

# EVOLUCIÓN DE LAS APORTACIONES EN EMBALSES DE CABECERA DEL GUADALQUIVIR: RELACIÓN CON LAS TENDENCIAS CLIMÁTICAS RECIENTES Y REPERCUSIÓN EN LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

Mónica Aguilar Alba\* y Leandro Del Moral Ituarte\*\*

\* *Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla*

\*\* *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla*

## Resumen y palabras clave

Existen crecientes evidencias sobre la disminución de las aportaciones a embalses en diferentes cuencas de la Península Ibérica. Este hecho viene intensificando los indicios de sobrevaloración de las disponibilidades de agua estimadas por la planificación hidrológica. La actual Instrucción de la P.H., mejorada en su versión final (10 de septiembre de 2008) respecto de los borradores anteriores, establece la necesidad de tomar en consideración este riesgo, ordenando manejar las series de aportaciones más largas disponibles pero contrastándolas con las correspondientes al periodo 1980/81-2005/06, utilizando este último para establecer las asignaciones de recursos a los diferentes usos.

Con este telón de fondo, en esta comunicación se analiza el tratamiento que la estimación de los recursos hídricos naturales y los posibles efectos sobre ellos del cambio climático viene teniendo en la documentación del nuevo plan hidrológico de la cuenca del Guadalquivir. A continuación se presentan las series de aportaciones de nueve embalses de cabecera de la cuenca del Guadalquivir, contrastando los datos derivados de las series históricas completas con los de las series más recientes, poniéndolas en relación con series zonales históricas de precipitaciones. Como conclusión, en la comunicación se confirma la importancia de la diferenciación establecida en la Instrucción, así como la urgencia de su incorporación en el proceso de planificación.

## Palabras clave

Planificación hidrológica, cambio climático, precipitaciones, recursos hídricos naturales, series hidrológicas, aportaciones, Guadalquivir.

## 1. Marco de referencia: el debate sobre la disminución actual de los recursos hídricos naturales

Está convirtiéndose ya en un hecho incuestionable la reducción en cantidad y calidad de los recursos hídricos naturales, especialmente en las vertientes mediterránea y sur de la Península. Esta reducción supera las previsiones más pesimistas, entre ellas las realizadas entre 2000 y 2004 por Francisco Ayala-Carcedo.

El problema de la sobrevaloración de los recursos, con graves consecuencias ambientales, económicas y sociales, ya ha tenido lugar de modo generalizado en la planificación vigente tanto en los planes de cuenca aprobados en 1998, como en proyectos más concretos aprobados con anterioridad. El caso más dramático y bien conocido es el trasvase Tajo-Segura, con previsiones de 600 hm<sup>3</sup>/año de caudales transferidos, ampliables en una segunda fase a 1000 hm<sup>3</sup>/año, que contrastan con una media real de trasvase de 300 hm<sup>3</sup>/año en sus 25 años de funcionamiento.

Actualmente, la evaluación correcta de recursos naturales adquiere una especial importancia para la definición adecuada de caudales ambientales y para la asignación realista de recursos disponibles a la satisfacción de las diferentes demandas y la consiguiente estimación de los balances.

En el cuadro 1 se presentan los datos correspondientes a tres sistemas especialmente presionados (Segura, Júcar y Cabecera de Tajo), contrastando los resultados procedentes de la consideración de series históricas y series recientes para la estimación de las aportaciones.

**Cuadro 1. Aportaciones medias en distintas series hidrológicas**

Sistema	Segura	Júcar (Tous)	Tajo (Bolarque)
Parámetro	Aportaciones reguladas	Aportaciones regulables	Aportaciones reguladas
<b>Aportación media hm<sup>3</sup>/año</b>			
Serie completa 1940/41 a 2005/06	469,1	1.303,0	1.159
Serie últimos 25 años 1981/82 a 2005/06	303,4	947,5	786,7
<b>Incrementos en %</b>			
Serie completa/ Serie últimos 25 años	54,6%	37,5%	47,4%

Fuente: Estevan y otros, 2007

Estos datos se confirman, con carácter más general, en la información contenida en el cuadro 2.

**Cuadro 2: Aportaciones medias anuales (hm<sup>3</sup>/año)**

Demarcación	Aportación media periodo A (1940/41-1995/96)	Aportación media Periodo B (1996/97-2005/06)	Reducción (B respecto a A) %
Norte	43.494	38.573	-11,3
Duero	13.861	11.729	-15,4
Tajo	10.533	9.012	-14,4
Guadiana	5.464	4.391	-19,6
Guadalquivir	8.770	8.113	-7,5
Cuenca Med. And.	2.446	2.101	-14,1
Segura	817	505	-38,2
Júcar	3.493	3.057	-12,5
Ebro	17.189	13.555	-21,1
Cuencas Int. Cat.	2.742	2.196	-19,9
Total	108.809	93.232	-14,3

Fuente: Martín Barajas, 2008.

