemos definirlos en:

- Abandono del sistema tradicional de rotación de cultivo a 3 años, sustituyéndolo por la introducción de cultivos forrajeros y de cereales con semillas “mejoradas” compradas, lo cual se traduce en un aumento en la exigencia de agua de la tierra.
- Fuerte especialización en la producción de leche de vaca pasando de ser una actividad tradicional a una industrializada.
- AUMENTO del grado de MECANIZACIÓN en lo que refiere a riegos, estabulaciones, etc., destinadas a la intensificación productiva y disminución de la mano de obra trabajadora.
- Cambio de propiedad de las tierras que en parte han pasado de las familias de la antigua Nobleza o Burguesía a manos de empresarios o industriales poco vinculados al sector agrario en su origen.
- Descenso en el número de fincas agrarias en actividad. (MAEM, Lloc, 2014)

Se ha dado una disminución en la diversidad de la producción dado que actualmente se tiende especializarse en el monocultivo, que al mismo tiempo lo genera menos autosuficiencia debido a la dependencia de los servicios y bienes que son necesarios y a la vez externos a la explotación.

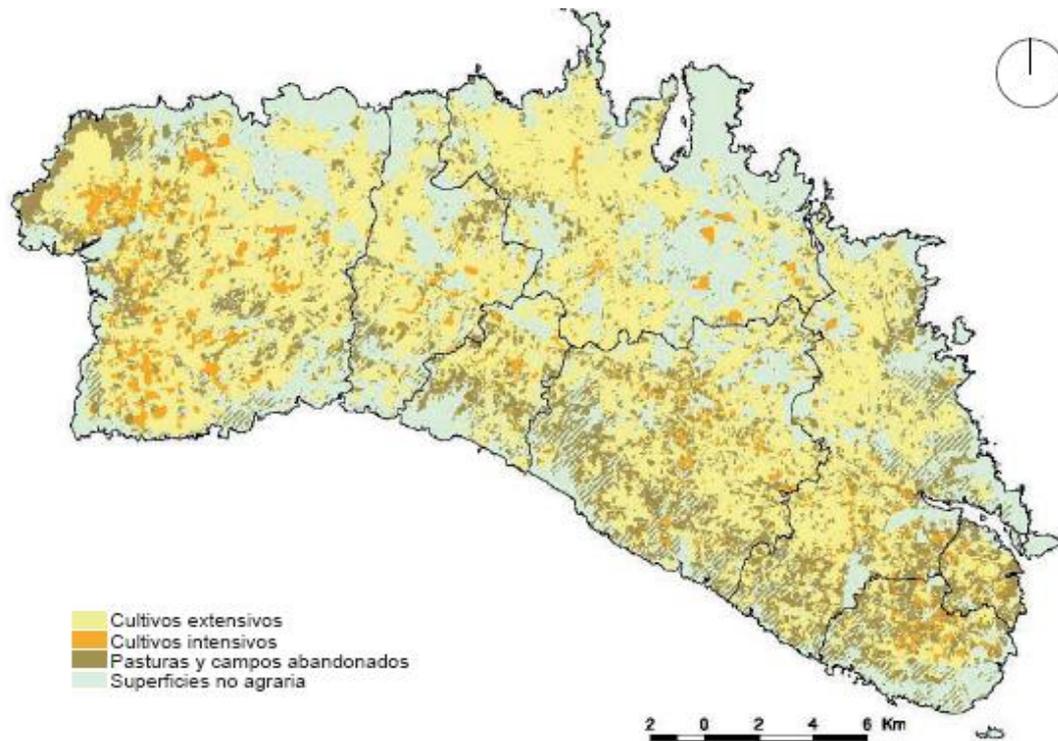
Más allá del trabajo realizado actualmente en intentar promover una agricultura ecológica respetuosa con el medio ambiente, tal como mencionamos anteriormente como es el caso de custodia agraria, aun existen llocs que continúan bajo la línea de una agricultura intensiva.

Gráfico 11: Evolución de la superficie agraria útil.



Fuente: Trabajo MAEM 2013-2014 Estructuras de Control hídrico en Menorca Escala Lloc, 2014.

Figura 17: Tipos de cultivos en Menorca.



A modo de ejemplo podemos citar la experiencia llevada a cabo por el Lloc *Turmaden des cúpita* el cual constituye una finca típica menorquina dedicada al agroturismo y a la agricultura y ganadería ecológica. El mismo se encuentra ubicado en el término municipal de Alaior, en el centro de la isla de Menorca con una extensión de 75 hectáreas, repartidas entre bosques, prados y zonas de cultivo.

En dicho establecimiento no tienen acceso a la red de agua potable (MAEM, Lloc, 2014) y para poder acceder a la misma cuentan con 2 aljibes (300 Toneladas cada uno) que se utilizaban para la recogida y almacenamiento de agua de lluvia para usos de regadíos y consumo animal, dos cisternas que recogen el agua de lluvia para uso doméstico que su vez una de ellas también recoge el agua del aljibe y un pozo. Para el tratamiento de las aguas residuales utilizan un filtro verde el cual contempla

1. Pre tratamiento, donde se eliminan los elementos de mayor tamaño.
2. Tratamiento primario, donde se retiene las materias sólidas que están en suspensión en el agua.
3. Tratamiento secundario, donde se elimina la contaminación carbonatada disuelta en el agua gracias a bacterias que consumen oxígeno.
4. Tratamiento terciario -elimina el nitrógeno y el fósforo. (MAEM, Lloc, 2014)

El sistema agrario utilizado se basa en el conocimiento tradicional combinado con los nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, respetando los ciclos naturales y excluyendo la utilización de productos químicos y de síntesis. La granja se compone de un rebaño de vacas de raza autóctona, junto con otros animales, una huerta y explotación de recursos forestales.

Este establecimiento ha participado en un proyecto de custodia del territorio para compatibilizar la viabilidad económica del lugar con la conservación de los valores naturales y al mismo tiempo esta certificado bajo el sistema de calidad de Ceres Ecotur.²³

En resumen a partir de todo lo expuesto consideramos que la participación social ante tal problemática es fundamental e inseparable dado que sus acciones en el medio condicionan de forma directa el equilibrio del sistema natural.

En Menorca gran parte del paisaje está conformado por el medio rural, por lo cual si se pierde el equilibrio entre la actividad agraria y la conservación de los valores naturales, se pone en riesgo su integridad y con ello la de los recursos naturales del territorio.

4. Estrategia metodológica.

El presente estudio se enmarca dentro de la estrategia global de la prevención del paisaje Menorquín el cual consideramos que tiene una relación continua y sensible con los recursos naturales, por lo tanto con los sistemas de gestión hídrica en la isla. Teniendo en cuenta la particular situación estudiada²⁴ sobre el descenso del nivel de agua del acuífero (principal fuente de abastecimiento de agua dulce) durante el período 1984 - 2002, se pretende realizar un análisis del ciclo hidrológico Menorquín respecto a los sistemas actuales que intervienen en la gestión del agua.

Con todo esto es importante determinar desde distintos ámbitos de actuación que consecuencias tienen directamente en el territorio y así poder colaborar en visualizar cuáles pueden ser las tendencias de aquí en adelante.

La metodología a utilizar es la del análisis y estudio bibliográfico, acompañada de una búsqueda de indicadores y datos cuantitativos que serán fundamentales para poder entender y formalizar el modelo de gestión hídrica que actualmente se lleva a cabo en Menorca.

A partir de esto se pretende representar el balance hídrico para el año 2002, cuya elección fue determinada por la posibilidad de acceso a la mayoría de los datos para ese año.

A partir de este análisis, acompañado del estudio de otros trabajos que investigan sobre este tema intentaremos evaluar que buenas prácticas pueden llevarse a cabo para mantener lo más estable posible las reservas de agua en los acuíferos.

Para comenzar el análisis identificamos en primera instancia la diferenciación de dos tipos de sistemas:

1. El sistema Natural:

Formado por las condiciones naturales del medio ambiente, sin la presencia del bloque social, que a partir de los fenómenos climáticos específicamente las precipitaciones, suceden una serie de factores hidrometeorológicos que adquieren un determinado comportamiento en el territorio y por ende el acuífero.

²³ El cual refiere a un innovador proyecto de la Fundación Eco agroturismo, que toma como referencia el sistema de calidad ecológico europeo ECEAT, bajo criterios de sostenibilidad que miden el nivel de compromiso medioambiental, socio-cultural y económico de los establecimientos rurales con los destinos. <http://www.turmaden.com>

²⁴ Datos suministrados a partir del seguimiento continuo realizado en los acuíferos a cargo de la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Balear. www.obsam.com

- Precipitaciones.
- Evapotranspiración real.
- Escorrentía.
- Agua retenida en el sustrato
- Infiltración eficaz.
- Salida natural hacia el mar.

2. El Sistema o Bloque Social:

Lo definimos como un concepto antropocéntrico, que refiere a las consecuencias que generan las actividades humanas sobre los recursos hídricos en el territorio, en nuestro caso directamente sobre el acuífero de Migjorn.

- Extracciones (urbanas, agrícolas, ganaderas).
- Re infiltraciones (urbanas y agrícolas).
- Re utilizations de agua (depuradoras y riego).
- Contaminación (nitratos y cloruros).

Definido estos dos sistemas en la isla, pasaremos a determinar los valores de cada uno de los factores que componen cada uno de ellos para el año elegido. Para ello el camino utilizado es a partir de la evaluación y análisis exhaustivo de datos cuantitativos de diferente procedencia. Para los factores que de ambos sistemas utilizaremos los indicadores básicos del Observatorio Socio Ambiental de Menorca (OBSAM), que a su vez integran información de otras instituciones, como datos de la Dirección General de los Recursos Hídricos del gobierno Balear, de empresas privadas y públicas encargadas en parte de la gestión hídrica de la isla, datos meteorológicos del Aeropuerto Menorquín, etc.

Con toda esta información se formará un cuadro del balance hídrico para el año 2002 donde se pueda visualizar la interrelación de ambos sistemas y como sus componentes intervienen en las variación de las reservas del acuífero. De aquí tomaremos los valores del bloque social en lo que refiere a las re infiltraciones y extracciones como inputs y outputs sobre el acuífero. Con ello podremos confrontarlo con los distintos períodos favorables y desfavorables del historial de de precipitaciones en isla, conjuntamente con el promedio de las infiltraciones generadas en los mismos.

Esto nos permitirá elaborar una serie de escenarios que a partir de un tipo de comportamiento humano determinado por las características del bloque social determinadas para el año 2002, y de la propia experiencia territorial en cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos de dos décadas diferenciadas en sus valores de pluviometría, distinguiremos si realmente se realizó un uso sostenible o no del acuífero.

Paso seguido aplicaremos una serie de ajustes en la demanda de consumo del bloque social, específicamente del consumo urbano, los cuales son provenientes de los parámetros de sostenibilidad y de las posibles disminuciones que pueden llegar a darse mediante la aplicación de técnicas alternativas de captación de agua de lluvia y rocío que han sido evaluadas para el municipio de es Mercadal.

También utilizaremos la metodología del análisis cartográfico y fotos aéreas/fotointerpretación a partir de infraestructuras de datos espaciales tales como la IDE de Menorca y la IDEIB de las Islas Baleares.

El manejo de estas herramientas permitirá la comprensión y representación de toda la información territorial sobre Menorca ya sea desde el patrimonio arquitectónico, histórico, cultural y natural del

territorio, así como la vegetación, geología, topografía, recursos naturales, cubiertas y usos del suelo, etc. El acceso a toda esta información es fundamental a la hora de elaborar un análisis hídrico sobre el territorio y colabora en gran medida a salvar la distancia a la que nos encontramos de Menorca para poder realizar este trabajo.

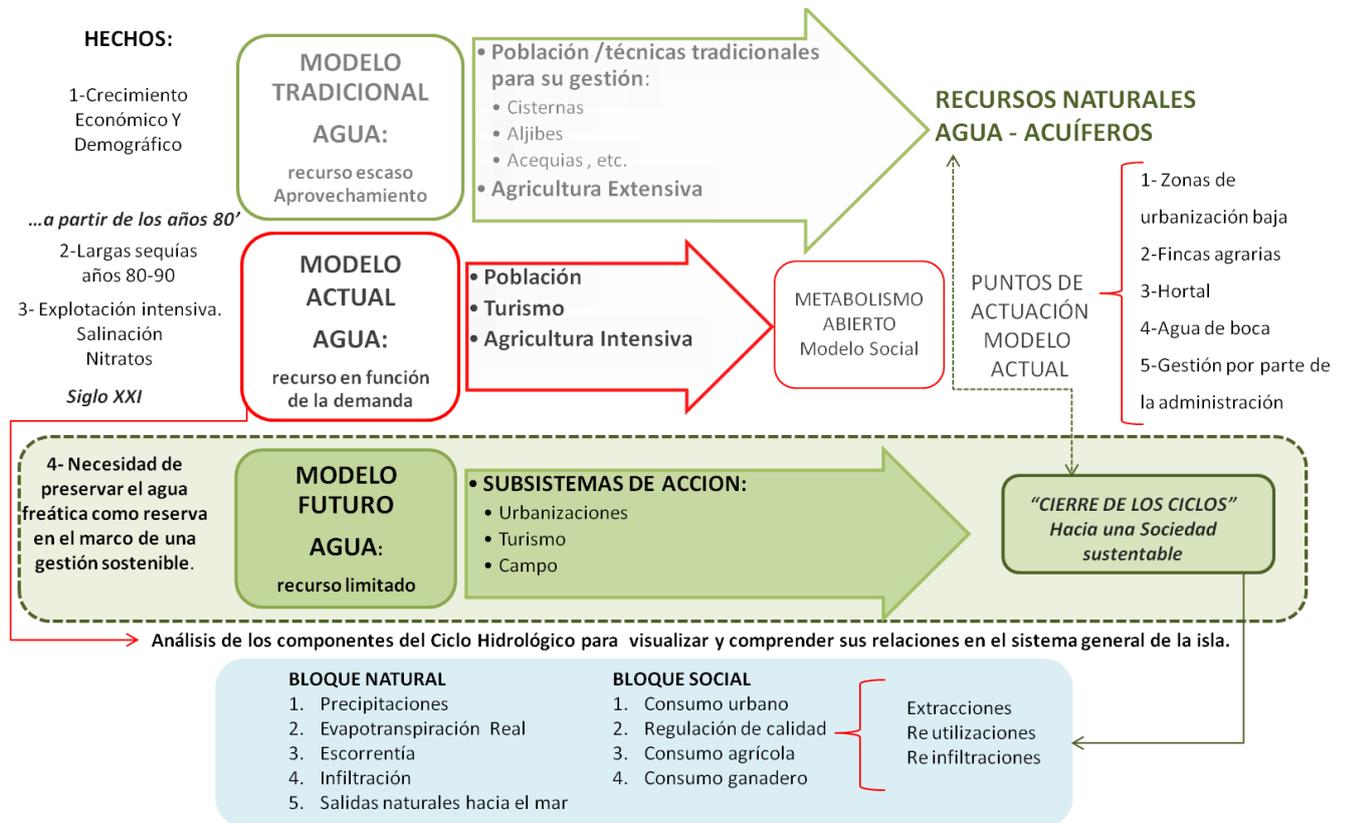
5. Diagnostico.

En Menorca, como en el resto de las islas Baleares, los recursos hídricos dependen en gran medida de las precipitaciones y de su variación durante el año por lo tanto es razonable que la gestión hídrica debería de adecuarse a esta situación para ser sostenible. Teniendo como premisa mantener la capacidad de almacenamiento de los acuíferos, es fundamental incorporar técnicas no convencionales que valoren esta condición y que al mismo tiempo puedan hacer frente a los bajos niveles de pluviometría y/o posibles períodos de sequía mediante una gestión integral de los recursos disponibles. Para ello haremos un DIAGNÓSTICO de la situación que contemple las distintas etapas que han determinado que hoy en día la situación hídrica de Menorca requiera una revisión sobre las medidas a utilizar para dicha actividad.

Haremos una breve exposición sobre las técnicas aplicadas antiguamente para la gestión del agua y nos extenderemos un poco más sobre la que se realiza actualmente mediante el análisis de los datos cuantitativos y su funcionamiento. Con esto pretendemos elaborar una crítica que pueda contribuir a un manejo sostenible del agua

El cómo se realizaba anteriormente la gestión hídrica lo veremos en esta primera etapa de análisis que la vamos a subdividir desde la antigüedad hasta mediados del siglo XX donde se produce un importante cambio en la gestión hídrica debido a la inauguración del tendido de la red abastecimiento público de agua. Durante el siglo XX se produjo un cambio en el modelo de gestión de aprovechamiento del recurso. Pasando de una cultura que aprovechaba el recurso hacia un modelo que a partir del desarrollo tecnológico realiza un aumento del recurso en función de la demanda mediante la perforación y la proliferación de pozos profundos (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014).

Figura 18: Esquema sobre los modelos de gestión hídrica en la isla de Menorca.



5.1 Técnicas tradicionales de captación, almacenaje y distribución para agua de boca y riego.

Antes de comenzar con una breve exposición sobre las técnicas tradicionales utilizadas en la gestión hídrica nos resulta imprescindible citar la definición de la palabra tecnología como el “conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.” (Real academia española).

