

TENDENCIAS CLIMÁTICAS RECIENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS APORTACIONES EN EMBALSES DE CABECERA DEL GUADALQUIVIR: SU INCIDENCIA EN LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

Mónica AGUILAR ALBA¹ y Leandro DEL MORAL ITUARTE²

¹ *Departamento de Geografía Física y A.G.R, Universidad de Sevilla*

² *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla*

malba@us.es, lmoral@us.es

RESUMEN

Investigaciones recientes muestran que existen crecientes indicios acerca de la disminución de los recursos naturales en diferentes cuencas hidrográficas de la Península Ibérica. Este hecho viene confirmando la hipótesis de la sobrevaloración de las disponibilidades de agua estimadas por la planificación hidrológica. La actual Instrucción de la Planificación Hidrológica, mejorada en su versión final (10 de septiembre de 2008) respecto de los borradores anteriores, establece la necesidad de tomar en consideración este riesgo, recomendando manejar las series de aportaciones más largas disponibles pero contrastándolas con las correspondientes al periodo 1980/81-2005/06, utilizando este último para establecer los balances hidrológicos y las asignaciones de recursos a los diferentes usos.

Con este telón de fondo, en esta comunicación se analizan los posibles efectos del cambio climático sobre el tratamiento que la estimación de los recursos hídricos naturales en la documentación del nuevo Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir. El estudio de las series históricas de aportaciones de embalses de cabecera de la cuenca del Guadalquivir, y las series zonales históricas de precipitaciones, distinguiendo entre las históricas y las de periodos más recientes, pone de manifiesto la importancia de las tendencias anteriormente mencionadas en esta cuenca. Asimismo se exponen otros cambios detectados en el comportamiento de las precipitaciones con fuerte repercusión sobre los recursos hídricos. Como conclusión, en nuestro trabajo se valora la importancia de la diferenciación establecida en la Instrucción, así como la urgencia de su incorporación a fin de considerar los cambios recientes de las variables hidrológicas en el proceso de planificación.

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

ABSTRACT

There is growing evidence of declining renewable water resources in different river basins in the Iberian Peninsula. This evidence further confirms the theory of overestimation of water availability for water planning. The current Spanish Water Planning Instruction, improved in its final version (10th September 2008) over earlier drafts, establishes the need to take into account this risk and recommends managing the longest series of inputs available but contrasting them with those for period 1980/81-2005/06, using the latter to establish the allocation of water resources to different uses.

With this background, this paper examines the treatment that the estimation of natural water resources and the potential effects of climate change is having on the drafting of the new water plan of the Guadalquivir river basin. The paper analyzes historical time series of water inflows to reservoirs in the upreaches of Guadalquivir river basin and historical zonal rainfall series, distinguishing between the historical and the most recent periods. It also describes other changes detected in the behavior of precipitation with a significant impact on water resources. In conclusion, this study confirms the importance of the differentiation established in the Planning Instruction and the urgency of incorporating the recent changes in hydrological variables in the planning process.

Key words: Water resources, hydrologic planning, water policy, climate change, rainfall, water input, water balance, Guadalquivir.

1. INTRODUCCIÓN. MARCO DE REFERENCIA: EL DEBATE SOBRE LA DISMINUCIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

La reducción en cantidad y calidad de los recursos hídricos naturales, especialmente en las vertientes mediterránea y sur de la Península, se está convirtiendo en un hecho cada vez más aceptado. 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. ESTEVAN *et al.* en 2007 ya mostraban cómo las cuencas del Segura, Júcar y Tajo, alcanzaban valores de reducción en torno al 40% al comparar las series históricas 1940/41 a 2005/06 y las series de los últimos 25 años 1981/82 a 2005/06. El caso más significativo y bien conocido es el trasvase Tajo-Segura, con previsiones de 600 hm³/año de caudales transferidos, ampliables en una segunda fase a 1000 hm³/año, que contrastan con una media real de trasvase de 300 hm³/año en sus 25 años de funcionamiento.

Actualmente, la evaluación correcta de recursos naturales adquiere una especial importancia en la aplicación de la Directiva Marco de Agua, 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. A estos factores se añade, cada vez con más verosimilitud, el cambio climático, con una más que posible elevación de temperaturas y el correspondiente incremento de la evapotranspiración, y una menos concluyente disminución de las precipitaciones (AYALA-CARCEDO, 2002; MORENO, 2005). El propio Ministerio de Medio Ambiente (MMA) añade que el Plan Hidrológico de Cuenca debe considerar el cambio climático como fenómeno que va a condicionar la gestión, ya que éste ocasionará para el siglo XXI 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, 2007).