Los periodos temporales utilizados en el estudio correspondiente al cuadro 2 son inadecuados, ya que reducen en exceso el periodo más actual y facilitan con ello, precisamente, la crítica a su falta de valor estadístico (“serie corta” frente a la “serie larga”). Sin embargo, estos datos también ponen de manifiesto la naturaleza del problema: reducción general aunque desigual de las aportaciones; una reducción especialmente importante en la cuenca del Segura (cerca del 40%) y en las del Guadiana (sobre todo en cabecera), Ebro e internas de Cataluña, con cerca del 20%.

Los factores explicativos de este fenómeno, más allá de la variabilidad natural del clima, pueden ser varias y su correspondiente peso y combinación aún no está bien establecida, con

el correspondiente ajuste en cada caso: sobreexplotación de acuíferos que detrae agua de los cauces; alteración en la generación de escorrentías por cambios de usos del suelo a consecuencia de nuevas técnicas agrarias (Gascó, J.M., Naredo, J.M. y Filiberto, R., 1996); reforestación natural y repoblación forestal de cuencas vertientes (citar a Gallart, 2002).

A estos factores se añade, cada vez con más verosimilitud, el cambio climático, con la una indudable elevación de temperaturas y el correspondiente incremento de la evapotranspiración, y una menos concluyente disminución de precipitaciones (Ayala-Carcedo 2002; Moreno Rodríguez, coord., 2005).

## **2. El tratamiento del problema en el Reglamento (2007) y en la Instrucción de la Planificación Hidrológica (2008).**

### **2.1. Reglamento de la Planificación Hidrológica (RD 207/2007)**

El vigente Reglamento de la PH vigente plantea la necesidad de considerar el posible efecto del cambio climático, tanto al hacer el inventario de los recursos como al establecer los balances, sin llegar a establecer ningún procedimiento para ello.

#### **Artículo 11 Inventario de recursos hídricos naturales.**

3. El inventario contendrá, en la medida que sea posible:

a) Datos estadísticos que muestre la evolución del régimen natural de los flujos y almacenamientos a lo largo del año hidrológico. (...)

4. El plan hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello estimará los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal indicado en el artículo 21.4.

#### **Artículo 21. Balances, asignación y reserva de recursos**

4. Con objeto de evaluar las tendencias a lo largo plazo, para el horizonte temporal del año 2027 el plan hidrológico estimará el balance o balances entre los recursos previsiblemente disponibles y las demandas previsibles correspondientes a los diferentes usos. Para la realización de este balance se tendrá en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación de acuerdo con lo establecido en el artículo 11. El citado horizonte temporal se incrementará en seis años en las sucesivas actualizaciones de los planes.

### **2.2. Borrador de la Instrucción de la planificación hidrológica. Versión 10.0, septiembre 2007.**

A lo largo de la elaboración de la Instrucción de la PH (desde los primeros borradores públicos de principios de 2007 hasta septiembre 2008) se produjeron varios cambios significativos. De acuerdo con la versión de septiembre 2007 (apartado 2.4.1.), el inventario de recursos hídricos debería contener:

“(a) Datos estadísticos que muestren la evolución del régimen natural de los flujos y almacenamientos a lo largo del año hidrológico”

“(b) Interrelaciones de las variables consideradas, especialmente entre las aguas superficiales y subterráneas, y entre las precipitaciones y las aportaciones de los ríos o recarga de acuíferos” (Borrador de la IPH, septiembre 2007).

El apartado 2.4.2., por su parte, establece cuáles son los periodos temporales de referencia para las series de variables hidrológicas.

“Las series cubrirán el mayor período temporal que permitan los datos disponibles. En cualquier caso, las referentes a aguas superficiales deberán contener el período que comprenda los años hidrológicos 1940/41 a 2005/06, ambos inclusive, con datos al menos mensuales. Se recomienda que las referentes a aguas subterráneas comprendan, como mínimo, los años 1985/86 a 2005/06, ambos inclusive, con periodicidad de datos al menos trimestral” (Borrador de la IPH, septiembre 2007).

Esta redacción fue objeto de dos de las alegaciones presentadas por el Grupo de seguimiento de la implementación de la DMA de la Fundación Nueva Cultura del Agua al borrador de Instrucción (<http://www.unizar.es/fnca/includes/cont/aqua/docu/comentarios.pdf>). Por una parte, la FNCA alegó que la disparidad en la cobertura temporal de las series puede dificultar la determinación del contenido del apartado 2.4.1., particularmente en lo que se refiere a las interrelaciones entre las masas de agua superficiales y subterráneas y su evolución a lo largo del tiempo, así como a la determinación de dichas interrelaciones en régimen natural, pues en el periodo de referencia para las masas de agua subterránea una gran parte de ellas ya presentan un régimen alterado, no estacionario.

Por otra parte, la FNCA alegó que “el uso de los valores medios de las series hidrológicas relativas a aguas superficiales utilizando el periodo 1940/41-2005/06 para confeccionar el inventario de recursos hídricos naturales daría lugar a una imagen poco representativa de la situación actual de dichos recursos, pues se ha comprobado experimentalmente (utilizando datos aforados restituidos a régimen natural) que en buena parte de las cuencas hidrográficas peninsulares (Júcar, Segura, Tajo, etc.) la media de aportaciones hídricas de los últimos 25 años es sustancialmente menor (del orden del 25% o más) que la media de aportaciones hídricas considerando el periodo 1940/41-2005/06” (FNCA, documento citado).