En base a ello vemos que la tecnología es un indicador que evidencia el desarrollo de las culturas humanas, es el resultado del progreso de las capacidades humanas para la producción y o transformación de objetos e infraestructuras materiales para el aprovechamiento de los recursos naturales que les permitan sobrevivir en determinado sitio. El progreso del conocimiento científico puede traer consecuencias e impactos de distinto orden y valor según como se utilice.

Por hidráulica tradicional se entiende todo lo que refiere a las tecnologías y métodos para obtener, almacenar y distribuir el agua sin hacer uso de energía mecánica. Los pozos con cubos y poleas, las norias, las fuentes, las acequias y los lavaderos, las cisternas y las aljibes, etc. Los elementos que caracterizan la gestión tradicional del agua muchas veces están relacionados entre sí y dan lugar a sistemas que, al mismo tiempo, tienen su razón de ser en concordancia con las formas de ocupación humana del territorio en determinados períodos en el tiempo.

En este caso estos sistemas han perdurado hasta entrados el siglo XX donde la cultura del aprovechamiento del agua era primordial para la gestión de los recursos hídricos (GUINARD, A. et al, 2007).

Los torrentes conducen el agua hacia la cota más baja, o sea hacia el mar. Los que tienen un caudal continuo se encuentran ubicados en el fondo de los valles lo cual permite un drenaje sobre las laderas que están más próximas a él. Al mismo tiempo son los que se encargan de mantener la vegetación de ribera mediante la cual se disminuye la velocidad de circulación del agua favoreciendo la infiltración y disminuyendo las posibilidades de erosión.²⁵

El agua proveniente de los torrentes venía en buena parte de corrientes subterráneas que salían a la superficie mediante las fuentes y resurgencia en el lecho del torrente, para ser utilizada derivándose mediante esclusas y otros dispositivos, aún así el aprovechamiento tradicional de esta agua ha sido limitado por su localización (GUINARD, A. et al, 2007).

Por tanto las principales fuentes de agua serían afloramientos de agua subterránea sin la utilización de sistemas captadores por gravedad como es el caso de las minas de agua-qanats o foggaras que existen en la isla de Mallorca dada sus características geomorfológicas a diferencia de Menorca.



Figura 19: Torrente en Menorca.



Figura 20: Foggara en Mallorca



Figura 21: Qanats en Mallorca

Si bien en Menorca la utilización de agua de los torrentes y de las fuentes ha sido limitada, vemos que la metodología empleada para el suministro de agua utiliza dos formas que al mismo tiempo se pueden integrar. Primero el aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante perforaciones (pozos) que fueron integrando dispositivos para elevarla y posteriormente distribuirla. En segundo lugar la captación y almacenaje de agua de lluvia ya sea mediante cubiertas que dirigen el agua hacia un depósito-cisternas, aljibes y lavaderos.

Los pozos.

El pozo es uno de los elementos más importantes y característicos en Menorca para acceder al agua subterránea, debido a las características geomorfológicas de la isla y la profundidad a la que se encuentra el agua. Un tipo muy particular de pozo ligada al período de prehistoria y protohistoria²⁶ son

²⁵ Por más información: (<http://www.obsam.cat/actualitat/2010/torrents-menorca-aigua-vida.php>)

²⁶ El término **protohistoria** ("primera historia") se refiere a una fase no muy bien definida que se situaría entre el final de la Prehistoria y el principio de la Historia antigua. Sus límites temporales son algo difusos y se suelen encontrar varias interpretaciones.

los que se cavan en la roca misma y contienen rampas o escaleras para poder acceder al punto donde se encuentra el agua.

Partiremos con una breve descripción durante éste período para poder ejemplificar el sistema de recogida y almacenaje de agua que como ya mencionamos es fundamental para cualquier tipo de asentamiento humano.

Para ello utilizaremos la clasificación que realiza LAGARDA MATA, F.²⁷ en su trabajo sobre “Pozos agua y magia en la prehistoria de Menorca” donde especifica tres conjuntos bien definidos para agruparlos.

El primero sería un agujero profundo y estrecho en la tierra, con una chimenea que podría tener una estructura exterior más o menos cilíndrica con una cubierta formada por una pequeña cúpula de piedra en seco, como la de dos de los tres pozos de Alcaidús. El segundo incorpora rampas y escalones que llevaban hasta el punto donde se encontraba el agua, uno de los pozos de Acaidús ejemplifica esta tipología. Y como tercer grupo están los de boca ancha con una profundidad mayor al cual se le accede únicamente por escaleras tales como Calascoves, Macarelleta, na Patarrà , Binimaimut.



Figura 22: Pozo Alcáiús Figura 23: Pozo Na Patarrá vista desde el exterior Figura 24: Pozo Na Patarrá vista desde el interior

El pozo de Na Patarrá se encuentra ubicado en el municipio de Alayor y se estima que su excavación fue realizada durante el período Talayótico I (1400-1000 A.C), su sección es más o menos ovalada con una profundidad de unos 47 m.

Se desciende mediante una escalera de 1.20 m de ancho aprox. que contiene 9 tramos en forma de zigzag recostada en una de sus paredes. En el fondo, hay una pileta en donde se recogería el agua de las filtraciones. Seguramente el pozo de Na Patarrá suministraba de agua al poblado de Torralba d'en San Salort debido a su proximidad.²⁸

La sínia o noria.

Es un sistema de elevación para obtener agua desde un pozo para luego distribuirla para el riego de huertos y jardines. El uso de este sistema en el Mediterráneo se remite al periodo islámico pero al mismo tiempo es asociada a una lógica de parcelación de tierras y áreas destinadas a huertos alrededor de las ciudades en los siglos XVIII y XIX.

La sínia consta de un engranaje movido por la fuerza de un animal, una pequeña rueda horizontal que transmite el movimiento del animal hacia otra rueda vertical de mayor tamaño que se encarga de elevar el agua mediante varios recipientes enlazados por una cuerda o cadena. Posteriormente el agua se

²⁷ http://www.academia.edu/1392807/Pozos_agua_y_magia_en_la_Prehistoria_de_Menorca

²⁸ <http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/argmc132.htm>

dirige hacia una pila y/o lavadero que es un depósito impermeable de piedra arenisca u hormigón de donde salen las canalizaciones-acequias que distribuyen el agua a distintas zonas de huertos o tierras para su regadío.

Los pozos de las sinias o norias son de planta rectangular cuyas dimensiones están sujetas al tamaño del diámetro de la rueda vertical que a su vez depende de la profundidad a la que se encuentra el agua. Es importante aclarar que en Menorca existieron sinias que además de elevar el agua subterránea utilizaban la de los torrentes como es el caso de Son Bou para el regadío (GUINARD, A. et al, 2007).

Su primera evolución data en las primeras décadas del siglo XX dejando a un lado las piezas de madera que inicialmente la constituían, hacia una mayor mecanización con piezas de hierro industrializadas. Posteriormente con la llegada de la electricidad se sustituye el animal por motores eléctricos a mediados del siglo XX, generando una modificación en el sistema y pasando a quedar en desuso pocos años antes de la inauguración de la red de abastecimiento hacia 1985.²⁹

Pozo de torno.

De la misma forma que la Sinia es un mecanismo accionado por la fuerza de un animal para poder retirar el agua del interior de un pozo hasta la superficie con el fin de llegar a las tierras de regadío o bien para el consumo del ganado. Este es un sistema de elevación del agua específico de Menorca que tiende a estar ubicado en las casas o al lado de los caminos y que no ha sido encontrado en otras islas.

A diferencia de la Sinia el animal realiza un movimiento circular que no es continuo, el mismo está limitado por el recorrido de las cuerdas que cuando éste finaliza se tiene que hacer un movimiento en el sentido inverso. Se piensa que debido a esto este sistema tiene un menor rendimiento y se utiliza para conseguir agua para los animales. La otra particularidad que caracteriza este sistema y al mismo tiempo lo diferencia del anterior es que permite extraer agua a una mayor profundidad superando los ochenta metros.³⁰

Los componentes básicos de este sistema son el cuello del pozo con dos correas, un dintel sobre dos pilastras, un torno sobre la llave del arco y una cuerda con una polea y dos cubos, de tal manera que, cuando el animal moviliza el engranaje, un cubo desciende vacío y el otro sube lleno de agua a la superficie donde la persona vierte el contenido de los cubos dentro de un recipiente.



Figura 25: Sínia en Menorca.

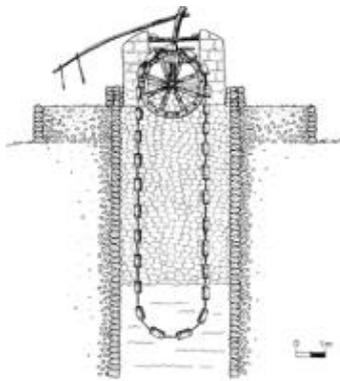


Figura 26: Sección de sínia.

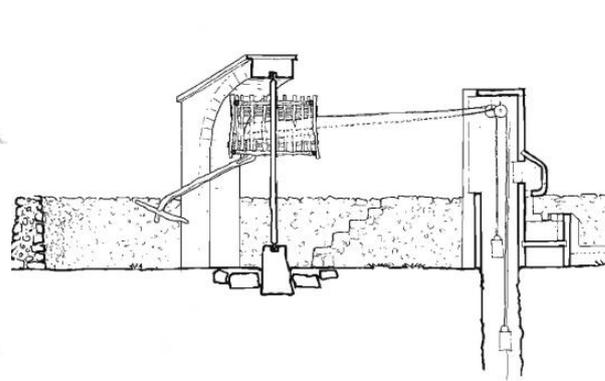


Figura 27: Pozo de torno.

El molino de agua.

²⁹ Por más información: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=257

³⁰ Ibid.

Para culminar tenemos entre los mecanismos para elevar agua a los molinos aguaderos que hacen uso de la energía eólica. En este sistema la acción del viento hace que gire el enramado de antenas y la rotación se transforma en un movimiento de vaivén mediante la biela que se sitúa en el centro del eje que rueda. Este movimiento es transmitido al émbolo de la bomba por medio de una barra vertical.

En Menorca, dadas las características del clima el uso de la energía eólica para obtener agua es muy favorable sin embargo la utilización de este sistema se dio de forma más tardía en comparación con los anteriores (GUINARD, A. et al, 2007).

El molino se propagó en España a partir del siglo XVI, a causa de la relación con los Países Bajos, como una forma de respuesta al problema de la falta de agua de algunas zonas, manteniéndose hasta el siglo XIX. Cabe señalar que en Menorca fueron construidos para distintos usos: molinos alfareros, de agua y de harina.

En cuanto al tema de almacenamiento de agua ya sea de lluvia o subterránea existe una serie de dispositivos que son típicos de la tradición y cultura del agua en Menorca. Las cisternas y los aljibes fueron una estrategia hídrica para hacer frente al escaso recurso del agua. Si bien estos sistemas han perdurado hasta la actualidad, a partir de la llegada de abastecimiento público por red hay varios que han quedado en desuso mayoritariamente en núcleos urbanos. Están los que recogen agua de escorrentía o proveniente de un fuente y los que almacenan el agua que cae de las cubierta de las viviendas, que son frecuentes en establecimientos rurales y cada vez menos en los urbanos (GUINARD, A. et al, 2007).

Cisternas.

Son cavidades subterráneas picadas manualmente en la roca, en forma de pera con el fin de obtener un recipiente o depósito seguro que pueda almacenar agua de lluvia y conservarla fresca.

El agua de lluvia que habitualmente es recogida de los tejados tanto de las casas del lugar como de las viviendas de las poblaciones es utilizada para consumo doméstico (agua de boca), su extracción se realiza de forma manual mediante un recipiente o cubo. El agua que se utiliza para consumo animal u otros tipos de usos es captada por las superficies de alrededor de la cisterna.

La boca de la cisterna tiene una tapa para poder mantener limpia el agua, por lo tanto cuando se produce la lluvia se tapa la cisterna y se deja correr la basura acumulada en las cubiertas y canalizaciones para luego poder abrir y almacenar el agua en mejores condiciones.

Este sistema requiere mantenimiento anual que antiguamente se realizaba con terrones de cal y cuando estaba vacía se limpiaba y desinfectaba el interior.³¹

Uno de los ejemplos más antiguos que incorpora este dispositivo al sistema de captación de agua lo vemos en los restos del poblado talayótico Torre d'en Galmes.

³¹ http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=256



Figura 28: Restos arqueológicos, poblado Torre d' en Galmes



Figura 29: Cisternas

El poblado ocupa una superficie de cinco hectáreas organizado alrededor de tres "talayots" en la cima de la colina, éstos datan del 1400-1200 a.C, mientras que las casas y alguna de las murallas serían del siglo X a.C. En la parte baja se concentra el mayor número de construcciones, entre las cuales destacan varias "salas hipóstilas", algunas casas circulares y un complejo "sistema de recogida de agua".³²

Este sistema estaba destinado a recoger, filtrar y almacenar el agua de lluvia, el cual se compone de diversos depósitos excavados en la roca y unidos por canales. Para completarlo se modificó una cueva que serviría para almacenar grandes cantidades de agua y un antiguo "hipogeo" pretalayótico. Debido al tamaño de este sistema se piensa que pudo ser utilizado por toda la comunidad.³³

Las balsas y los lavaderos.

El lavadero es un depósito descubierto construido de hormigón impermeabilizado que se utiliza para el riego y que se acompaña del conjunto de acequias que conducen el agua desde las sínias y/o fuentes que conforman el paisaje de huertos y barrancos de la isla.

Respecto a las balsas se trata de áreas deprimidas de forma natural, que son frecuentes en las tierras arcillosas poco permeables (al norte de la isla), donde se acumula el agua o receptáculos de tierra descubiertos o picados en la piedra mediante la acción del hombre para que cumplan esta función.

Lo habitual en estos casos es que junto a las balsas haya aljibes, cisternas o fuentes y todo lo necesario para aprovechar el agua que se acumulada en ellas (GUINARD, A. et al, 2007).

Aljibes.

La palabra Aljibe proviene del árabe hispano algúbb, y éste del árabe clásico gubb, es un depósito destinado a recoger, canalizar y almacenar el agua potable procedente de la lluvia para uso humano y ganadero. Están los de forma cuadrada o rectangular construida a nivel del suelo y con una superficie impermeable superior como terraza, que por medio de un sistema de pendientes direcciona o remolca el agua que recoge hacia un punto que se comunica con el depósito que está por debajo.

En otras ocasiones el agua puede ser captada por las superficies de los tejados de las casas y mediante canalizaciones dirigirla al depósito.

El cuello del aljibe es por donde se obtiene el agua mediante un recipiente y una polea con una cuerda. Los cuellos tienen distintas formas arquitectónicas pero usualmente son cubierto por una estructura de

³² Por más información: <http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/index2.htm>

³³ Por más información: http://www.academia.edu/1392807/Pozos_agua_y_magia_en_la_Prehistoria_de_Menorca

empedrado de piedra de marés con losa plana o formando un arco, generalmente se utilizan los materiales del lugar (GUINARD, A. et al, 2007).



Figura 30: Aljibe de Turmaden des Cápita.



Figura 31: Superficie de captación.



Figura 32: Piletas para ganado.

En Menorca también existen los aljibes destinados al consumo animal ubicados en lugares que tienen algún tipo de relación con las construcciones e infraestructuras del ganado, por ejemplo las piletas de bloques de piedra que se construyen a un lado del cuello del aljibe para que el ganado pueda beber agua. Los mismos son excavados en la roca directamente, también en pendiente, y cerrados con un murete de piedras colocadas en seco a modo de que filtre el agua y llegue limpia al depósito.

El cuello de estos aljibes cuenta igualmente con un agujero para retirar el agua con un cubo y una polea, generalmente son de cubierta cuadrada y plana y también cuentan con una boca en la base por donde se infiltra el agua que a diferencia de los anteriores el depósito es subterráneo.

Esta agua, una vez arriba, se vierte en una canalización de piedra ensamblada en uno de los muros de piedra y de ahí se canaliza hacia las bebederos.³⁴



Figura 33: Aljibe para uso ganadero.



Figura 34: Cuello de aljibe.



Figura 35: Piletas para ganado.

Para culminar un ejemplo de aljibe urbano de acceso público lo constituye el Aljibe de Es Mercadal que en 1733 Pere Carreras (maestro de obra) bajo la orden del gobernador Richard Kane lleva a cabo la construcción de un aljibe para suministrar agua potable a sus tropas en tránsito de Ciudadela a Mao, ubicándolo en la zona central de la isla. Es un gran depósito que recoge el agua de lluvia que cae sobre su terraza, la cual tiene unos 800 m² de superficie y una capacidad de 273.000 litros de agua, protegida

³⁴ Por más información: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=255

tras unos gruesos muros construidos en talud. El agua que se recoge en su terraza mediante pendientes y canalizaciones, pasa al depósito interior, que cuenta con una serie de galerías que permiten mantener fresca el agua.

Hoy en día queda sobre uno de los límites de la urbanización y está permitido, de forma restringida en días y horarios establecidos, acudir al aljibe para retirar agua para uso particular.³⁵



Figura 36: Aljibe de es Mercadal.