Nuestro estudio recoge cómo este problema es tratado en los documentos de Planificación Hidrológica a nivel nacional y para la cuenca del Guadalquivir. Todavía no se han aprobado, para la Cuenca del Guadalquivir, el *Esquema de Temas*

Importantes, previo a la presentación del Borrador del Plan de Cuenca. Es probable que en estos momentos se estén completando los trabajos sobre la afección del cambio climático en los recursos hídricos naturales y se espera que el Plan Hidrológico, en su versión final, estime los recursos que corresponden a los escenarios climáticos previstos e incorpore las directrices de la Instrucción.

1.1. La Instrucción de planificación hidrológica (Orden ARM/2656/2008).

En el texto aprobado el 10 de septiembre de 2008 se especifica que las variables deberán ser tratadas “para el mayor periodo temporal que permitan los datos disponibles, que comprenderá en cualquier caso los años hidrológicos 1940/41 a 2005/06” (Instrucción PH, septiembre 2008). Con respecto a las estadísticas de las series y el apartado dedicado a balances se establece que “todas estas variables se calcularán tanto para la serie completa como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2005/06 (...). Los balances se realizarán con las series de recursos hídricos correspondientes a los períodos 1940-2005 y 1980-2005, debiendo recogerse en el Plan las principales diferencias entre los resultados correspondientes a cada periodo” (id). Esta referencia explícita pone de manifiesto la aceptación del riesgo ante los cambios que se están detectando, y la necesidad de confeccionar el inventario de recursos hídricos naturales de una forma representativa de la situación actual de dichos recursos.

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

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 actual debate sobre las series hidrológicas a utilizar para su evaluación. Posteriormente, 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 que puntualiza: “habiéndose obtenido series mensuales de 55 años de longitud (1942/43 a 1995/96), (Otro) y el estudio de recursos hidráulicos del Libro Blanco del Agua, que “permite obtener series en cualquier punto de la red hidrográfica para el periodo 1940/41 a 1995/96” (Ministerio de Medio Ambiente, 2007a). Actualmente el MMA ha implementado el Sistema Integrado de Modelización Precipitación-Aportación (SIMPA), que sin duda contribuirá a mejorar el conocimiento actual de los recursos disponibles en la cuenca.

Así pues, en esta fase del proceso de implementación de la DMA en la que nos encontramos, con el borrador de Esquema de Temas Importantes (ETI) aún sin aprobar y a la espera de la publicación inminente del *Borrador del Plan Hidrológico de la Cuenca*, no se incorpora aún lo que plantea la Instrucción. 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 históricas con las series más recientes.

Con el fin de poner de manifiesto la necesidad de que esto ocurra, así como de contribuir al conocimiento de los cambios recientes y su distribución territorial diferenciada en la cuenca, se analiza a continuación el comportamiento de la precipitación y las aportaciones, tal como se recomienda en el citado documento

(Ministerio de Medio Ambiente, 2007a). Así pues, las series zonales anuales se analizan para dos periodos: por un lado la serie completa, “histórica” y, por otro, la serie reciente (1980/81-2005/06) establecida en el Reglamento de Planificación Hidrológica.

2. COMPARACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES Y APORTACIONES.

La evolución de los recursos naturales de la cuenca del Guadalquivir ante los cambios y tendencias recientes, ha sido analizada por los autores de esta comunicación en un estudio previo, utilizando los datos de aforos reales procedentes de un número significativo de estaciones y con series suficientemente largas de aportaciones naturales (AGUILAR y DEL MORAL, 2008). En el cuadro 1 se presentan los valores medios de la serie de la serie resumen, que no representa la totalidad de la cuenca, ya que las estaciones meteorológicas seleccionadas son las más próximas a los embalses, no incluyendo amplias zonas de la cuenca 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 recogen las precipitaciones medias de las zonas de cabecera, más lluviosas que la media de su conjunto.

Periodo	Precipitación media mm/año	Aportación media hm ³ /año
Serie completa	687,5	1.093
1981/82-2005/06	614,0	908
Incrementos en porcentajes (%)		
Serie completa/ 1981/82-2005/06	11,9%	20,4%

Tabla 1: PRECIPITACIONES Y APORTACIONES MEDIAS ANUALES EN LA CUENCA PARA DIFERENTES PERIODOS.

Del análisis de los datos presentados se desprende que existe un descenso generalizado de las precipitaciones y de las aportaciones en la cuenca, respecto a las series históricas completas de cada estación, en el periodo más reciente 1981/82 a 2005/06. En el conjunto de las series zonales consideradas, la sobreestimación de la precipitación media anual total, considerando la serie completa, es del 11,9%, diferencia que se duplica para las aportaciones con un 20,4 %. En el análisis detallado realizado en nuestro trabajo precedente, se observa que el decremento en la serie reciente es más marcado en la zona oriental de la cuenca, especialmente en el pantano de la Bolera y el Tranco de Beas (Jaén), lo que en términos de porcentajes supone un 43,3% de disminución en las precipitaciones en esta zona.