Por su parte, la Instrucción (en los apartados dedicados a Balances y a Asignación y reserva de recursos), ya incluía la consideración del problema y mandaba tomar como referencia las series hidrológicas del periodo 1980/81-2005/06:

#### 3.5.2. Balances.

Los balances se realizarán con series de recursos hídricos correspondientes a los periodos 1940-2005 y 1980-2005, debiendo recogerse en el Plan las principales diferencias entre los resultados correspondientes a cada periodo.

#### 3.5.3. Asignación y reservas de recursos.

De acuerdo con los resultados del balance para el año 2015, con la series de recursos hídricos correspondientes al periodo 1980-2005, el plan hidrológico la consideración del balance para 2015 tomando como referencia las series hidrológicas del periodo 1980/81-2005/06 resulta adecuada a los fines de la planificación hidrológica establecerá la asignación y reserva de los recursos disponibles para las demandas previsibles en dicho horizonte temporal (...) (Borrador de la IPH, septiembre 2007).

### **2.3. Texto definitivo de la Instrucción de planificación hidrológica (Orden ARM/2656/2008).**

En el texto finalmente aprobado el 10 de septiembre de 2008, en primer lugar se elimina la referencia a series específicas para aguas subterráneas, unificándose “para el mayor periodo

temporal que permitan los datos disponibles, que comprenderá en cualquier caso los años hidrológicos 1940/41 a 2005/06”.

#### **2.4.2. Características de las series hidrológicas**

El inventario incluirá series hidrológicas de, al menos, las siguientes variables: precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, recarga a los acuíferos, escorrentía superficial, escorrentía subterránea y escorrentía o aportación total. En aquellas zonas en que la nieve sea un fenómeno característico se añadirá información sobre esta variable.

Los valores de las variables deberán ser coherentes entre sí, obteniéndose mediante procesos de simulación hidrológica que reproduzcan las interrelaciones principales de aquellas. Estas variables se estimarán para el mayor periodo temporal que permitan los datos disponibles, que comprenderá en cualquier caso los años hidrológicos 1940/41 a 2005/06, ambos inclusive, con datos al menos mensuales. Este periodo se extenderá en las sucesivas revisiones de los planes de cuenca (Instrucción PH, septiembre 2008).

Con respecto a las estadísticas de las series, en la versión definitiva se incorpora la frase “Todas estas variables se calcularán tanto para la serie completa como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2005/06 (...)”.

#### **2.4.4. Estadísticas de las series hidrológicas**

El plan hidrológico recogerá de forma sintética las principales características de las series de variables hidrológicas en los sistemas de explotación, así como en el conjunto de la demarcación hidrográfica. (...)

Asimismo, y con objeto de conocer la distribución intraanual de los principales flujos, se indicarán los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema de explotación y en el conjunto de la demarcación.

Todas estas variables se calcularán tanto para la serie completa como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2005/06 (...).

Por su parte en el apartado dedicado a balances se sigue considerando lo ya incluido en las versiones anteriores, es decir la obligación de considerar la serie 1980-2005.

#### **3.5.2. Balances**

Los balances se realizarán con las series de recursos hídricos correspondientes a los periodos 1940-2005 y 1980-2005, debiendo recogerse en el Plan las principales diferencias entre los resultados correspondientes a cada periodo.

#### **3.5.3. Asignación y reserva de recursos**

De acuerdo con los resultados del balance para el año 2015, con las series de recursos hídricos correspondientes al periodo 1980-2005, el plan hidrológico establecerá la asignación y reserva de los recursos disponibles para las demandas previsibles en dicho horizonte temporal (...).

### **3. El tratamiento del inventario de recursos hídricos naturales en la actual documentación de la planificación hidrológica en la Demarcación del Guadalquivir.**

#### **3.1. Estudio General sobre la Demarcación. Informe resumen del artículo 5 de la DMA (marzo 2007)**

En el *Informe resumen de los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua* de la cuenca del Guadalquivir de 2005 (Ministerio de Medio Ambiente, 2005) no se encuentra ninguna referencia a cuantificación o inventario de recursos hídricos naturales y, por consiguiente, no se menciona el debate sobre las series hidrológicas a utilizar para su evaluación.

Ya en etapa siguiente, en el documento *Estudio General de la Demarcación* de 2007, se hace referencia a dos estudios de recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir. Uno elaborado en 1998 por el Organismo de cuenca: “habiéndose obtenido series mensuales de 55 años de longitud (1942/43 a 1995/96). Estas series de caudales se denominan en la Oficina de Planificación del Sacramento, por ser una variante de este modelo hidrológico el que se ha utilizado para la obtención de caudales” (Ministerio de Medio Ambiente, 2007a, p. 128). Otro, el estudio de recursos hidráulicos del Libro Blanco del Agua, elaborado por el Ministerio e Medio Ambiente, que “permite obtener series en cualquier punto de la red hidrográfica para el periodo 1940/41 a 1995/96. Estas series de caudales se denominan en la Oficina de Planificación del SIMPA por ser este el nombre del modelo que desarrolla el Centro de Estudios Hidrológicos (CEDEX) para su implantación” (id.).