Figura 37: Superficie captadora.

5.2 Modelo actual de gestión hídrica.

Vemos que en Menorca la ausencia de ríos ha determinado desde la antigüedad hasta la actualidad un modelo de explotación de los recursos hídricos que se basa en mayor medida en la extracción de aguas subterráneas, alternado con distintos sistemas para captación de agua de lluvia.

A mediados del siglo XX surgen determinados factores que establecieron una alteración o cambio en la forma de gestionar el agua en el territorio Menorquín, el primero a nuestro parecer como el más determinante es el desarrollo tecnológico que determina un aumento de la cantidad de pozos y explotaciones mediante maquinarias de perforación y bombeo acompañado del crecimiento demográfico y económico. La llegada masiva del turismo en los años sesenta ha generado un aumento de la demanda del agua que determina una intensificación de las explotaciones para dar respuesta a la misma.

A partir de esto pasaremos a desarrollar un esquema sobre el Balance Hídrico de toda la isla iniciado durante el curso de Máster, al cual hemos tratado de mejorar para este trabajo mediante una búsqueda más exhaustiva de datos e indicadores para así poder visualizar todos los factores que inciden en el modelo actual de gestión hídrica.

Previo a esto pasaremos a definir una serie de conceptos y datos que hemos manejado dentro del Balance y que son determinantes para una correcta interpretación del mismo.

También es de suma importancia volver a mencionar que hemos utilizado como base para este estudio, el trabajo realizado desde el OBSAM, sobre “Aportaciones al conocimiento del balance hídrico del acuífero de Migjorn Menorca”, así como su evolución, a cargo de Sonia Estradé Nuibó.

³⁵ Por más información: <http://mas.diariodemallorca.es/itinerarios-historicos/el-aljibe-des-mercadal/>

Para comenzar nuestro análisis es importante determinar que partimos de un sistema equilibrado llamado sistema natural. Al introducir la actividad humana en la isla se conforma el sistema o bloque social.

Sistema Natural:

Formado por las condiciones naturales del medio ambiente, sin la presencia del bloque social, que a partir de los fenómenos climáticos específicamente las precipitaciones, suceden una serie de factores hidrometeorológicos que adquieren un determinado comportamiento en el territorio y por ende el de Migjorn.

La interacción de sus distintos factores cumple la siguiente relación:

$$\text{PLUVIOMETRÍA} = \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN} + \text{AGUA RETENIDA EN SUELO} + \text{INFILTRACIÓN} + \text{ESCORRENTÍA.}$$

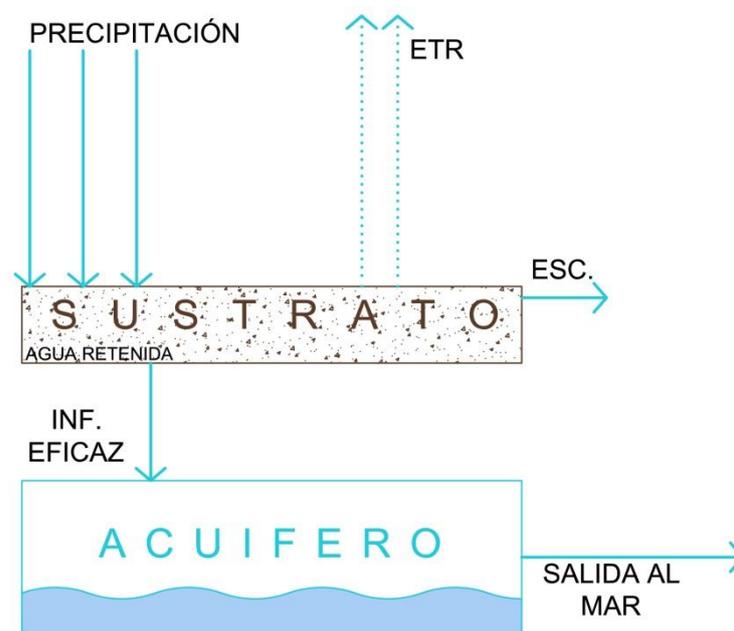


Figura 38: Sistema Natural, elaboración propia.

Funcionamiento del sistema.

Por lo tanto en el sistema Natural el agua que ingresa (inputs) proviene de las precipitaciones, que al llegar al territorio tiene tres caminos para recorrer y salir del sistema de una forma equilibrada.

El agua que incide en el sustrato en mayor medida sale del sistema mediante la evapotranspiración producida por la vegetación y otro porcentaje mucho menor se escurre por el terreno formando la escurrentía. El agua que logra ingresar al sustrato atraviesa las capas del mismo y se infiltra hacia el acuífero transformándose en el inputs principal para este subsistema natural. En cuanto a las salidas naturales hacia el mar del acuífero (outputs) estarán sujetas a los valores de ingreso en el mismo condicionando en base a su caudal la calidad del mismo.

Sistema o Bloque Social:

Lo definimos como un concepto antropocéntrico, que refiere a las consecuencias que generan las actividades humanas sobre los recursos hídricos en el territorio, en nuestro caso directamente sobre el acuífero de Migjorn.

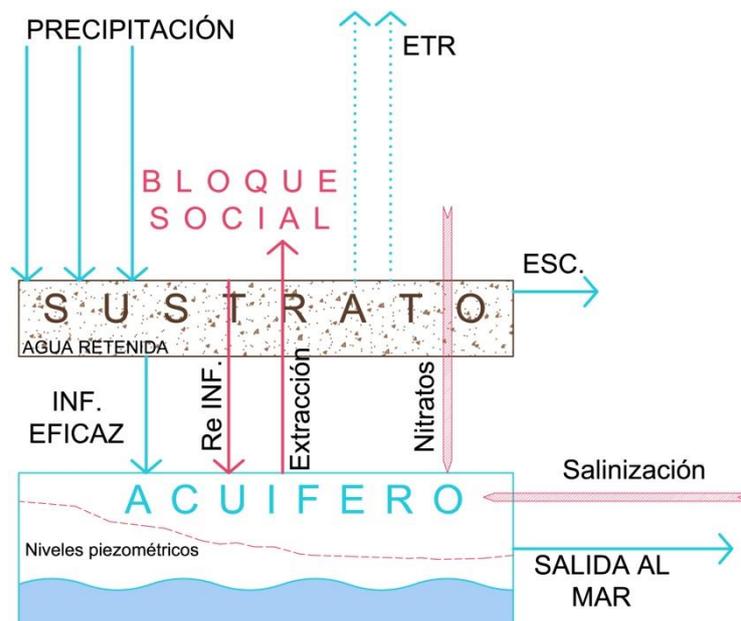


Figura 39: Sistema Natural y Sistema o Bloque social, elaboración propia.

Funcionamiento del sistema.

En este caso el agua que ingresa (inputs) al sistema o Bloque social proviene principalmente de las aguas subterráneas, o sea de la explotación del acuífero, al mismo tiempo podemos considerar que en menor medida se da un ingreso a partir de las precipitaciones en forma de captación de agua de lluvia.

Al ser utilizada por las distintas unidades que componen el bloque social:

- Consumo Urbano (doméstico, turístico)
- Consumo Agrícola
- Consumo Ganadero

Los caminos que tienen para recorrer y salir del sistema son:

- Regulación de Calidad (depuración de aguas)
- Re infiltración

Siendo el agua que proviene de la re infiltración la que en mayor medida puede llegar a incidir en las variaciones del acuífero, a comparación de las procedentes de la regulación de calidad.

Al incluir dentro del sistema natural el sistema o bloque social se traduce en una explotación de los recursos naturales donde el sistema natural sufre una serie de alteraciones que debemos evaluar para ver el grado de sostenibilidad de las mismas.

$$\text{PLUVIOMETRÍA} = \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN} + \text{AGUA RETENIDA EN SUELO} + \text{INFILTRACIÓN} + \text{ESCORRENTÍA} \\ - \text{EXTRACCIONES} + \text{REINFILTRACION}$$

- Extracciones (urbanas, agrícolas, ganaderas).
- Re infiltraciones (urbanas y agrícolas).

A continuación pasaremos a determinar cuáles son las características de los componentes del sistema natural, así como fueron obtenidos los datos a utilizar y bajo qué circunstancias se desarrollan en el territorio Menorquín.

Factores del Sistema Natural, hidrometeorología en Menorca.

Evapotranspiración Real (ETR).

Es el proceso por el cual el agua proveniente de la precipitación pasa del estado líquido a gaseoso retornando a la atmósfera. Este fenómeno puede darse de forma directa o a través de la vegetación (plantas) donde se compone la transpiración y la evaporación.

Junto con otros factores aquí inciden directamente los parámetros ambientales del clima como: la temperatura, la humedad relativa, el viento, así como el contenido de agua del suelo, las características de la vegetación, entre otros.

Si bien existen métodos directos para medir la evapotranspiración real, existe otra forma que utiliza la evapotranspiración potencial mediante una estimación de la misma a partir de los datos meteorológicos, teniendo en cuenta las disponibilidades de agua existentes.

Su unidad es litros por metro cuadrado (l/m²) en un intervalo de tiempo (Evapotranspiración Real, Indicador OBSAM).

Los valores de ETR que arroja a continuación la tabla fueron obtenidos del balance hídrico diario a partir de los valores de evapotranspiración potencial (ETP) y dependiendo del agua que se dispone de la precipitación y la que su vez se acumula en el suelo.

Conviene destacar que la ETP fue calculada mediante los métodos de Thornthwaite y Turc para datos mensuales y los métodos de Hargreaves y Penman-Monteith para datos diarios utilizados en el balance hídrico del período 1984-2002 (Estradé Niubó, 2004).

Tabla 8: Valores de Evapotranspiración Real en mm, año 2002.³⁶

Año	Levante	Centro	Poniente	Isla
2002	544.2	714.8	641.6	633.5

Fuente: Datos OBSAM. Elaboración propia.

ETR Migjorn: $(633.5 \text{ mm} \times 382 \text{ km}^2) / 1000 = 242 \text{ Hm}^3$ /Considerando superficie de Migjorn 382km².

Escorrentía superficial (ESC.).

Cuando hablamos de escorrentía superficial, hacemos referencia a la porción de agua proveniente de la lluvia, que corre por la superficie del terreno y a través de ríos y torrentes.

Son determinantes la cantidad de lluvia y el tipo de terreno ya sea en mayor o menor el grado de su pendiente, la cubierta vegetal, etc.

En Menorca no existe ninguna estación de aforo por lo tanto los datos obtenidos en cuanto a los milímetros y hectómetros cúbicos de agua de escorrentía fueron calculados mediante el método del número de Curva del Soil (Conservation Service de United States Department of Agriculture), el cual mediante el número de Curva (CN) este parámetro contiene todas las características propias de la

³⁶ Ver anexo. Tabla 3 de valores de evapotranspiración real en mm del período 1984-2012, OBSAM.

cuenca. Toda la información territorial fue cargada mediante capas realizadas en Arc View (programas Sig). Utilizando la precipitación diaria y los números de curva que fueron arrojados se determinaron los valores de escorrentía para cada día del período estudiado (Escorrentía, Indicador OBSAM).

Tabla 9: Valores de Escorrentía en mm y Hm3, año 2002.³⁷

Año	Escorrentía anual en mm.				Escorrentía anual en Hm3.			
	Levante	Centro	Poniente	Isla	Levante	Centro	Poniente	Isla
2002	4.1	57.7	9.4	23.7	0.4	7.5	1.5	9.4

Fuente: Datos OBSAM. Elaboración propia.

La infiltración (INF.).

La infiltración es el volumen de agua proveniente de la precipitación que atraviesa las distintas capas de la superficie del sustrato. Cuando se llega al punto de saturación y/o se filtra directamente al sustrato dependiendo del tipo de suelo, el agua comienza a descender a capas más profundas hasta llegar al acuífero y transformarse así en una infiltración eficaz.

Este indicador es fundamental para saber las posibilidades de recarga del volumen del acuífero, máxime que en Menorca los acuíferos se recargan mediante la infiltración que proviene de las precipitaciones.

Los métodos que se utilizan para aproximar el valor de la recarga van desde medidas de campo con aparatos apropiados a dicho uso, modelos numéricos y métodos empíricos, balance hídrico en suelo y acuífero. Los datos que muestra a continuación la tabla surgen a partir del cálculo del balance diario al suelo realizado para el período 1984-2012 desde el OBSAM (Infiltración, Indicador OBSAM).

Tabla 10: Valores de Infiltración en mm y Hm3, año 2002.³⁸

Año	Infiltración anual en mm.				Infiltración anual en Hm3.			
	Levante	Centro	Poniente	Isla	Levante	Centro	Poniente	Isla
2002	120.7	97.8	95.6	104.7	11.0	12.8	15.4	39.1

Fuente: Datos OBSAM. Elaboración propia.

En base al estudio realizado sobre el balance hídrico del acuífero de Migjorn durante el período 1984-2002 (Estradé Niubó, 2004) se determinó que el resultado del balance ha sido negativo durante el período estudiado, dando como resultado un continuo descenso de los niveles piezométricos del mismo. Puntualmente esta situación se dio en los períodos 1988-1990, 1992-1995, 1997-2000, periodos donde ha sido determinante el bajo nivel de pluviometría provocando sequías significativas.³⁹

Sin embargo a partir de año 2001-2002 se produce un aumento en los valores de pluviometría lo cual genera una estabilización en los niveles piezométricos del acuífero.

Esto determina que si se mantuvieran igual los regímenes de precipitaciones con los valores actuales junto con los valores de extracción, en este caso se estaría dentro de los límites de sostenibilidad, lo cual se vería comprometido en el caso de volver a períodos de sequía como las transcurridas en la década de los 90' (Estradé, 2013).

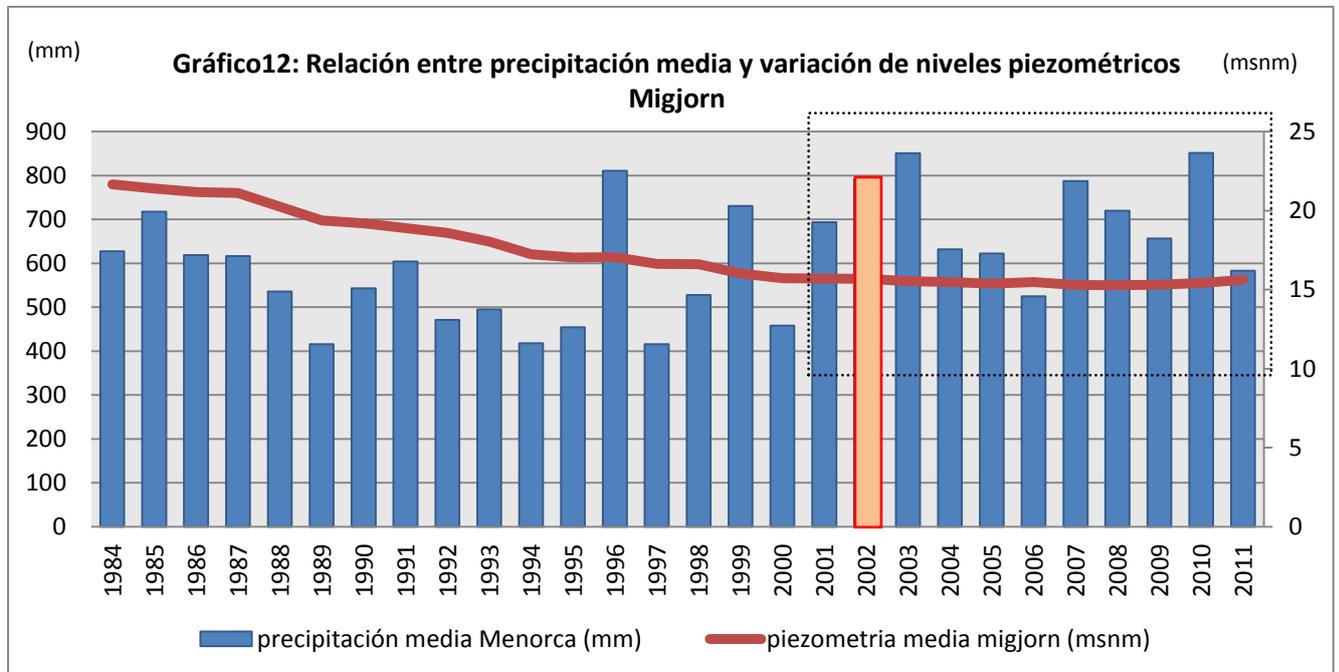
³⁷ Ver anexo. Tabla 4 de valores de escorrentía en mm y Hm3 del período 1984-2012, OBSAM.

³⁸ Ver anexo. Tabla de valores de infiltración en mm y Hm3 del período 1984-2012, OBSAM.

³⁹ Ver gráfico 5, pagina 29.

Pluviometría.

A partir del gráfico 12 que relaciona la variación de los niveles piezométricos con la pluviometría podemos visualizar como durante el período 2001-2011 a partir de una pluviometría más elevada tienden a estabilizarse los niveles piezométricos del acuífero, que anteriormente venían en un continuo descenso.



Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Frente a esta situación podemos decir que para el período 2001-2011 tenemos:

$\Sigma (\text{Input} - \text{Output}) = \text{Almacenaje}$, dado la pequeña variación de niveles piezométricos vemos que **$I-O \rightarrow 0$**
 Por lo tanto la posibilidad de tener como capital agua freática se ve comprometida.

A partir de esto elaboraremos un cuadro donde se pueda visualizar el comportamiento del sistema natural y cuáles son las variaciones que realiza la incorporación de las actividades humanas provenientes del Bloque social para el año 2002.

Cuando obtengamos el valor de extracción total demandado por el bloque social, en primer lugar lo cruzaremos con los datos hidrometeorológicos que corresponden para el año elegido e intentaremos determinar qué variaciones existieron en las reservas de agua subterránea.

Como mencionamos al comienzo de este trabajo, nuestra elección del año a estudiar está condicionada en primer término a aquellos años que contengan mayor información y datos estadísticos, dado que así obtendríamos una mayor aproximación a los valores reales.

En segundo lugar tomaremos este valor final de comportamiento y de extracción como un valor "tipo" para confrontarlo a los valores medios de infiltración del sistema natural en los períodos comprendidos entre los años 1991-2000 y 2001-2010 cuyas características son bastante diferentes respecto a los valores de pluviometría.

Tabla 11: Valores de factores del sistema natural en Hm³ y porcentajes, año 2002

AÑO	PLUVIOMETRÍA (mm)	PLUV. X SUP. (Hm ³)	ETR (Hm ³)	ETR %	ESC. (Hm ³)	ESC. %	INF. (Hm ³)	INF. %
2002	791.7	302	242	80	9.4	3	39.1	17

Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Análisis de los datos del bloque social.

Consumo urbano.

En Menorca el agua para consumo es extraída en su totalidad de los acuíferos y el 90% de la misma es procedente del acuífero de Migjorn.⁴⁰

El indicador de consumo urbano per cápita es calculado a partir de los datos de extracción de agua en Menorca, es decir, el volumen de agua que se extrae de los pozos para usos urbanos (turísticos, domésticos e industriales), dividido entre la población de Menorca (Indicador OBSAM).⁴¹

Para determinar la totalidad de habitantes que conformaron el bloque social en los años en cuestión utilizaremos el valor medio anual de la población de hecho y no la de derecho.

La población de hecho a diferencia de la población de derecho contempla a los residentes, turistas y personas que se instalan provisoriamente durante la temporada, por lo tanto es la más parecida a la realidad, dado que con la otra: el número de empadronados, a veces no coincide con los residentes de todo el año y mucho menos con la carga producida por los turistas.

Tabla 12: Datos de extracción y consumos de agua año 2002 población de hecho, valores medios anuales.

Ciudades	Extracción subsuelo (Hm ³)	Consumo agua per cápita (l/hab./día) año 2002	Población de hecho por municipio (hab.)	Consumo agua total diario (l)
Mao	2,13	227	28.937,00	6.568.699,00
Ciudadela	5,70	391	31.854,00	12.464.470,20
Sant Lluís	1,32	441	8.298,00	3.656.098,80
Es Migjorn G.	0,26	287	2.599,00	745.913,00
Es Castell	0,63	298	5.818,00	1.733.764,00
Alaior	1,03	272	10.763	2.926.459,70
Es Mercadal	1,36	492	9.200,00	4.525.480,00
Ferrerías	0,24	132	6.231,00	824.361,30
TOTAL	12,69	323	103.700	33.445.246

Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Respecto al consumo humano manejamos los datos suministrados para la población de hecho, que refiere al consumo urbano per cápita medio anual por municipio (l./hab./día) que junto al dato de la población o carga humana en cada uno de ellos en los 365 días obtenemos el valor de consumo urbano total para el año 2002. Cabe mencionar que este indicador está calculado con el volumen facturado, que

⁴⁰ El reto del agua en el Siglo XXI. Por más información:

<http://www.uimir.cime.es/WebEditor/Pagines/file/Document%20de%20conclusions.pdf>

⁴¹ Consumos per cápita: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/urba/consum-urba-capita-1999-2012.pdf>

correspondería al volumen extraído sin tener en cuenta las pérdidas de red ni los volúmenes de agua no facturados correspondientes a gastos municipales, errores de contadores, etc. (Consumo per cápita Indicador OBSAM).

Sin embargo los datos de volúmenes de extracción por municipio, los mismos corresponden a volúmenes extraídos de pozos, siendo superiores a los volúmenes facturados que además contemplan en términos generales, unas pérdidas del 15-20%, aunque en Menorca las pérdidas se considera que superan estos porcentajes óptimos.

En estos valores no queda incluido el consumo urbano que se realiza en algunos de los llamados núcleos rurales por el Plan Territorial Insular.⁴²

Lo cual implica que al utilizar estos indicadores tengamos un valor de extracción de agua mayor que el de consumo. Respecto a los valores de consumo debemos aclarar que para determinar el valor de consumo anual utilizaremos el valor medio de 323 l/hab./día.

Por lo tanto el modelo explotación se basa en:

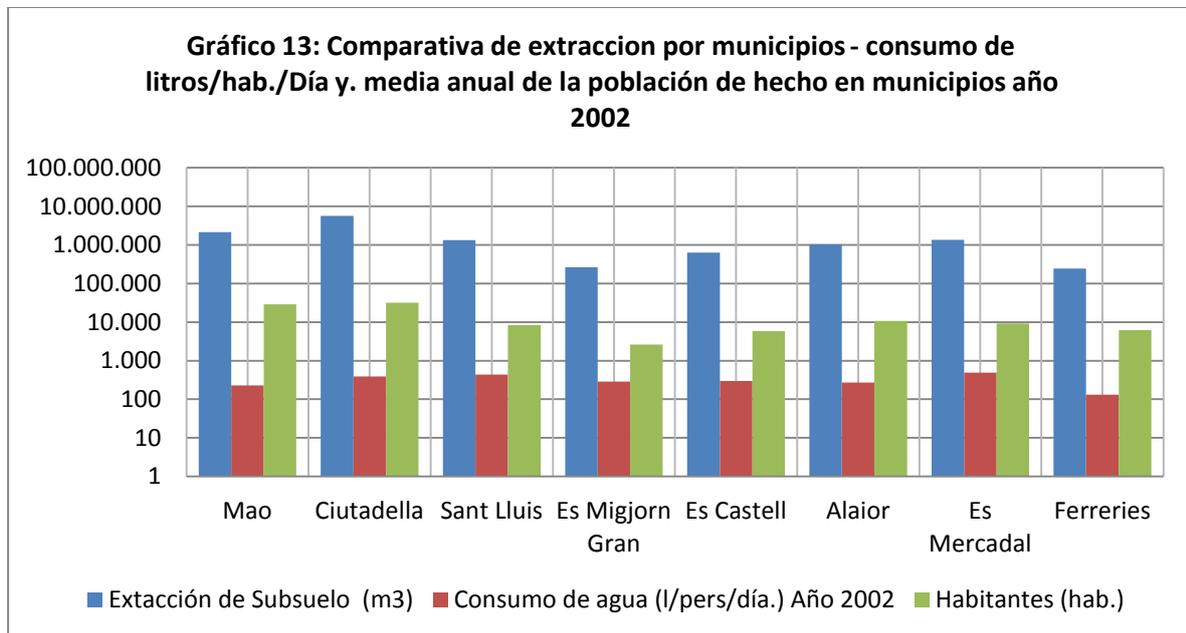
$$\text{EXTRACCIÓN DE AGUA} = \text{CONSUMO} \times \text{DEMANDA (población de hecho media)}$$

$$\text{Extracción anual} = 12.69 \text{ Hm}^3$$

Siendo el consumo total para el año 2002:

$$\text{Consumo anual} = \text{consumo} \times \text{demanda} \times 365 \text{ días.}$$

$$\text{Consumo anual} = 33.445.246 \text{ l} \times 365 \text{ días} / 1000000000 \quad \text{Consumo anual} = 12.21 \text{ Hm}^3$$



Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Consumo agrícola y ganadero.

⁴² Extracciones: <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/urba/consum-urba-1999-2012.pdf>

Tomaremos como referencia la experiencia realizada desde el OBSAM mediante la colaboración de varias fincas agrarias durante los años 2002 y 2007, en cuanto al seguimiento de un conjunto de fincas piloto de diferentes tipos para poder calcular qué cantidades de agua se necesita en la isla para cada tipo de cultivo. Los tipos de fincas que participaron en esta experiencia fueron fincas intensivas de regadío de cereales, fincas ganaderas de secano, fincas de frutales y de hortalizas.

La estimación de los volúmenes de extracción se da al cruzar ésta información con el mapa de cubiertas realizado desde el OBSAM, el cual determina las superficies que se ocupan en Menorca con los distintos tipos de cultivos para cada año.⁴³

El tema del valor del consumo agrario y/o las extracciones para usos agrícolas en el balance hídrico realizado desde el OBSAM, han sido determinados con el cierre del mismo debido a la dificultad que existe para poder realizar una buena estimación debido a la existencia de una cantidad de pozos que escapan a cualquier tipo de relevamiento (Estradé Niubó, 2004).

Por todo ello, este fue uno de los factores principales que determinó la elección del año 2002 como ejemplo para entender el funcionamiento del sistema hídrico en la isla.

En resumen los metros cúbicos de agua extraídos para el consumo del ganado y regadío y en el año 2002 son de 0.76 Hm³ y 11.70 Hm³ dando un total de 12.46 Hm³.

Tabla 13: Estimación de las extracciones de agua para consumo de ganado⁴⁴

any	nombre de caps adults	Dotacions (l/cap/dia)	Consum anual (m ³)
2002	Boví	17.515	677.655
	equí	1.155	14.755
	porcí	6.804	32.285
	oví i caprí	21.397	39.050
	total		763.745

Fuente: Indicadores básicos OBSAM.

* Incluye el agua empleada para limpiar los boyeros. Fuente: datos de reses extraídos de la cabaña ganadera de Menorca de la conselleria de Agricultura y Pesca del Gobierno Balear. Dotaciones de vacuno calculadas por el OBSAM y el resto extraídas de Jóvenes Agricultores y Ganaderos de Cataluña. Elaboración: OBSAM

Tabla 14: Estimación de las extracciones de agua para regadío por tipología de cultivo.

Regadiu		Superficie (ha)			Dotacions (m ³ /ha/any)	Consum anual (m ³)		
any		Aqüífer Migjorn	Resta illa	total illa		Aqüífer Migjorn	Resta illa	total illa
2002	ferratges	891	489	1.380	5.750	5.121.266	2.814.148	7.935.414
	fruiters	148	29	177	3.330	491.421	96.980	588.401
	hortalisses	276	83	359	4.394	1.210.939	364.429	1.575.369
	mixtes fruiters i hortalisses	342	74	416	3.862	1.320.435	286.477	1.606.913
	Total	1.656	676	2.331		8.144.062	3.562.034	11.706.096

Fuente: Indicadores básicos OBSAM.

Regulación de calidad.

La normativa europea de depuración de aguas (91/271 CEE) sostiene que todas las poblaciones de más de 2.000 habitantes deben depurar sus aguas residuales.

⁴³ Estimación de las extracciones para consumo agrario 2002-2007:

<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/agricola/Estimacio-extraccions-aigua-consum-agrari-2002-2007.pdf>

En Menorca, existen depuradoras gestionadas por la Agencia Balear del Agua y Calidad Ambiental del Govern Balear (ABAQUA) y otras privadas que son de menores dimensiones y atienden el tratamiento de pequeños caudales como hoteles o pequeñas industrias.

Donde una es de lagunaje, cuatro de tratamiento secundario y 5 de tratamiento terciario, hoy en día se está construyendo otra de lagunaje.⁴⁵

Para nuestro trabajo los datos que necesitamos saber son el volumen de depuración urbana y el de reutilización. Respecto al volumen de reutilización recién a partir del año 2008 es cuando se empieza a utilizar en el aeropuerto y campo de golf, posteriormente en el año 2009 comienzan a formar parte del sector agrario.

Para determinar las re infiltraciones provenientes de la regulación de calidad hemos estimado en base a lo estudiado con el equipo de trabajo del Máster (MAEM, 2014) una serie de porcentajes anuales que refieren a: Infiltración: 20% - Escorrentía: 30% - Evapotranspiración: 50%

Tabla 15: Volumen de agua depurada reutilizada y porcentaje respecto al total de agua depurada.⁴⁶

ANY	VOLUM REUTILITZAT				TOTAL	VOLUM DEPURAT			% reutilitzat/ depurat	
	URBÀ	AGRARI	AEROPORT	CAMP DE GOLF (Son Parc)*		ABAQUA	AEROPORT*	SON PARC		TOTAL
2000	50.058				50.058	7.747.655			7.747.655	0,65
2001	51.711				51.711	8.193.627			8.193.627	0,63
2002	58.042				58.042	7.494.816			7.494.816	0,77
2003	68.889				68.889	6.356.264			6.356.264	1,08
2004	83.649				83.649	7.657.872			7.657.872	1,09
2005	93.508				93.508	6.976.150			6.976.150	1,34
2006	81.822				81.822	8.282.247			8.282.247	0,99
2007	79.241				79.241	7.733.243			7.733.243	1,02
2008	76.143		8.373	144.192	228.708	7.193.341	13.573	144.192	7.351.106	3,11
2009	67.458	112.813	7.788	173.334	361.393	7.356.752	14.094	173.334	7.544.180	4,79
2010	74.728	106.508	8.373	141.302	330.911	7.410.469	13.573	141.302	7.565.344	4,37
2011	70.826	108.686	9.011	157.323	345.846	7.444.594	16.260	157.323	7.618.177	4,54
2012	72.733	141.477	9.274	164.902	388.386	6.980.480	12.196	164.902	7.157.578	5,43
2013	57.383	119.785	7.844	149.908	334.920	6.523.482	17.594	149.908	6.690.984	5,01

Fuentes: ABAQUA, AJGUES ST LLUIS, AENA, D.G.MEDI RURAL I MARI Govern Balear. Elaboración Obsam. Indicador OBSAM.

La Directiva 91/271/CEE dice que el agua salida de una depuradora debe haber eliminado mínimo un 70% de DBO5 que son los mayores causantes de los nitrosos. (Ver tabla en anexos).

A partir de la integración de todos estos datos y junto con otros podemos llegar a elaborar el siguiente cuadro de funcionamiento de sistema hídrico en Menorca conformando el Balance Hídrico para el año 2002.

El resto de la información, la procedencia de los datos utilizados y cálculos realizados se encuentran especificados en el apartado de anexos de este trabajo.

⁴⁵ <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/depuracio-reutilitzacio/Estacions-Depuradores-Aigues-Residuals-EDAR.pdf>

⁴⁶ Depuración y reutilización de agua:

<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/depuracio-reutilitzacio/Volum-aigua-depurada-reutilitzada-2000-2013.pdf>

CUADRO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍDRICO EN MENORCA PARA EL ACUÍFERO DE MIGJORN.

Balance hídrico año 2002.

Datos:

Unidad Hidrológica 19.01

Superficie: 382Km² y 365Km² permeable.

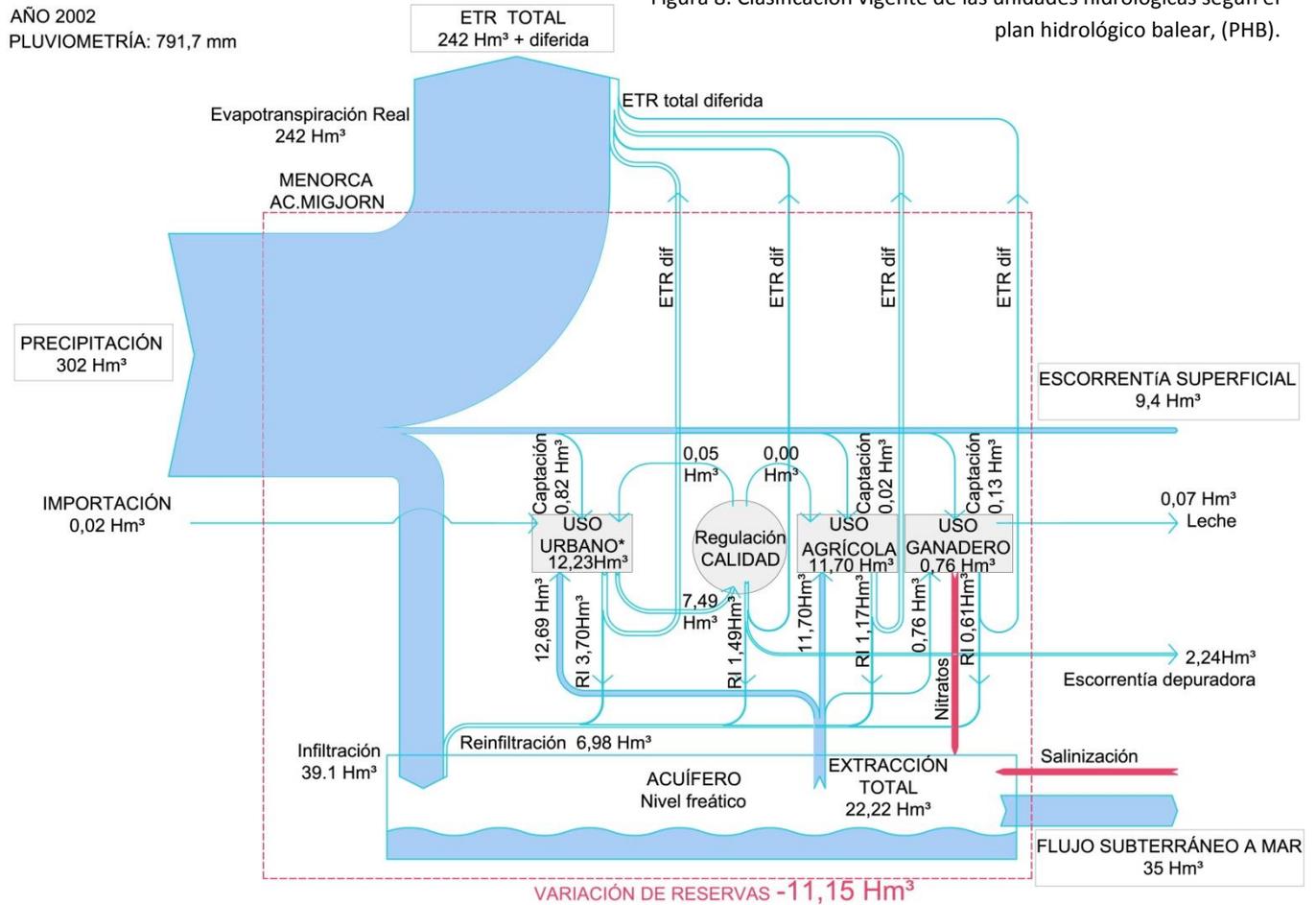


Figura 40: Balance Hídrico año 2002. Datos OBSAM, elaboración propia.