Debido a la diferencia de metodología de cálculo utilizada, entre ambas evaluaciones existen “pequeñas variaciones”: la hecha en el Libro Blanco del Agua es un 8% superior, en valores medios, a la realizada en el Estudio de Recursos Hidráulicos de la Cuenca, cuyos resultados se presentan en el cuadro 3. Los recursos superficiales de la cuenca se elevan a 6.759 hm<sup>3</sup>/año.

**Cuadro 3. Aportación media anual de la cuenca del Guadalquivir**

Zona	Precipitación		Aportación		Coeficiente escorrentía
	mm	hm <sup>3</sup>	mm	hm <sup>3</sup>	
1. Cabecera hasta confluencia con Guadalimar	622	4.785	126	970	0,20
2. Guadiana Menor	459	3.325	60	434	0,13
3. Gandulilla-Arroyo Culebras	551	4.085	121	897	0,22
4. Guadiel-Retortillo	633	7.098	118	1.318	0,19
5. Genil	537	4.373	118	959	0,22
6. Arroyo Madre Fuente-Arroyo Pastrana	563	4.148	129	949	0,23
7. Guadalbacar-Rivera Huesna	696	3.800	148	811	0,21
8. Guadiamar	595	2.044	123	422	0,21
<b>Total cuenca</b>	<b>581</b>	<b>33.658</b>	<b>117</b>	<b>6.759</b>	<b>0,20</b>

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2007a.

Actualmente -se añade en este documento de 2007- el MMA esta realizando una ampliación de restitución del modelo SIMPA que “sin duda permitirá mejorar el conocimiento actual de la cuenca, sobre todo en la valoración de los recursos disponibles y podrá matizar los valores que actualmente se conocen...” (id).

Con respecto al efecto del cambio climático, el documento señala que se considerará su efecto “de acuerdo con las directrices que en cada momento vaya fijando la Oficina que para su estudio ha creado el MMA” (id.). Es importante, se añade, que el Plan Hidrológico de Cuenca considere el cambio climático como fenómeno que va a condicionar la gestión, en la medida en que aumentarán los fenómenos extremos: sequías e inundaciones, incrementándose su frecuencia a lo largo del siglo XXI. Los parámetros climáticos que se apuntan para el siglo

XXI ocasionarán una modificación de los valores medios y extremos. “Estos cambios tendrán una distribución territorial diferenciada en la cuenca que pueden condicionar la planificación y gestión de las sequías” (Ministerio de Medio Ambiente, 2007a, p. 143).

Asé pues, en esta fase del proceso de implementación de la DMA no se incorpora lo que ya paralelamente se estaba planteando en los borradores de la Instrucción: no se da ningún tratamiento diferenciado a las series recientes, ni siquiera se trabaja con una serie histórica larga actualizada.

### **3.2. Documento titulado *Principales problemas en materia de gestión de las aguas en la Demarcación hidrográfica del Guadalquivir (noviembre, 2007).***

“La aportación media se estima en 7.038 hm<sup>3</sup>/año para la cuenca del Guadalquivir. Es difícil evaluar los recursos disponibles, si los fijamos como la máxima demanda que se puede atender con una garantía prefijada, el Plan Hidrológico los evaluaba en 2.113 hm<sup>3</sup>/año (...) Podemos estimar que en la actualidad ascienden a 3.287 hm<sup>3</sup>/año. En estas cifras no tiene reflejo la sequía sufrida por la cuenca durante el periodo 1990/95, cuya incidencia debe discutirse en su consideración en a las garantías de suministro” (Ministerio de Medio Ambiente, 2007b, p. 82).

En esta fase se sigue sin incorporar el mandato que ya se iba perfilando en los borradores de la IPH, en los apartados correspondientes a Balances y Asignación de recursos.

“Como cifras básicas, puede decirse que la regulación superficial es ya del orden del 35% de la aportación natural y la utilización media incluyendo los acuíferos y el flujo de base de los cauces, procedente del drenaje de estos, del orden del 49%” (id., p. 83). La pregunta que inevitablemente surge es: ¿Qué tasa de utilización se alcanzará realmente teniendo en cuenta el volumen actual de extracciones y el nivel real de las aportaciones?

### **3.3. Esquema provisional de temas importantes (julio, 2008).**

“Los recursos hídricos en régimen natural asciende a 7.022 hm<sup>3</sup>/año, con una distribución anual en la que las mayores aportaciones se producen en los meses de Enero-Marzo en los que se concentra el 53% de la aportación anual. En el periodo de Junio a Octubre solo se produce el 7,5% del total anual” (Ministerio de Medio Ambiente, Marino y Rural, 2008, p. 29).