En el siguiente cuadro podemos visualizar como intervienen los distintos factores Naturales y sociales en el sistema de gestión hídrica en el territorio, dando una variación de -11.15 Hm³.

Respecto a las evapotranspiraciones diferidas, hemos decidido no indagar en sus valores numéricos para esta instancia, pero si consideramos oportuno mencionarlas dado que las mismas en definitiva incrementan el porcentaje de evapotranspiración real total.

Por lo tanto vamos a utilizar como un valor promedio de extracción del Bloque social un total de 22.22Hm³ para confrontarlo a los distintos períodos de pluviometría favorable y desfavorable. A partir de este cuadro podemos integrar los dos sistemas el natural y el social dando como resultado el siguiente esquema a modo de resumen.

ANÁLISIS DEL CICLO HIDROLÓGICO MENORQUÍN
 Por una gestión sostenible en el territorio.

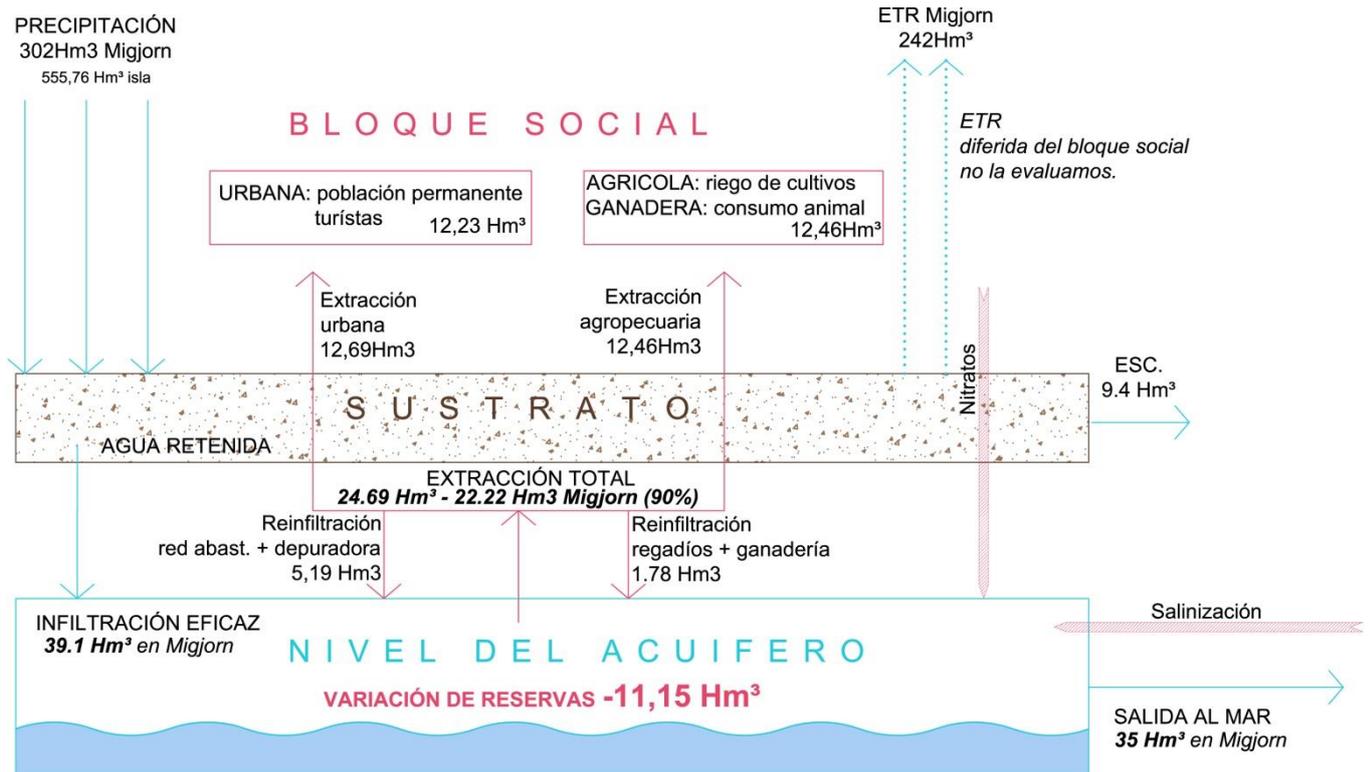
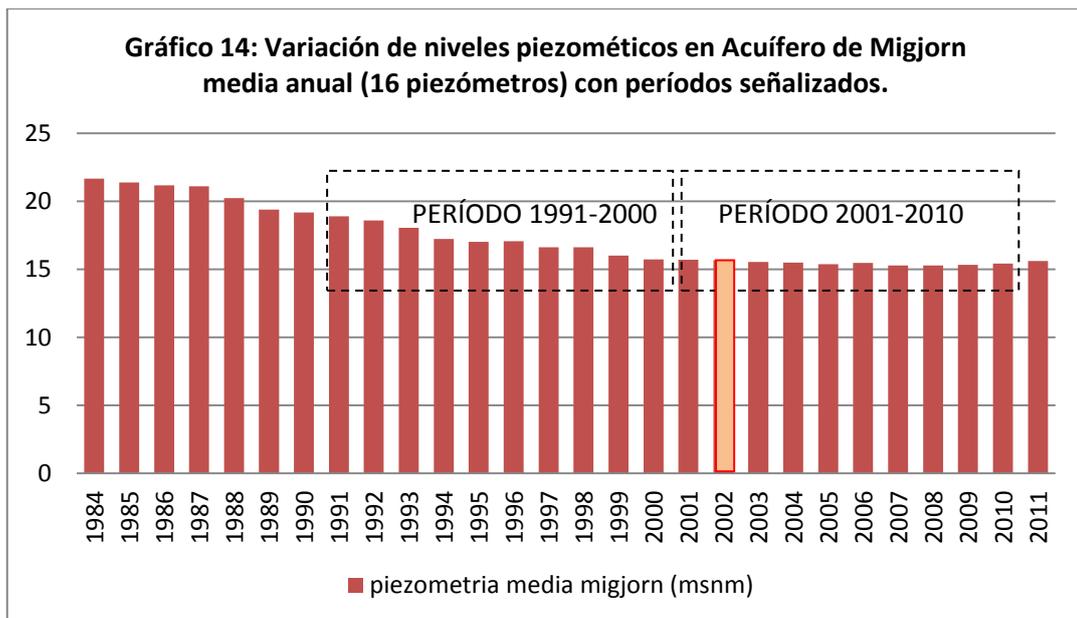


Figura 41: Cuadro resumen de Balance Hídrico año 2002. Datos OBSAM, elaboración propia.

Para el año 2002 al integrar todos los datos vemos que las variaciones de las reservas del acuífero esta en el orden de -11,15 Hm³.

Al mismo tiempo si analizamos la variación de los niveles piezométricos del acuífero de Migjorn independientemente de su resultado negativo, el gráfico nos demuestra que se ha mantenido estable el nivel piezométrico en comparación con el año anterior con un valor de 15.68 msnm.



Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Consideraciones

Entradas (inputs) y salidas (outputs) al balance en el suelo.

El primer punto a tener en cuenta frente a este resultado es que los valores utilizados en los factores que integran el sistema natural han sido obtenidos a partir de la sumatoria de valores determinados por un balance diario realizado en el suelo (OBSAM). Por lo tanto los datos de pluviometría que fueron utilizados en esa instancia fueron valores diarios y no anuales como hemos manejado para este caso. Debido a esto la suma de valores diarios a lo largo del año es normal que no coincida a la perfección, porque hay parte del agua que se queda retenida en el suelo que igualmente se terminará evapotranspirando o infiltrando.⁴⁷ Si tenemos en cuenta esta situación se podrían estar modificando los 11.15 Hm³ correspondientes a la variación de las reservas del acuífero.

Por lo tanto si aplicáramos al sistema natural en el sustrato:

$$\Sigma \text{ inputs} + \text{ outputs} = 0, \text{ no se estaría cumpliendo.}$$

En nuestro caso el objetivo es ver a grandes rasgos la situación y poder visualizar la problemática a partir de un cuadro de valores, para poder elaborar lineamientos generales para mejorar tal situación, por esta razón se ha realizado un cuadro del balance en el período de un año.

Entradas (inputs) y salidas (outputs) al balance en el acuífero.

Respecto a las re infiltraciones los valores que utilizamos para Balance del año 2002 corresponden a un 30% por concepto de pérdidas en la red y por concepto de regadío corresponde a un 10% del volumen de extracción según lo que establece el Plan Hidrológico Balear.

En cuanto a las salidas naturales del acuífero:

Estudios realizados por la Dirección General de Recursos Hídricos del Gobierno Balear estiman unos valores de flujo de salidas naturales al mar de sostenibilidad de 35 Hm³, es decir que se toma como valor de sostenibilidad un flujo de 35 Hm³ para mantener los ecosistemas y el buen estado del acuífero (Estradé Niubó, 2004).

Con Respecto al consumo del bloque social tal como hemos determinado anteriormente, serían 22.22Hm³ correspondientes al acuífero de Migjorn.

Si nos enfocamos directamente en el acuífero pensándolo como un gran depósito donde se encuentran las reservas de agua tenemos:

$$\text{ENTRADAS} = \text{INFILTRACIÓN SISTEMA NATURAL} + \text{RE INFILTRACIÓN DEL BLOQUE SOCIAL}$$

$$\text{SALIDAS} = \text{SALIDAS NATURALES HACIA AL MAR} + \text{EXTRACCIONES DEL BLOQUE SOCIAL.}$$

En ambas intervienen factores del sistema natural y del bloque social, por tanto pasaremos analizar qué tipo de situaciones pueden darse al modificarse alguna de estas variables.

Respecto a las salidas naturales hacia el mar utilizaremos 35Hm³ como valor constante.

⁴⁷A partir de lo consultado y recomendado mediante la comunicación establecida vía email con Sonia Estradé Niubó, se procedió a no tener en cuenta el agua retenida en el sustrato cuando se realizan balances a grandes rasgos de un año. Pero se considera apropiado poder explicitarlo como un factor que interviene en el sistema.

Tabla 16: Valores de precipitación e infiltración en distintos períodos.

PERÍODO 1991-2000	PLUV. ANUAL mm	INFILTRACION Hm ³	PERÍODO 2001-2010	PLUV. ANUAL mm	INFILTRACION Hm ³
1991	604,4	38,7	2001	693,5	86,9
1992	471	12,8	2002	791,9	39,1
1993	495	27,2	2003	850,8	87,2
1994	417,7	29,1	2004	632,1	63,6
1995	454,4	27,4	2005	622,4	44,4
1996	810,5	52,5	2006	525	50,2
1997	415,6	19,3	2007	787,3	38,6
1998	527,6	28,3	2008	719,6	71,3
1999	373,1	19,8	2009	656,6	35
2000	457,8	18,2	2010	851,5	85,7
Total	5027,1	273,3	Total	7130,7	602
Promedio	502,71	27,33	Promedio	713,07	60,2

Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Según datos suministrados por el OBSAM para el período 1991-2000 el promedio de precipitaciones ha sido 502.71mm y para el período 2001-2010 de 713.07mm en toda la isla lo cual equivale a 192Hm³ y 272Hm³ respectivamente sobre la superficie del acuífero de Migjorn.

A partir del siguiente cuadro vemos en primera instancia que en los primeros diez años el promedio de precipitaciones no alcanza al valor medio anual del período comprendido entre los años de 1972-2002 de 565 mm calculada por nueve estaciones meteorológicas y por el método del polígonos de Thiessen (Estradé Niubó, 2004). Al mismo tiempo vemos como la diferencia del valor promedio de las infiltraciones de un período y otro supera el 100%.

Tabla17: Resultados según los períodos seleccionados.

Período	Precipitación Menorca	Precipitación Migjorn	Infiltración	Re infiltración	Extracción	Salidas al mar	Saldo
1991- 2000	502.71 mm	192 Hm3	+27.33 Hm3	+6.98 Hm3	-22.22 Hm3	-35 Hm3	-22.91
2001- 2010	713.07 mm	272 Hm3	+60.2 Hm3	+6.98 Hm3	-22.22 Hm3	-35 Hm3	+9.96

Fuente: Datos OBSAM, elaboración propia.

Posibles escenarios.

Σ (Input acuífero – Output acuífero) \neq 0

Este caso es bastante concreto si el resultado es positivo estamos haciendo un uso sostenible del mismo, significa que el sistema natural pudo solventar las alteraciones producidas por el bloque social y contamos con reservas de agua en el acuífero.

Si el resultado es negativo sería lo opuesto, las demanda del bloque social estarían generando una sobre explotación de las reservas del acuífero y por ende un uso insostenible del mismo.

Σ (Input acuífero – Output acuífero) \rightarrow 0

Podríamos decir que estaríamos en una especie de equilibrio tal como lo vemos actualmente en el gráfico 14 de variación de los niveles piezométricos del acuífero de Migjorn.

En este escenario existen altas posibilidades de poder comprometerse la situación en mayor o menor medida, por algún cambio o alteración en los factores de ambos sistemas.

La variación de las extracciones del acuífero sería un factor que depende directamente de las actividades humanas, por lo tanto debería ser posible de controlar ya que depende de nosotros mismos. Respecto a la variación de los factores naturales podrían llegar a comprometer la situación en mayor medida ya que de alguna manera no dependerían de nosotros mismos y es aún peor si la alteración va acompañada de un aumento de las extracciones del bloque social.

1- Factores del sistema Natural_ condición: pluviometría \geq 713 mm.

Si se produjeran precipitaciones con el mismo nivel que se dieron durante el período comprendido entre los años 2001 – 2010 y los niveles de consumo fueran similares a los establecidos en el cuadro para el año 2002 la posibilidad de extracción de agua del acuífero sería viable según nos muestra la tabla contando con un saldo de 9.96Hm³; si no tuviéramos en cuenta el valor de las re infiltraciones estaríamos igualmente con un saldo favorable de 3Hm³.

Pero si de aquí en más pasáramos a tener valores de pluviometría similares a los del período 1991-2000 con el mismo dato de extracción de 22.22Hm³ para el bloque social las reservas del acuífero estarían siendo sobreexplotadas, dado que el saldo es prácticamente similar al valor de extracción del mismo pero con distinto signo. Dicho de otra forma si se extraen esos 22.22Hm³, generaría que el saldo de salidas hacia el mar no fueran los valores de sostenibilidad (35 Hm³) repercutiendo en una contaminación del acuífero por intrusión de agua marina.

Este comportamiento lo vemos reflejado en el gráfico 14 de la variación de los niveles piezométricos dando como resultado un claro descenso debido a la sobre explotación del acuífero de Migjorn en períodos secos.

2- Factores del bloque social_ extracciones \leq 22.22 hm³.**Consumo urbano.**

Si independientemente de las precipitaciones se redujeran los valores de extracción una posibilidad sería incidir en los 12.21 Hm³ referentes al consumo urbano (doméstico y turístico) a partir de la posible incorporación de tecnologías alternativas o mecanismos que disminuyan el consumo.

A modo de ejemplo utilizaremos los parámetros de sostenibilidad en cuanto al consumo de agua que han sido especificados con mayor profundidad en el apartado 3.3 de este trabajo.

Tabla18: Consumos de agua, según parámetros de sostenibilidad.

Consumos	Consumo Estándar	Consumo óptimo	Consumo Viable
l/persona/día	168	80	72

Fuente: "Parámetros de Sostenibilidad", (Cuchí, A et al 2003), elaboración propia.

El consumo estándar se ha calculado para una vivienda de cuatro personas, mediante la información de distintas fuentes para discriminar el consumo de cada aparato de la vivienda y así llegar a los 168 l/pers./día. El consumo óptimo se fija a partir de una serie de experiencias realizadas en viviendas eficientes respecto al uso del agua en Europa. Y por último el consumo viable surge de la aplicación de distintos sistemas de ahorro eficientes accesibles en el mercado (Cuchí, et al 2003).

Llegar al consumo viable implica una reducción en el orden del 43% del consumo estándar.

Por lo tanto si nos encontramos con un consumo promedio de 323 l/hab./día como valor medio para el consumo de la población de hecho media durante el año 2002, para alcanzar un consumo viable-sustentable se necesitaría una serie de gestiones por parte de los usuarios y de las instalaciones para llegar a un valor en el orden de 139 l/hab./día.

Consumo total = 139 l/hab./día x 103700 (población de hecho) x 365 días

Consumo total = 5.26Hm³

Si hacemos rápidamente una verificación de estos números podemos ver como se produce una reducción considerable en la demanda del bloque social en lo que respecta al consumo doméstico y turístico pasando de 12.20 Hm³ a 5.26 Hm³.

Cabe destacar que cuando decimos “gestión” implica un cambio de consciencia respecto a la utilización del recurso que permita reducirlo hasta niveles sustentables, o sea un cambio en la mirada ilimitada que muchas personas tienen frente al mismo.

Consumo agrario.

Respecto al consumo agrícola y ganadero los datos que utilizamos fueron obtenidos a partir del seguimiento de un conjunto de fincas piloto de diferentes tipos para poder calcular qué cantidades de agua se necesita en la isla para cada tipo de cultivo. Por lo tanto el consumo agrario lo consideramos igual a los valores de extracción para el año 2002 siendo 12.46 Hm³ totales.

Este valor es apenas menor del que se extrae para el consumo doméstico, turístico e industrial (12.69 Hm³) por lo tanto sería conveniente rever las prácticas agrícolas y con ello las ganaderas en cuanto al consumo de agua.

La industria láctea, la ganadería intensiva para la producción de leche y elaboración de queso, implican un alto consumo de agua para el ganado. Al mismo tiempo el riego por aspersión y riego por inundación son prácticas que deberían de utilizar distintos mecanismos que puedan llegar a disminuir el consumo de agua que utilizan y/o en algunos casos suplantarlas por otras más eficientes.

En resumen si todo esto fuera acompañado de un manejo más eficiente del uso de agua para el sector agrario y ganadero ya sea por la utilización de técnicas alternativas para el regadío o la puesta en marcha de infraestructuras como por ejemplo los aljibes para colaborar en un ahorro de la extracción de agua subterránea se podría llegar a disminuir el valor total de la demanda del bloque social y así bajar los niveles extracción de agua subterránea en la isla.

Este análisis refiere a términos cuantitativos lo cual no quiere decir que el tema de la calidad del acuífero no sea tenido en cuenta, dada la situación planteada en el apartado 3.5.3 de este trabajo.

6. Conclusiones

El presente trabajo ha tenido como objetivo principal analizar el ciclo hidrológico de Menorca para poder realizar un diagnóstico que nos permita reconocer si actualmente se lleva a cabo una gestión sostenible o no del recurso. A partir del estudio en particular de los factores del sistema natural y del sistema o bloque social se ha de elaborar un cuadro de balance hídrico para el año 2002, donde podremos entender las relaciones que se dan entre todas las partes del sistema general de la isla.

A partir del reconocimiento de las técnicas tradicionales y el modelo actual de gestión hídrica, junto con el análisis de las posibles fuentes contaminantes del acuífero, hemos elaborado un diagnóstico sobre la gestión de los recursos hídricos y una serie de lineamientos que tomen en cuenta el valor capital del agua subterránea.

Por lo tanto en base al estudio y el análisis realizado hemos podido efectuar los siguientes aportes:

- Conformar, a partir del análisis y búsqueda de todos los datos cuantitativos, el cuadro de balance hídrico para el año 2002 del acuífero de Migjorn. En el mismo se puede visualizar el funcionamiento y la integración de los factores provenientes del sistema natural y del sistema o bloque social que conforman el ciclo hidrológico Menorquín.

- Contribuir, a través del procedimiento utilizado, en la formalización del sistema general del funcionamiento del ciclo hidrológico. Cabe destacar que los datos que hemos utilizados son producto de un balance diario realizado en el suelo (OBSAM), con los cuales hemos llegado a una variación de las reservas del acuífero de -11.15Hm³ para el año 2002.

La dificultad de esta aplicación en un período anual y con este tipo de información radica en que los valores de precipitaciones son diarios y que no se ha contabilizado el agua retenida en el sustrato que al fin de cuentas terminará evapotranspirándose y/o infiltrando. Esto determina que el resultado arrojado sobre las variaciones del acuífero podría ser diferente, pudiendo estar afectado por un posible porcentaje de infiltración, lo cual se traduciría en una reducción del mismo.

- Con el cuadro de valores realizado para el Balance Hídrico del año 2002 hemos podido determinar, en dos períodos de diez años (caracterizados por tener distintos valores de pluviometría), posibles escenarios a partir de los inputs y los outputs en el acuífero. Con ello hemos conseguido verificar si se hace o no un uso sostenible del recurso.

- Siguiendo con la idea anterior podemos constatar que actualmente Menorca no llega a cumplir los objetivos establecidos por la Directiva Marco del Agua (DMA) para las aguas que estaban en mal estado en el año 2003 pasen a tener un buen estado ecológico en el año 2015 y según el PHB continuaran hasta el 2021 y 2027 (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014). Esto demuestra que no se estaría haciendo un uso sostenible del acuífero, independientemente que la variación de los niveles piezométricos se haya estabilizado en los últimos años.

A lo largo de este trabajo pudimos constatar que existen diferentes situaciones en las tres zonas del acuífero. En algunas tiene mayor incidencia el grado de contaminación por nitratos y cloruros y en otras los descensos de los niveles piezométricos debido a la sobreexplotación para el consumo.

- **Respecto a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas.**

Es fundamental cambiar el tipo de prácticas que se vienen realizando como ya lo hemos mencionado a lo largo de este trabajo. Vimos que las mismas son propias del bloque social ya sean tanto de actividades agrícolas-ganaderas como urbanas.

Una buena gestión y planificación del uso de fertilizantes y manejo adecuado de los residuos ganaderos, es necesario para evitar la presencia de nitratos en zonas donde aún no se ha detectado. En lo que refiere a las aguas urbanas deberíamos agregar la necesidad de hermeticidad del saneamiento en general (pozos y/o fosas sépticas) y al mismo tiempo el cumplimiento de los requisitos establecidos que deben manejar los tratamientos de depuración de aguas. Estos últimos colaboran en garantizar que al reutilizarse las aguas residuales en prácticas de regadío no se transformen en re infiltraciones perjudiciales para el acuífero.

- **Respecto a la demanda de consumo.**

La Directiva Marco del Agua, Directiva 2000/60/CE (DMA), constituye el marco jurídico de una nueva cultura del agua, donde la considera como un bien que hay que utilizar de forma racional para poder garantizar el consumo básico de la población y preservar los ecosistemas y ambientes acuáticos (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014).

En cuanto al consumo urbano, actualmente el consumo medio per cápita de la población de hecho sobre la isla está en torno a los 280 l/hab./día, (Actualidad Ambiental OBSAM, 2014) tomando el último dato (año 2013) de la media de población de hecho para la isla, serían 114416 habitantes, por lo tanto el consumo urbano para el año 2013 estaría en el orden de 11.69Hm³.

Una de las posibilidades para disminuir el mismo sería mediante la utilización de técnicas alternativas dirigidas a la captación de agua de lluvia en construcciones nuevas y existentes.

En dos de los cinco trabajos dedicados al estudio sobre la gestión hídrica de Menorca han sido estudiadas dos alternativas. A partir de un consumo de 124 l/hab/día mediante la captación de agua de lluvia y de rocío junto con la destilación de la misma, se llega a cubrir el 100% de la demanda y solo con la captación de agua de lluvia se cubriría un 70% de la demanda determinada por un consumo viable de 70l/hab./día.⁴⁸⁴⁹ . Independientemente de que hayan sido estudiadas para la situación particular de Es Mercadal, podrían ser integradas a otros municipios de la isla y así reducir los valores de consumo total.

Respecto a los visitantes, según lo analizado podemos determinar que el turismo de masas es, un factor importante de riesgo para el futuro del equilibrio hídrico en Menorca. Esto lo vemos en los altos valores de consumo, incrementándose cuando son urbanización dispersas con gran superficie ajardinada y piscinas. Poder disminuirlo depende en gran medida de la calidad receptora de las infraestructuras turísticas en cuanto a la aplicación de técnicas alternativas para la disminución de los mismos.

En cuanto al **consumo agrícola** hemos visto que los datos de extracción que manejamos han sido producto de una experiencia piloto realizada en determinadas fincas. Por lo tanto en este

⁴⁸ Estos datos están evaluados para una precipitación media anual de 629.8 mm y pluviometría neta de 508.6 mm. El dato de población manejado es 2652 habitantes, el mismo ha sido suministrado por el Ayuntamiento de Es Mercadal, que aún no han sido publicado. Respecto al dato sobre los metros cuadrados de superficie de captación se consideraron 130738 m² de Es Mercadal, el mismo ha sido determinado en el trabajo de curso del Máster, MAEM 2014.

⁴⁹ Estos datos fueron desarrollados por E. González y S. Magliocchetti durante el curso de Máster, MAEM 2014.

escenario se considera apropiado una recuperación y nueva puesta en funcionamiento de las infraestructuras y sistemas de recogida de agua.

La experiencia realizada en la finca de Turmaden des Cápita, demuestra que es posible generar buenas prácticas con el medio ambiente integrando tecnologías alternativas y tradicionales. Este caso tiene la particularidad de que al mismo tiempo genera una actividad económica de agroturismo dirigido a un público que valoriza el accionar de este tipo de prácticas, orientadas hacia la sostenibilidad.

- **Concepción de recurso ilimitado**

En cuanto a este tema si hablamos en términos de sostenibilidad compartimos la visión de J.M. Naredo, que al pretender sustituir mediante la tecnología uno de los elementos del ciclo hidrológico como por ejemplo el “motor solar” en sus funciones de desalación y bombeo, inyectando energía en los procesos, nos permite entender que el tema de la escasez y la calidad sería solucionado técnicamente. Por lo tanto podríamos convivir con un cierto grado de contaminación del acuífero utilizando desaladoras para lograr agua de calidad. Sin embargo estos procesos demandarían unos costes físicos, naturales y económicos que podrían determinar que sean ecológicamente poco recomendados lo cual consideramos que deberían de utilizarse como último recurso. Obviamente este modelo está sujeto a una visión del recurso y oferta ilimitada que no piensa en términos de sostenibilidad

Ampliando la mirada hacia el territorio hemos podido apreciar cómo las distintas estrategias de gestión del agua a lo largo de la historia dejan sus marcas en él, ya sea por los restos de infraestructuras utilizadas que datan de algún tipo actividad en el pasado o de forma inmaterial mediante distintos recaudos y relatos que nos permiten imaginarlo.

Cuando pensamos en el paisaje nos referimos como mencionamos anteriormente al resultado de la acción e interacción del hombre y la naturaleza. Por lo tanto todas las huellas que han dejado en el territorio las distintas civilizaciones son testimonios de distintos paisajes culturales, que de una manera u otra han implementado prácticas con el medio físico relativamente pacíficas y sostenibles, como hace referencia J. Mallarach, respecto a la civilización Talayótica en Menorca durante más de un milenio (Mallarach 2004).

Desde el siglo XXI la nueva cultura del agua viene instrumentándose en Menorca producto de una valoración de los recursos y los impactos que en ellos se genera mediante un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política del agua. Sus objetivos abarcan todas las masas de agua y apuntan a prevenir y reducir la contaminación, fomentar un uso sostenible, proteger el medio acuático y mejorar la situación de sus ecosistemas, entre otras.

Como mencionamos al comienzo de este trabajo la condición de insularidad no solo nos posiciona y hace explícita la dimensión finita de un territorio, sino también la de sus recursos. Por lo tanto una gestión en esta línea determina que la acción e interacción del hombre con la naturaleza se inscriba bajo un marco sostenible para un recurso que constituye la base de todo el sistema general de la isla y es esencial para la continuidad de su desarrollo.

7. Bibliografía.

- BATES, B.C., ET AL. EDS. (2008) *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra.
- BOE. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Ministerio de Presidencia. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-3596>
- CANALS, A. Y TRUYOL, M. (2001) *El bosque de Menorca: Funciones de ayer, de hoy y de mañana*. Edición: Consell Insular de Menorca.
- CONSELLERÍA D'AGRICULTURA, MEDI AMBIENT I TERRITORI (2013). *Plan Hidrológico de les Illes Balears Memoria 2013*. Direcció General de Recursos hídrics. Govern de las Illes Balears.
- CONSELLERÍA D'AGRICULTURA, MEDI AMBIENT I TERRITORI. (2013) *Plan Hidrológico de les Illes Balears Memoria*. Direcció General De Recursos Hídrics, Govern de las Illes Balears. Disponible en: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259Z1158971&id=158971>
- CUCHÍ, A. ET AL. (2003) *Parámetros de sostenibilidad*. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.
- DELGADO RAMOS, G.C. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *En Medio ambiente y urbanización*. Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo. Buenos Aires, pp: 95-123.
- ESTRADÉ NIUBÓ, S. (2004) *Aportaciones al conocimiento del balance hídrico del acuífero de migjorn de Menorca*". Disponible en web: <http://www.obsam.cat/documents/articles/Aportaciones-balance-hidrico-acuifero-Migjorn.pdf>
- ESTRADÉ NIUBÓ, S. (2013). Evolución del balance hídrico del acuífero de Migjorn de Menorca 1984-2012. En: *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. pág.: 102-106.
- Estructuras de Control hídrico en Menorca Escala Lloc. TRABAJOS ACADÉMICOS PARA EL MASTER EN ARQUITECTURA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, EDICIÓN 2013-2014.
- GARCÍA, N.G., y HERRERO, L. M. J. (2008). Agua y sostenibilidad. Índice: *Revista de estadística y sociedad*, (28), 14-17.
- GÍNARD BUJOSA, A.; MUSCARÓ PONS, J.; RAMIS PUÍG-GROS, A. (2007). *Enciclopedia de Menorca XV, Antropología II (Volumen I). El món de la pesca. Artesanía i oflcís*.
- GOVERN DE LAS ILLES BALEARES, DIRECCIÓ GENERAL DE RECURSOS HÍDRICS (2004). *El estado de las aguas subterráneas en el archipiélago balear. Isla de Menorca*. Ministerio de Educación y Ciencias. Instituto Geológico y Minero de España. Disponible en: <http://www.caib.es/fitxer/get?codi=185022>.

- (2007). *Estado de las aguas subterráneas en el archipiélago balear Menorca año hidrológico 2007-2008*. Ministerio de Educación y Ciencias. Instituto Geológico y Minero de España. Disponible en: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259ZI79332&id=79332>.
- INSTITUT MENORQUÍ D'ESTUDIS (IME) (2012). *Consum de recursos naturals als nuclis turístics de Menorca. Anàlisi socioambiental dels nuclis turístics de l'illa de Menorca (2010-2011)*. Observatori Socioambiental de Menorca. Proyecto de Investigación ASANT. Disponible en: <http://www.obsam.cat/actualitat/2012/asant/asant-5-consum-recursos-naturals.pdf>.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1996). *Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, período 1982-1993: Cuenca del Guadiana*.
- JORDI, V. Y TALTAVULL, E. (1997). *Arquitectura rural. A: Enciclopèdia de Menorca*, Separates. Menorca Obra Cultural de Menorca.
- LAGARDA MATA, F. (2009): *Pozos, agua y magia en la Prehistoria de Menorca*. Sobradriel. Disponible en: http://www.academia.edu/1392807/Pozos_agua_y_magia_en_la_Prehistoria_de_Menorca
- MALLARACH, J. (2004). A propòsit del paisatge menorquí: paradoxes, reptes i responsabilitats, pág.: 1-7. Disponible en: <http://paisatge.obsam.cat/documents/paisatge-enorqui.pdf>
- MATEOS, R.M. y GONZÁLEZ CASASNOVAS, C. (2009) *Los caminos del Agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales*. Coord. - Madrid: Instituto Geológico y Minero de España y Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- MILAD GARRIDO, C. A. (2010) *Diagnóstico de los recursos hídricos subterráneos de isla de pascua*. Tesis de grado. Director: Sr. Carlos Espinoza Contreras. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento De Ingeniería Civil, Santiago de Chile. Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-milad_cg/pdfAmont/cf-milad_cg.pdf
- MUÑOZ TUDURÍ, M. (2005). *Estudio biodemográfico de la supervivencia humana en población menorquina (es Mercadal, 1634-1997)*. Tesis doctoral. Director: Dra. Clara E. García Moro, Universidad de Barcelona. Departamento de Biología Animal.
- NAREDO, J.M. (2006). La encrucijada de la gestión del agua en España. En: Cuadrat Prats, J.M. *El agua en el siglo XXI: gestión y planificación*. Zaragoza.
- OFICINA DE INFORMACIÓN DIPLOMÁTICA (2014). Barbados, Ficha país, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Gobierno de España. Disponible en: http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/BARBADOS_FICHA%20PAIS.pdf
- OROZCO CONTI, F. y UBALDI FREDA, G.M. (2008) *Evaluación ambiental estratégica del plan hidrológico de las islas baleares*. Documento de inicio. Gobierno de las Islas Baleares, Dirección General De Recursos Hídricos, Servicio de Estudios y Planificación.
- PRAT, N. ESTRADÉ, S. Y GOMIS, D. (2013). *El repte de l'aigua en el segle XXI*. Documento de conclusiones. Universidad Internacional de Menorca Illa del Rei. Disponible en: <http://www.uimir.cime.es/WebEditor/Pagines/file/Document%20de%20conclusions.pdf>

RODRÍGUEZ PEREA, A. y GELABERT FERRER, B. (2006) Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en las Islas Baleares". Revista *Investigaciones geográficas* Nº41, pp. 49-64. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.