“En la actualidad se están completando los trabajos sobre la afección del cambio climático en los recursos hídricos naturales. El Plan hidrológico en su versión final estimará los recursos que corresponden a los escenarios climáticos previstos de acuerdo con estos trabajos” (id., p. 30).

“El estudio de las garantías de las demandas se está realizando con la ayuda de un programa de gestión (AQUATOOL DMA). Con él se optimiza el uso de los recursos en la cuenca (...) Las aportaciones que alimentan el modelo tienen una longitud de 66 años (1940/41 a 2005/06). Como criterio se han respetado las observadas en los embalses, completadas con los que ha obtenido la Dirección General del Agua con la aplicación del modelo SIMPA (simulación precipitación escorrentía).

Con respecto al cambio climático se dice: “En definitiva, la Demarcación va a seguir expuesta a los efectos perversos de la sequía que, ineludiblemente, seguirán acaeciendo y previsiblemente con mayor intensidad en el escenario de cambio climático que parece estar ocurriendo. En la medida en que se reduzcan los consumos, se logrará dar mayor robustez a los sistemas reduciendo su vulnerabilidad ante la falta de precipitaciones” (id., p. 183).

Es decir, en la fase del proceso de implementación de la DMA en la que nos encontramos cuando se presenta esta comunicación, en el momento de publicación del borrador de Esquema de Temas principales (ETI), la documentación actualiza las series de aportaciones con las que trabaja (hasta el año 2005/06) pero sigue sin incorporar la necesidad de contraste de series.

#### 4. El contraste de las series larga y reciente en la cuenca del Guadalquivir

##### 4.1. Descripción de los datos y zona de estudio.

Con el fin de valorar la evolución de los recursos naturales de la cuenca del Guadalquivir ante los cambios y tendencias recientes, se han utilizado los datos de aforos reales procedentes de un número significativo de estaciones con series suficientemente largas de aportaciones naturales. Las estaciones, que se sitúan en cabeceras con escasas alteraciones antrópicas de caudales debidas a extracciones o cambios de usos del suelo, aparecen recogidas en el cuadro 4:

**Cuadro 4: Tabla de los embalses de cabecera utilizados, código de los puntos de medición y características de las serie de aportaciones.**

Nombre	Punto	Año inicio	Año fin	Nº años de la serie
E01_250_X	E01_TRANCO_DE_BEAS	1945	2006	61
E05_250_X	E05_LA_BOLERA	1967	2006	39
E15_250_X	E15_GUADALMENA	1970	2006	36
E19_250_X	E19_RUMBLAR	1945	2006	60
E29_250_X	E29_GUADALMELLATO	1945	2006	61
E37_250_X	E37_BEMBEZAR	1961	2006	45
E57_250_X	E57_EL_PINTADO	1948	2006	58
E61_250_X	E61_ARACENA	1970	2006	36
E68_250_X	E68_TORRE_DEL_AGUILA	1948	2006	58

Fuente: Oficina de planificación hidrológica, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Las series de aportaciones presentan una extensión desigual de registros: las primeras comienzan en 1945 y las más cortas, las correspondientes a los embalses de Guadalmena y Aracena, comienza en 1970. El análisis de los datos está condicionado por estas características, de tal forma que las más cortas no podrán ser consideradas en algunos tratamientos.

Se han seleccionado las estaciones meteorológicas más próximas a estos embalses para poder comparar el comportamiento de las aportaciones con el de las precipitaciones. Las series pluviométricas a escala mensual que aparecen representadas en cuadro 5 y la figura 1 han sido seleccionadas y sometidas a un exhaustivo control de calidad con el fin de que posibles errores no alterasen los resultados. Tanto las series de aportaciones como de precipitaciones anuales han sido elaboradas a partir de los datos mensuales considerando años hidrológicos.

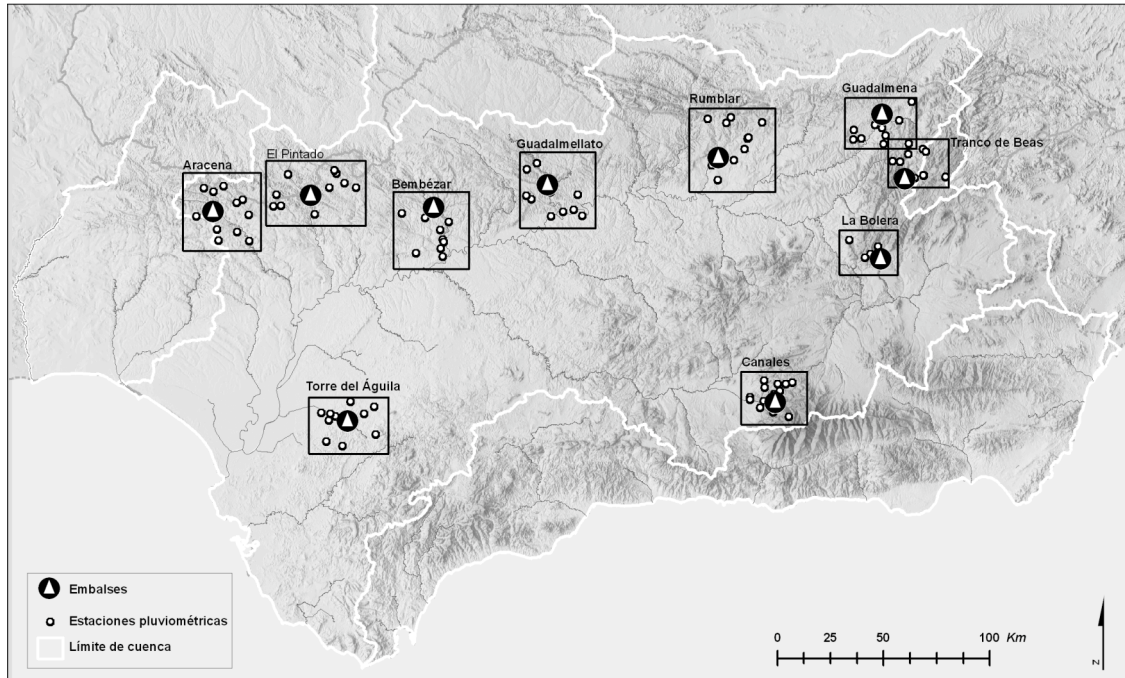


Con todas las series de precipitación de cada ámbito se ha calculado una *serie zonal* media para cada embalse.

**Cuadro 5: Zonas entorno a los embalses de cabecera, número de estaciones pluviométricas utilizadas en cada una de ellas para crear las series zonales.**

Zona	Nº estaciones	Año inicio serie zonal	Año fin serie zonal	Nº años de la serie
Tranco de Beas	11	1934	2006	71
La Bolera	7	1911	2007	96
Guadalmena	10	1915	2007	56
Rumblar	7	1915	2006	88
Guadalmellato	10	1915	2007	92
Bembézar	9	1918	2006	88
Pintado	11	1925	2006	82
Aracena	14	1951	2006	56
Torre del Águila	11	1953	2006	54

**Figura 1: Localización de las estaciones pluviométricas y de aforos consideradas en el estudio**



El número de estaciones meteorológicas varía en cada uno de los ámbitos establecidos en función de los observatorios disponibles y de la calidad y longitud de los registros de precipitación en cada uno de ellos. Como puede apreciarse en la figura 1 los embalses se sitúan principalmente en Sierra Morena, en la zona norte de la región, con un sustrato eminentemente ígneo y metamórfico de carácter impermeable. Por el contrario, la zona sur de la cuenca del Guadalquivir, delimitada por los Sistemas Béticos, presenta unas características geológicas predominantemente calcáreas y permeables, por lo que la ubicación de embalses se encuentra limitada a enclaves específicos.

#### 4.2. Análisis de las precipitaciones

Con el fin de analizar el comportamiento de las series zonales anuales de precipitación hemos calculado los valores medios para dos periodos: por un lado la serie completa, diferente en extensión para cada una de ellas, y por otro la serie reciente (1980/81-2005/06) establecida en el Reglamento de planificación hidrológica. En los cuadros 6 y 7 se presentan los valores medios para cada una de las zonas, así como para la serie de resumen de todas ellas, que no representa la totalidad de la cuenca ya que no incluye amplias zonas, como el bajo Guadalquivir. Esto explica que el valor medio de toda la serie (687,5 mm) sea superior a las cifras que normalmente se manejan para el conjunto de la cuenca (menos de 600 mm), ya que recoge las precipitaciones medias de las zonas de cabecera, más lluviosas que la media del conjunto de ella.

**Cuadro 6: Precipitaciones medias anuales en milímetros para las series zonales en diferentes periodos.**

	Aracena	Pintado	Torre del Aguila	Bembezar	Guadalmellato	Rumblar	Guadalmena	Tranco de Beas	La Bolera
<b>Nº de estaciones</b>	14	11	11	9	10	7	10	11	7
<b>Periodo</b>	1951-2006	1925-2006	1953-2006	1918-2006	1915-2006	1915-2006	1915-2006	1934-2006	1911-2006
<b>Precipitaciones medias mm/año</b>									
<b>Serie Completa</b>	810	730	600	683	606	621	573	806	744
<b>1980/81-2005/06</b>	762	666	537	670	596	567	537	759	519
<b>Incrementos en %</b>									
<b>Serie completa/Serie reciente</b>	6,3%	9,6%	11,7%	1,4%	1,7%	9,5%	6,7%	6,2%	43,3%

Fuente: Elaboración propia a partir datos de la OPH/CHG.

**Cuadro 7: Precipitaciones medias anuales en milímetros para el total de las estaciones en diferentes periodos.**

<b>Periodo</b>	<b>Total estaciones</b>
<b>Precipitación media mm/año</b>	
Serie completa	687,5
1981/82-2005/06	614,0
<b>Incrementos en %</b>	
Serie completa/Serie reciente	11,9%

Del análisis de los datos presentados se desprenden las siguientes conclusiones:

1.- Descenso generalizado de las precipitaciones en todas las zonas en el periodo más reciente 1981/82 a 2005/06 respecto a las series históricas completas de cada estación. En el conjunto de las series zonales consideradas la sobreestimación de la precipitación media anual total considerando la serie completa es del 11,9%.