TRABAJOS MAEM (2014). *Estructuras de Control hídrico en Menorca Escala Territorial*. TRABAJOS ACADÉMICOS PARA EL MASTER EN ARQUITECTURA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, EDICIÓN 2013-2014.

VERA C. ET AL. (2007) *Ciencias Naturales El ciclo del agua*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Argentina. [en línea]. Disponible en: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>

VERDÚ BÜTTIKOFER, A. (2009). *Menorca, sentimiento de un "paisaje" perdido. Pensamiento, Sentimiento y Acción para la sensibilización hacia la Sostenibilidad*. Trabajo de fin de máster. Director: Jaume Cendra. Universidad Politécnica de Catalunya. Máster en Sostenibilidad, edición 2007-2009.

Páginas web

- Datos oficiales de población para la isla de Menorca. Disponible en: <http://www.ine.es>
- Web oficial de turismo de Menorca: Reserva de la biósfera. Disponible en: <http://www.menorca.es/>
- Naciones unidas:
 - Agua: <http://www.un.org/es/globalissues/water/>
 - Cambio climático: <http://www.un.org/es/climatechange/kyoto.shtml>
 - Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010. 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
 - U.S. Geological Survey (USGS): <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>
- GOB MENORCA. Ecológisme Responsable.L'AIGUAA MENORCA. Document d'anàlisi i propostes. Octubre de 2007. Disponible en: http://www.gobmenorca.com/sites/default/files/aigua_menorca_document.pdf
- Observatorio socioambiental de Menorca (OBSAM) (2014).
 - Hacia una gestión sostenible del agua en la Reserva de Biosfera de Menorca: <http://www.obsam.cat/actualitat/2014/gestio-sostenible-aigua-reserva-biosfera.php>
 - Torrentes: <http://www.obsam.cat/actualitat/2010/torrents-menorca-aigua-vida.php>
 - Demografía y sociedad. Presión humana. Población estacional: <http://obsam.cat/indicadors/demografia/poblacio/Poblacio-dret-fet-Menorca-1998-2013.pdf>

- <http://www.obsam.cat/indicadors/demografia/poblacio/Poblacio-dret-fet-Menorca-1998-2011.pdf>
- Medio Físico. Datos meteorológicos:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/clima/dades-meteorologiques/temperatura-1950-2011.pdf>
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/clima/dades-meteorologiques/Precipitacio-1950-2011.pdf>
- Medio Físico. Agua. Calidad del agua:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/qualitat/qualitat-aigua-subterranea-1997-2011.pdf>
- Medio Físico. Agua. Hidrometeorología. Evapotranspiración:
 - www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrometeorologia/evapotranspiracio/evapotranspiracio-potencial.pdf
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrometeorologia/evapotranspiracio/evapotranspiracio-real-1984-2012.pdf>
- Escorrentía:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrometeorologia/escorrentia/escorrentia-superficial-1984-2012.pdf>
- Infiltración:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrometeorologia/infiltracio/infiltracio-1984-2012.pdf>
- Balance Hídrico en el suelo:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrometeorologia/balans-hidric/Esquema-balanc-hidric-1984-2012.pdf>
- Medio Físico. Agua. Hidrogeología. Reserva de agua en acuíferos:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrogeologia/reserva-aigua-aquifers/nivell-piezometric-aquifer-Migjorn-1984-2012.pdf>
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/hidrogeologia/reserva-aigua-aquifers/nivell-piezometric-aquifer-Albaida-1999-2012.pdf>
- Consumo urbano de agua y consumo de agua per cápita:
 - <http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/urba/consum-urba-capita-1999-2012.pdf>
- Extracción:

<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/urba/consum-urba-1999-2012.pdf>

- Estimación de extracciones para consumo agrícola
<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/consum/agricola/Estimacio-extraccions-aigua-consum-agrari-2002-2007.pdf>
- Depuración y reutilización de agua:
<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/depuracio-reutilitzacio/Volum-aigua-depurada-reutilitzada-2000-2013.pdf>
<http://www.obsam.cat/indicadors/medi-fisic/aigua/depuracio-reutilitzacio/Estacions-Depuradores-Aigues-Residuals-EDAR.pdf>
- Pozo de Na Patarrá: <http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/argmc132.htm>
- Cisternas: <http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/index2.htm>
- Cultura popular i d'arreltradicional de Menorca:
 - Aljibes: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=255
 - Pozos y cisternas: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=256
 - Síneas y pozos de torno: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=257
 - Aljibe Kane, Es Mercadal: http://culturapopularmenorca.cat/continguts/?page_id=255

8. Anexos.

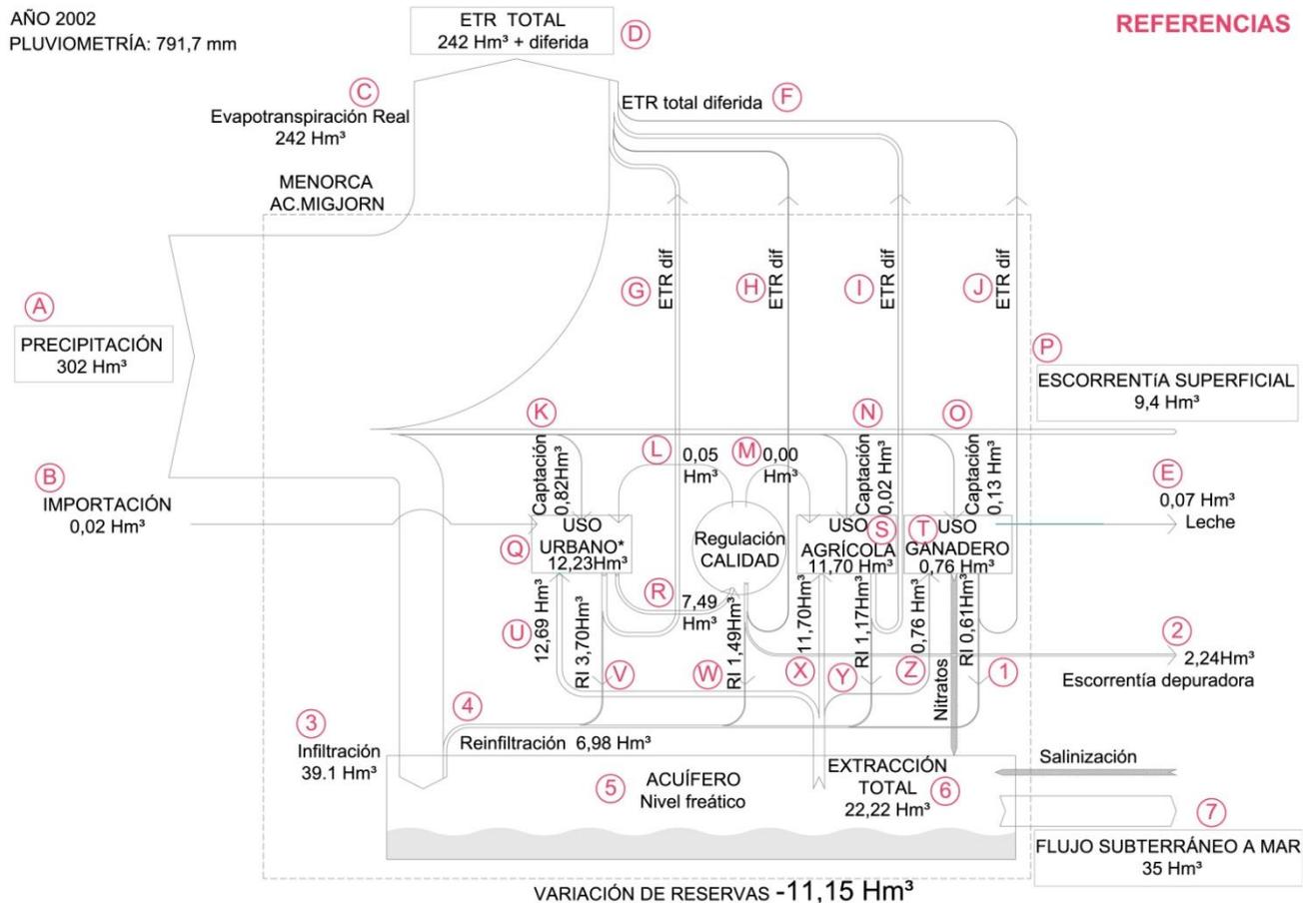


Figura 42: Balance Hídrico año 2002, referencias. Datos OBSAM, elaboración propia.

Referencias del cuadro del balance hídrico para el año 2002.

- A. Pluviometría 791,7 mm x superficie de Migjorn 382Km² (365Km superficie permeable).
- B. Importación de agua dato OBSAM año 2002.
- C. Evapotranspiración real: indicador OBSAM.
- D. Evapotranspiración real total: Es la suma de la ETR +ETR diferida (C+F) F=G+H+I+J.
- E. consumo de agua vaca lechera año 2002 dato MAEM 2014.
- F. Evapotranspiración real diferida total: corresponde a la sumatoria de la evapotranspiración procedente de usos urbanos, agrícolas, ganaderos y de la regulación de calidad: F=G+H+I+J.

Evapotranspiraciones reales diferidas: para este estudio no serán tenidas en cuenta.

- G. Proveniente de consumo urbano
- H. Proveniente de regulación de calidad
- I. Proveniente del consumo agrícola
- J. Proveniente del consumo ganadero

K. **Captación de agua para uso urbano:** es el agua captada del aljibe de Es Mercadal.

Aljibe de es Mercadal: 812m²

Pluviometría 2002: 791,7mm = 791,7lts/m²

Precipitación neta (PN): es la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema de almacenaje una vez que se han descontado las pérdidas por velocidad del viento, evaporación, fricción y tamaño de la gota, considerados en el coeficiente de captación. Siendo un 85% aproximadamente el coeficiente de captación y el Ce: coeficiente de escurrimiento que para tejas está entre 0,6-0,9.

$$PN = P[\text{mm}] * Ce * 0,85$$

$$PN=791.7*0.75*0.85$$

$$PN=504.7\text{mm}$$

$$V \text{ captado} = Sc * PN \text{ anual}$$

$$V \text{ captado} = 812\text{m}^2 * 0.5047\text{m}$$

$$V \text{ captado} = 410 \text{ m}^3 = 0.41\text{Hm}^3$$

Esta captación la vamos a considerar doble para contemplar el aljibe de la ciudad de Mao (MAEM 2014)

Volumen total captado por aljibes: 0.82Hm³

- L. Reutilización de agua depurada para uso urbano: dato OBSAM (58042 m³/1000000 =0.058Hm³)
- M. Reutilización de agua depurada para uso agrícola: esta actividad comienza partir del año 2009 para agricultura y 2008 para campo de golf.
- N. Captación de agua para uso agrícola: $\{(200\text{m}^2 \text{ de captación} \times 958 \text{ llocs}) \times 791,7 \text{ l/m}^2 \text{ o mm}\} \times 0.15$. Donde 15% corresponde al agua captada para uso agrícola en el Lloc Turmaden des Cápita. (MAEM, 2014)
- O. Captación de agua para uso ganadero: $\{(200\text{m}^2 \text{ de captación} \times 958 \text{ llocs}) \times 791,3 \text{ l/m}^2 \text{ o mm}\} \times 0.85$. Donde el 85% restante corresponde al agua captada para uso ganadero en el Lloc Turmaden des Cápita. (MAEM, 2014)
- P. Escorrentía superficial: indicador OBSAM, 9.4 Hm³.
- Q. Consumo de agua para uso urbano: El consumo urbano per cápita medio anual, para la población de hecho en el año 2002 es de 322.5 l/hab./día (indicador OBSAM) x 103700 población de hecho media anual en la isla (indicador OBSAM) x 365 días. Dando como resultado un consumo anual de 12,20Hm³.
- R. Depuración de agua proveniente de uso urbano: indicador OBSAM, 7,49 Hm³.
- S. Consumo de agua para uso agrícola: indicador OBSAM, 11,70 hm³.
- T. Consumo de agua para uso ganadero: dato OBSAM, 0,76 hm³.
- U. Extracción de agua para consumo urbano: indicador OBSAM, 12,69 hm³.

Re infiltraciones urbanas y regulación de calidad en el acuífero:

- V. Procedente de uso urbano: 30% de extracción por pérdidas de la red según Plan Hidrológico Balear (PHI).
- W. Procedente de depuradora: R x 20%. Siendo 20% correspondiente a la infiltración. (MAEM 2014)
- X. Extracción de agua para agricultura: indicador OBSAM, 11,70 hm³.

Re infiltración agrícola en el acuífero:

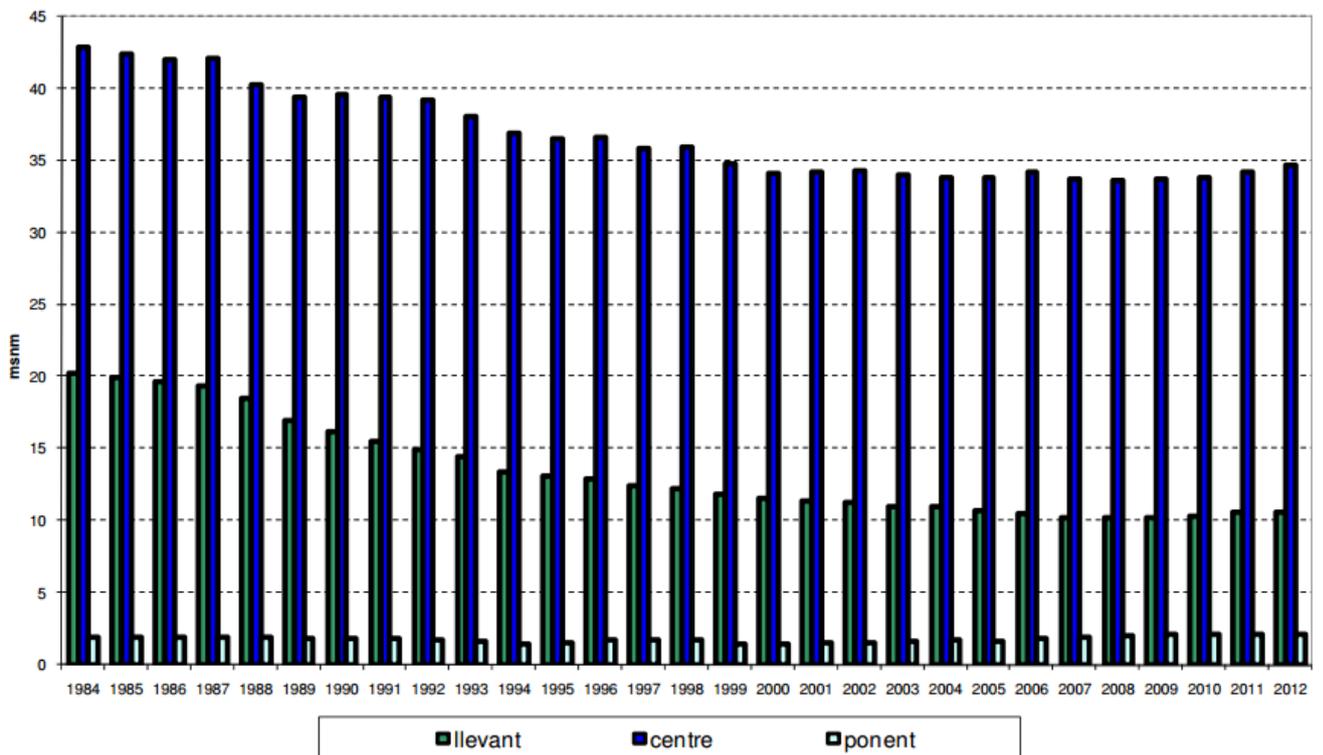
- Y. Procedente de uso agrícola: 10% de extracción para regadío según Plan Hidrológico Balear (PHI).