2.- El decremento en la serie reciente es más marcado en la zona oriental, especialmente en el pantano de la Bolera. En términos de porcentajes supone un 43,3% entre los periodos largos y recientes, en su caso 1911-2006 y 1980-2006.

3.- Si comparamos estadísticamente estos contrastes, los valores del estadístico de la *t de Student* para la comparación de medias entre diferentes periodos, resultan ser significativas para un nivel de confianza del 95% en la zona del pantano de Torre del Aguila y la Bolera.

### 4.3. Análisis de las aportaciones

**Cuadro 8: Aportaciones medias anuales en hm<sup>3</sup>/año de las estaciones de aforo para diferentes periodos.**

Periodo	Aracena	Pintado	Torre del Aguila	Bembesar	Guadalmellato	Rumblar	Guadalmena	Tranco de Beas	La Bolera
	E61	E57	E68	E37	E29	E19	E15	E01	E05
	1970-2005	1948-2005	1948-2005	1961-2005	1945-2005	1945-2005	1970-2005	1945-2005	1967-2005
<b>Aportación media hm<sup>3</sup>/año</b>									
Serie Completa	71	140	42	217	156	83	112	208	64
1980-81-2005-06	71	128	38	180	129	61	91	161	49
<b>Incrementos en %</b>									
Serie completa/Serie reciente	--	9,4%	10,5%	20,5%	20,9%	36,1%	23,1%	29,2%	30,6%

Fuente: Elaboración propia a partir datos de la OPH/CHG.

**Cuadro 9: Aportaciones medias anuales en hm<sup>3</sup>/año del conjunto de las estaciones de aforo para diferentes periodos.**

Periodo	Total estaciones
Aportación media hm <sup>3</sup> /año	
Serie completa	1.093
1981/82-2005/06	908
Incrementos en %	
Serie completa/Serie reciente	20,4%

A la vista de los cuadros 8 y 9 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1.- La diferencia entre el periodo de las series completas y el periodo más reciente 1981/82-2005/06 se sitúa en el 20,4%. Esta diferencia entre periodos en aportaciones duplica el que se

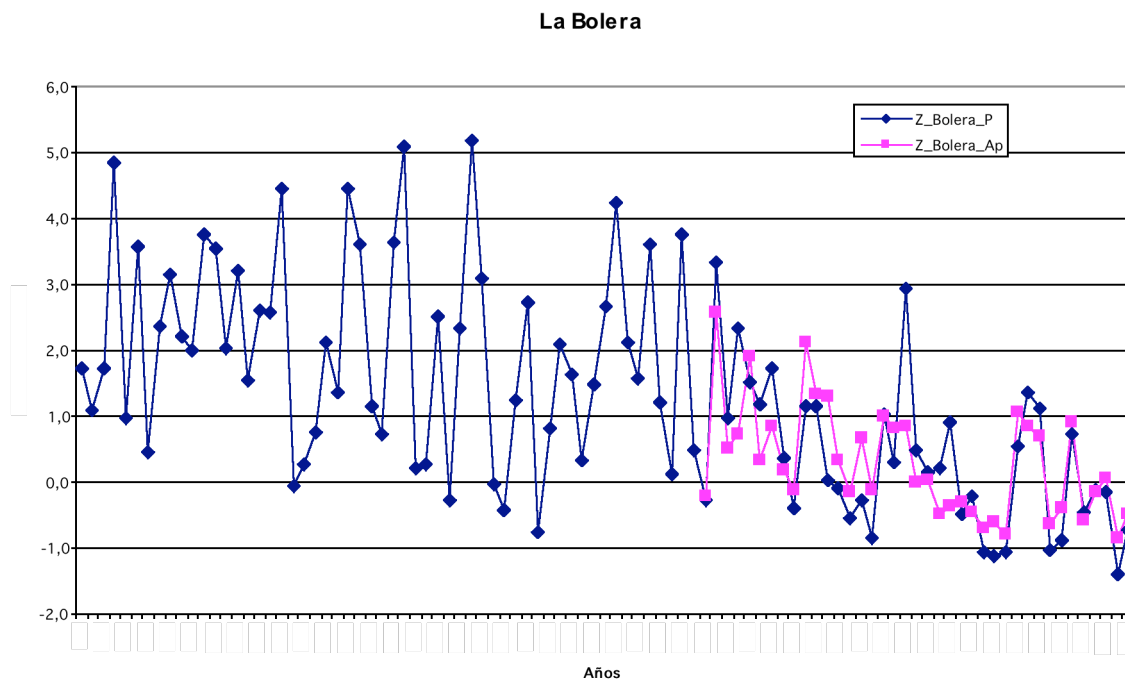
observa en precipitaciones. El máximo se presenta en el embalse del Rumblar (36,1%) y el mínimo en el Pintado (9,4%).

2.- El sector más oriental de la cuenca (Tranco de Beas, La Bolera) acusa en mayor medida el contraste (Pintado, Torre del Águila).

3.- El único valor significativo del estadístico de la *t de Student* para la comparación de medias de diferentes periodos para un nivel de confianza del 95% es la diferencia en las aportaciones del Tranco de Beas (1951-2005), confirmando el carácter más marcado de los descensos en la zona oriental.

4.- Representando la serie de precipitaciones y aportaciones del embalse de la Bolera resulta evidente la importancia de los descensos de precipitación y aportación, así como la claridad de la tendencia que se marca (Figura 2).

**Figura 2: Serie temporal de precipitaciones y aportaciones anuales estandarizadas respecto al periodo 1981/82 a 2005/06.**



## 5. Conclusiones

El principio de representatividad estadística indica que cuanto más larga sea una serie de datos aleatorios, más representativos son los parámetros estadísticos que se puedan extraer de ella. Sin embargo, la validez de este principio solo se mantiene si las variables tratadas son estrictamente aleatorias a lo largo de toda la serie de registro utilizada. Si se identifican factores que pueden estar influyendo de modo significativo en el comportamiento de estas variables las series históricas dejan de ser representativas a efectos estadísticos, aunque pueden mantener su validez con fines de conocimiento histórico de la realidad analizada

(Estevan, La Calle, Naredo, 2007). Esto es lo que ocurre con las series de datos de aportaciones de las cuencas españolas.

Las aportaciones que se vienen haciendo sobre este tema están confirmando que las series hidrológicas de periodos temporales recientes resultan más representativas que las históricas, dado que reflejan la influencia de los nuevos factores que están alterando el régimen hidrológico, factores que continuarán presente –y previsiblemente incrementándose- en los horizontes de medio y largo plazo que se pretenden contemplar en los documentos de planificación. Las series de los últimos 25 años -a las que habría que denominar series “recientes” o “actuales”, por contraposición a las series “históricas”- son suficientemente representativas en términos hidrológicos. Las series históricas pueden servir como ilustrativas de la pérdida de recursos que se está experimentando, pero no como base de la planificación.

La incorporación de las series “recientes” para la definición de los inventarios de recursos hídricos, para la asignación de recursos y los balances -gracias a la toma en consideración de las advertencias de los autores citados y a la aceptación de algunas alegaciones a los borradores iniciales de la IPH- constituye un avance normativo importante. Queda por definir, tema en el que no ha sido posible entrar en esta comunicación, cuáles han de ser las series de referencia para la definición de los recursos que habrán de ser sometidos a los descuentos por previsión de cambio climático, de acuerdo con el apartado correspondiente de la Instrucción (art. 2.4.6. Evaluación del efecto del cambio climático).

Por último, es de destacar el notable retraso y la persistente resistencia que se detecta en algunas oficinas de planificación para incorporar estos cambios de criterios.

### **Referencias bibliográficas**

Aguilar Alba, M. (2007): “Cambios y tendencias recientes en las precipitaciones de Andalucía”, en A. Sousa, L. García-Barrón y V. Jurado (coord.) *El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medio ambientales*, Sevilla, Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía, pp. 99-116.

Aguilar, M., Sánchez, E.& M.F Pita,. (2006). Tendencia de las precipitaciones en marzo en el sur de la Península Ibérica. En: *Clima, Sociedad y medio Ambiente*. Cuadrats, J.M. *et al* (Eds.): 41-51. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Serie A. Nº 5. Zaragoza.

Ayala-Carcedo, F.J. (2002): “Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en España y viabilidad física y ecológica del Plan Hidrológico Nacional 2001”, en P. Arrojo y L. del Moral, III Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, pp.

Estevan A., La Calle, A. y Naredo, J.M. (2007): *Las series hidrológicas en la instrucción de Planificación Hidrológica*, <http://www.unizar.es/fnca/docu/docu172.pdf>

Gallart, F. (2002): “Informe sobre el Plan Hidrológico Nacional”, en P. Arrojo (coord.) *El Plan Hidrológico Nacional a debate*, Bakeaz, Bilbao, pp.

Martin Barajas, S. (2007): “Reducción de los recursos hídricos”, *El Ecologista*, 55, invierno 2007/2008, pp. 34-35.

Ministerio de Medio Ambiente/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2005): *Informe resumen de los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua*, Tecnomá-Grupo TYPESA, marzo 2005.

Ministerio de Medio Ambiente/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2007a): *Estudio general sobre la Demarcación hidrográfica del Guadalquivir. Informe resumen del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua*, marzo 2007.

Ministerio de Medio Ambiente/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2007b): *Principales problemas en materia de gestión de las aguas en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*, Rev. 1 noviembre 2007.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2008): *Esquema provisional de temas importantes. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*, julio 2008.

Moreno Rodríguez, J.M. (Coord.) (2005): *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE. Informe final*, Ministerio de Medio Ambiente, Universidad de Castilla La Mancha.

Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, BOE 38472, 22 de septiembre 2008.

Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, BOE núm. 162, 7 de julio 2007.