Z. Extracción de agua para ganadería: indicador OBSAM, 0,76 hm³.

Re infiltración ganadera en el acuífero:

1. Procedente de uso ganadero: $T \times 0.80$, siendo un 80% un valor estimativo en cuanto a la eliminación del agua procedente de las bestias. (MAEM, 2014)
2. Escorrentía procedente de la depuradora: $R \times 0.30$, siendo un 30% el porcentaje de agua que se va por escorrentía, dato modificado MAEM2014.
3. Infiltración: indicador OBSAM, 39.1Hm³
4. Re infiltración total procedente del bloque social procedente de los distintos usos por lo tanto: $V + W + Y + 1$
5. **Infiltración total:** $3 + 4$
6. Extracción total del acuífero: $U + X + Z \times 0.90$ (90% se extrae de Migjorn).
7. Flujo subterráneo hacia el mar: 35 Hm³ valor de sostenibilidad (Estradé, 2004).

Gráfico 1: Nivel piezométrico medio anual de cada zona del acuífero de Migjorn (calculado a partir de 16 piezómetros).



Fuente: indicador OBSAM Reserva de agua en acuíferos.

8.1 Imágenes.

Nº IMAGEN	PROCEDENCIA	FECHA	
		Consulta	Toma
Portada	Fotografías del autor. Menorca 2014.		15/05/2014
1	Ciclo hidrológico: (FAO & FIDA, 2013)	25/05/2014	
2	Ubicación Baleares: http://www.bing.com/maps/	20/06/2014	
3	Estereográfico Menorca. Elaboración propia software Heliodon.	25/07/2014	
4	El promontorio Balear, "Los caminos del Agua"; pag.42.	20/06/2014	
5	Esquema de morfologías más características del karst Balear. "Los caminos del Agua"; pag.44.	20/06/2014	
6	Unidades paisajísticas/ geológicas de Menorca. IDE: http://ide.cime.es/visoride/	20/06/2014	
7	Red hidrográfica de la isla de Menorca en función de la permanencia del agua en los tramos fluviales. -"Plan Hidrológico de les Illes Balears Memoria"2013.	25/07/2014	
8	Clasificación vigente de las unidades hidrológicas según el plan hidrológico balear, (PHB). IDE: http://ide.cime.es/visoride/	20/06/2014	
9	Unidades hidrológicas de Menorca según infraestructura de datos espaciales (IDE). IDE: http://ide.cime.es/visoride/	20/06/2014	
10	"Los caminos del Agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales". Pag.64	13/08/2014	
11	"Los caminos del Agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales". Pag.74	13/08/2014	
12	Mapa de concentración de ión nitrato de la UH: 19.01 Migjorn. "ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR MENORCA Año hidrológico 2007-2008", Pag.33.	10/08/2014	
13	Figura 13: Mapa de concentración de ión nitrato de la UH: 19.02 Albaida. "ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR MENORCA Año hidrológico 2007-2008", Pag.49.	10/08/2014	

14	Mapa de concentración de ión cloruro de la UH: 19.01 Migjorn. "ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR MENORCA Año hidrológico 2007-2008", Pag. 31.	10/08/2014	
15	Mapa de concentración de ión cloruro de la UH: 19.02 Albaida. "ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR MENORCA Año hidrológico 2007-2008", Pag. 48.	10/08/2014	
16	Urbanizaciones y cuencas hidrológicas. Trabajo MAEM 2013-2014 Estructuras de Control hídrico en Menorca Escala Territorial.	10/06/2014	
17	Tipos de cultivos en Menorca. . Trabajo MAEM 2013-2014 Estructuras de Control hídrico en Menorca Escala Territorial.	10/06/2014	
18	Esquema sobre los modelos de gestión hídrica en la isla de Menorca. Elaboración propia para formato ppt-jpg.		10/06/2014
19	Torrente en Menorca.	10/07/2014	
20	Foggara en Mallorca.	10/07/2014	
21	Qanats en Mallorca.	10/07/2014	
22	Pozo alcaidús. http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/arqmc135.htm	11/07/2014	
23	Pozo na patara. http://www.arqueoguia.com/menorca%20cast/arqmc132.htm	11/07/2014	
24	Pozo na patara. http://noloseytu.blogspot.com.es/2013/02/na-patarra-leyenda-balear.html	11/07/2014	
25	Sinia antigua. http://menorcaimatgesdenprimer.blogspot.com.es/p/llocs-momuments.html	10/07/2014	
26	Dibujo sinia. http://foro.belenismo.net/forums/thread-view.asp?tid=11785	10/07/2014	
27	Pozo de torno. "Enciclopedia de Menorca Arquitectura Rural (1)".	10/07/2014	

28	Restos arqueológicos del poblado Torre d' en Galmes. http://ipce.mcu.es/presentacion/funciones/present-func-invest2.html	14/07/2014	
29	Cisternas. http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_d'en_Galm%C3%A9s	14/07/2014	
30	Aljibe Turmaden des Cápita. Del autor.		16/05/2014
31	Aljibe Turmaden, superficie de captación.		16/05/2014
32	Aljibe Turmaden, piletas para ganado.		16/05/2014
33	Aljibe para uso ganadero. Del autor.		15/05/2014
34	Cuello de aljibe. Del autor.		15/05/2014
35	Piletas para ganado. Del autor.		15/05/2014
36	Aljibe de es Mercadal. "Enciclopedia de Menorca Arquitectura Rural (1)".	10/07/2014	
37	Aljibe de es Mercadal, superficie captadora.		16/05/2014
38	Sistema Natural. Elaboración propia en software Auto Cad 2d, pdf-jpg.		17/07/2014
39	Sistema Natural y Sistema o Bloque Social. Elaboración propia en software Auto Cad 2d, pdf-jpg.		17/07/2014
40	Balance Hídrico año 2002. Modificaciones sobre formato original: MAEM, Territorio, 2014. Software Auto Cad 2d, pdf-jpg.		17/07/2014
41	Cuadro resumen. Elaboración propia en software Auto Cad 2d, pdf-jpg.		17/07/2014
42	Balance Hídrico año 2002, referencias anexos. Modificaciones sobre formato original: MAEM, Territorio, 2014. Software Auto Cad 2d, pdf-jpg.		17/07/2014

8.2 Tablas.

Tabla 1: Consumos de agua (l/hab./día) por cada núcleo turístico según el tipo de alojamiento.

Tipo de alojamiento	Núcleo turístico	consumo de agua (m3)	pernoctaciones	consumo (l/hab./día)
Vivienda	Arenal d'en Castell	114,708	473,281	242,4
Vivienda /Aloj.T.Reglado	Platges de Fornells	117,012	191,67	610,5
Vivienda	Son Parc	210,243	452,214	464,9
Aloj.T.Reglado	Sant Tomás	135,634	448,913	302,1
Vivienda /Aloj.T.Reglado	Punta Prima	251,1	595,2	421,9
Vivienda	Binibequer Nou	157,561	195,91	804
Aloj.T.Reglado	Son Bou	134,322	321,065	418,4
Aloj.T.Reglado	Cala en Bosc	3000,753	479,542	627,2
Aloj.T.Reglado	Cap de Artrutx	118,15	286,557	412,3
	Cala Morell	s/d	102,729	s/d
	Total	1539,438	2383,439	478,2

Fuente: "Consum de recursos naturals als nuclis turístics de Menorca", Pérez, 2011.

Tabla 2: Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante tratamiento secundario (a)

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (b)
DBO5 (c) (a 20°C sin nitrificación)	25 mg/L O ₂	70 – 90 %
DQO	125 mg/L O ₂	75 %
Total sólidos en suspensión	35 mg/L (d)	90 % (d)

- (a) O proceso equivalente. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.
- (b) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.
- (c) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre la DBO5 y el parámetro sustituto.
- (d) Este requisito es optativo. Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos en suspensión en las muestras de agua sin filtrar no deberá superar los 150 mg/L.

Tabla 3: ETR anual calculada a partir de la ETP de Penman-Monteith y las disponibilidades de agua en el balance hídrico diario al suelo para el periodo 1984-2012.

ETR ANUAL (mm)	llevant	centre	ponent	illa
1984	547,3	624,2	472,0	547,9
1985	437,5	474,7	442,9	451,7
1986	427,1	480,9	426,1	444,7
1987	403,6	405,5	377,3	395,5
1988	435,8	563,3	573,0	524,0
1989	405,4	444,1	255,8	368,5
1990	397,8	436,1	387,8	407,2
1991	500,9	552,8	538,0	530,6
1992	365,4	556,9	485,4	469,2
1993	332,7	420,8	431,7	395,0
1994	316,4	387,6	283,1	329,0
1995	407,7	328,4	366,8	367,6
1996	402,6	685,9	663,1	583,9
1997	433,5	335,7	409,9	393,0
1998	477,8	472,0	496,1	482,0
1999	328,2	347,6	316,9	330,9
2000	359,1	414,3	437,5	403,6
2001	427,9	540,8	406,5	458,4
2002	544,2	714,8	641,6	633,5
2003	498,7	505,2	475,3	493,1
2004	382,6	434,5	350,9	389,4
2005	425,8	506,4	456,7	462,9
2006	292,0	439,2	336,6	355,9
2007	512,0	586,6	533,9	544,2
2008	541,4	419,1	527,9	496,1
2009	486,1	477,3	460,4	474,6
2010	485,0	524,8	506,5	505,5
2011	423,3	445,6	375,1	414,7
2012	322,6	411,7	376,5	370,3
MITJANA	424,8	480,6	441,8	449,1

Fuente: Indicadores Básicos, OBSAM. Elaboración OBSAM.

Tabla 4: Escorrentía superficial media anual para el período 1984 a 2012.

	ESCORRENTIA ANUAL (mm)				ESCORRENTIA ANUAL (Hm3)			
	llevant	centre	ponent	illa	llevant	centre	ponent	illa
1984	0,8	1,3	1,4	1,2	0,1	0,2	0,2	0,5
1985	2,2	72,6	22,7	32,5	0,2	9,5	3,6	13,3
1986	0,0	11,4	3,4	4,9	0,0	1,5	0,5	2,0
1987	6,8	29,0	5,3	13,7	0,6	3,8	0,8	5,3
1988	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
1989	1,9	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2
1990	7,2	5,4	0,0	4,2	0,7	0,7	0,0	1,4
1991	2,5	0,4	1,2	1,3	0,2	0,0	0,2	0,5
1992	0,0	1,1	0,8	0,7	0,0	0,1	0,1	0,3
1993	0,4	8,5	2,6	3,9	0,0	1,1	0,4	1,6
1994	2,0	4,5	11,9	6,1	0,2	0,6	1,9	2,7
1995	14,5	26,6	0,4	13,8	1,3	3,5	0,1	4,9
1996	11,6	21,6	3,0	12,1	1,1	2,8	0,5	4,4
1997	6,7	0,0	0,0	2,2	0,6	0,0	0,0	0,6

ANÁLISIS DEL CICLO HIDROLÓGICO MENORQUÍN

Por una gestión sostenible en el territorio.

	ESCORRENTIA ANUAL (mm)				ESCORRENTIA ANUAL (Hm3)			
	llevant	centre	ponent	illa	llevant	centre	ponent	illa
1998	0,3	4,0	0,0	1,4	0,0	0,5	0,0	0,6
1999	8,5	5,9	3,0	5,8	0,8	0,8	0,5	2,0
2000	1,0	1,8	1,7	1,5	0,1	0,2	0,3	0,6
2001	21,3	77,2	30,6	43,0	1,9	10,1	4,9	16,9
2002	4,1	57,7	9,4	23,7	0,4	7,5	1,5	9,4
2003	26,2	69,6	18,9	38,2	2,4	9,1	3,0	14,5
2004	0,4	36,4	5,6	14,2	0,0	4,8	0,9	5,7
2005	0,0	15,3	2,5	5,9	0,0	2,0	0,4	2,4
2006	0,8	20,6	3,4	8,2	0,1	2,7	0,5	3,3
2007	0,0	108,8	2,4	37,1	0,0	14,2	0,4	14,6
2008	0,0	11,2	19,0	10,0	0,0	1,5	3,0	4,5
2009	0,0	7,8	0,2	2,7	0,0	1,0	0,0	1,0
2010	6,3	15,2	1,4	7,6	0,6	2,0	0,2	2,8
2011	2,7	48,2	6,4	19,1	0,2	6,3	1,0	7,6
2012	0,0	10,6	4,4	5,0	0,0	1,4	0,7	2,1
MITJANA	4,4	23,2	5,6	11,1	0,4	3,0	0,9	4,3

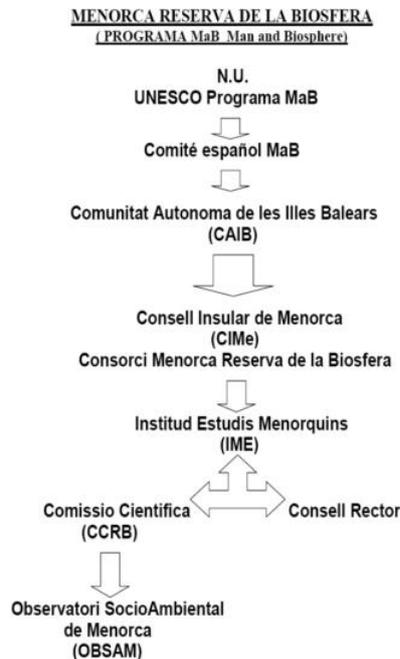
Fuente: Indicadores Básicos, OBSAM. Elaboración OBSAM.

Tabla 5: Infiltración anual, calculada con la aplicación del balance hídrico diario al suelo. Periodo 1984-2012.

ANY/ year	mm				Hm ³			
	Llevant - east	Centre-center	Ponent-west	Total (mm)	Llevant - east	Centre-center	Ponent-west	total (Hm ³)
1984	60,3	14,0	73,7	49,3	5,5	1,8	11,8	19,1
1985	191,9	218,9	199,8	203,5	17,4	28,6	32,1	78,1
1986	63,5	181,8	157,8	134,4	5,8	23,8	25,3	54,9
1987	194,4	181,3	314,3	230,0	17,7	23,7	50,5	91,8
1988	22,0	7,3	104,7	44,7	2,0	1,0	16,8	19,8
1989	52,1	0,0	0,0	17,4	4,7	0,0	0,0	4,7
1990	142,0	46,8	100,1	96,3	12,9	6,1	16,1	35,1
1991	190,1	66,3	79,3	111,9	17,3	8,7	12,7	38,7
1992	35,6	2,5	57,4	31,8	3,2	0,3	9,2	12,8
1993	40,0	21,3	129,3	63,6	3,6	2,8	20,8	27,2
1994	113,2	11,5	107,8	77,5	10,3	1,5	17,3	29,1
1995	109,4	23,5	89,8	74,2	9,9	3,1	14,4	27,4
1996	177,2	84,0	158,4	139,9	16,1	11,0	25,4	52,5
1997	163,4	10,8	18,7	64,3	14,8	1,4	3,0	19,3
1998	74,3	64,2	81,7	73,4	6,8	8,4	13,1	28,3
1999	51,1	39,6	62,3	51,0	4,6	5,2	10,0	19,8
2000	38,5	26,1	70,6	45,1	3,5	3,4	11,3	18,2
2001	227,0	216,3	237,0	226,8	20,6	28,3	38,1	86,9
2002	120,7	97,8	95,6	104,7	11,0	12,8	15,4	39,1
2003	286,8	212,8	207,4	235,7	26,1	27,8	33,3	87,2
2004	76,4	223,6	170,7	156,9	6,9	29,2	27,4	63,6
2005	30,0	206,7	91,4	109,4	2,7	27,0	14,7	44,4
2006	97,0	112,2	166,5	125,2	8,8	14,7	26,7	50,2
2007	130,0	125,6	64,4	106,7	11,8	16,4	10,3	38,6
2008	187,4	144,8	220,4	184,2	17,0	18,9	35,4	71,3
2009	158,1	57,2	82,0	99,1	14,4	7,5	13,2	35,0
2010	293,9	186,7	215,5	232,0	26,7	24,4	34,6	85,7
2011	194,8	158,5	202,6	185,3	17,7	20,7	32,5	71,0
2012	38,3	93,0	149,7	93,7	3,5	12,2	24,0	39,7
mitjana	122,7	97,8	127,9	116,1	11,1	12,8	20,5	44,5

Fuente: Indicadores Básicos, OBSAM. Elaboración OBSAM.

Esquema de instituciones que trabajan en Menorca.(Verdú ButtiKofer, 2009)



IME (Institut Menorquí d' Estudis) www.ime.cat

IME es un organismo autónomo del Consell Insular de Menorca destinado a la investigación, promoción, recuperación y difusión de la cultura de la isla de Menorca.

OBSAM (Observatorio Socio ambiental de Menorca) www.obsam.org

Proyecto del Instituto Menorquí de Estudios al servicio de la Reserva de la Biosfera, concebido como un instrumento para la recogida y análisis de información social y ambiental a escala de la isla de Menorca. Los indicadores básicos que se recogen están referidos a las siguientes áreas temáticas: medio físico, biodiversidad, sistemas naturales, territorio y paisaje, patrimonio histórico y dinámica social y cultural, demografía e indicadores económicos generales, sectores económicos, residuos e impactos, y respuesta política. Quiere ser también un elemento de contribución a la observación del cambio global. Funciona como una red de entidades y personas interesadas en obtener y mejorar indicadores fiables y realistas sobre los diversos temas que forman parte de la preocupación a favor de la sostenibilidad, entendida ésta como el objetivo de hacer posible el bienestar humano sin dañar los recursos naturales.