3. OTRAS EVIDENCIAS DE CAMBIO EN LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN ANDALUCÍA

Desde hace unas décadas, se detectan alteraciones significativas en las variables climáticas, cuyo impacto sobre los recursos hídricos pone de manifiesto la necesidad de tenerlas en consideración en la gestión del agua. Las series históricas que aportaban una

mayor robustez estadística en las estimaciones, deben dar paso a una valoración basada en las tendencias recientes, con el fin de garantizar escenarios de gestión realistas y prudentes ante los cambios futuros del clima.

Expondremos a continuación, brevemente, las modificaciones más significativas en las variables climáticas en la cuenca del Guadalquivir, poniendo de manifiesto las diferencias que se observan entre los dos periodos establecidos. En algunos casos utilizaremos como ejemplo ilustrativo el observatorio de Aracena, en la Sierra de Huelva, del que hemos podido disponer de las series históricas y actualizadas de precipitación y temperatura.

3.1. Disminución de las precipitaciones mensuales.

El MMA recoge que en la cuenca del Guadalquivir “los recursos hídricos en régimen natural asciende a 7.022 hm³/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). Esta caracterización puede verse considerablemente modificada a la luz de los cambios que están experimentando las variables hidrológicas.

Mientras que las series anuales de precipitación en Andalucía no muestran aún una disminución significativa, hace ya tiempo que los descensos de estas series en la primavera, significativos estadísticamente para el mes de marzo, son constatados en el suroeste peninsular. Destacar en Andalucía los estudios dedicados al comportamiento y descenso de las precipitaciones en la zona más occidental (PITA *et al.*, 1999; GARCÍA-BARRÓN, 2002; PAREDES *et al.*, 2006; AGUILAR *et al.*, 2006). Estos trabajos ponen de manifiesto cómo esta disminución se inicia en 1960 y supone un decremento en torno a un 50%, para los totales pluviométricos de marzo, presentando matices espaciales, y resaltando un *gradiente* de oeste a este y hacia la vertiente mediterránea, donde los valores son notablemente inferiores (por debajo de un 20%) (AGUILAR, 2007). Incluso las series más recientes, procedentes de datos modelizados del Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) del MMA, muestran estos mismos cambios para la cuenca del Guadalquivir (ver figura 1).

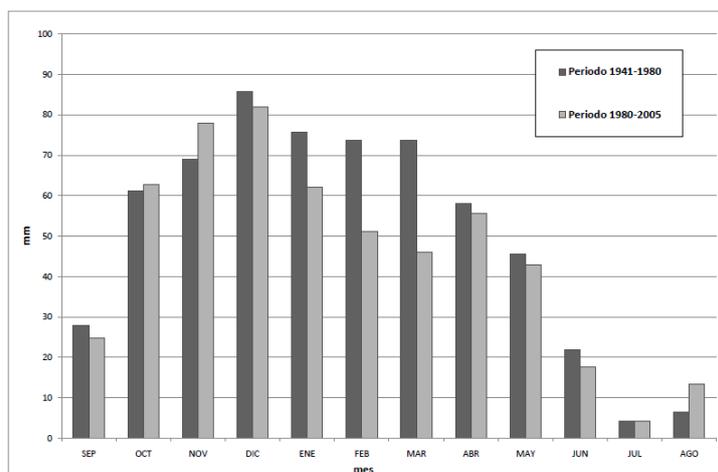


Figura 1. PRECIPITACIONES DE LOS PERODOS 1941-1980 y 1980-2005.
Elaboración propia a partir de los datos del SIA.

Las precipitaciones mensuales en la cuenca muestran un leve aumento en los meses de octubre y noviembre en el periodo más reciente, frente a una clara disminución a partir de diciembre que se mantiene hasta junio. Resultan significativas las diferencias entre ambos periodos para el mes de febrero y marzo, fenómeno común, como ya hemos comentado, a todo el suroeste peninsular. En el contexto de un cambio climático, es bien conocida la fase positiva que a partir de mediados de la década de los setenta, experimenta la NAO que explica estos descensos en las precipitaciones ligados a un aumento de las situaciones anticiclónicas en el sur de Europa. CASSOU *et al.* (2004) analizan el desplazamiento del centro de acción de las Azores hacia el NE como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero, lo que explicaría el impacto del calentamiento global sobre la circulación atmosférica y la disminución de la precipitación en la Península Ibérica.

Si observamos esta tendencia decreciente en el mes de marzo tomando como ejemplo el observatorio de Aracena hasta el 2010, comprobamos que este comportamiento se mantiene a pesar de la recuperación experimentada en el año 2001 y siguientes.

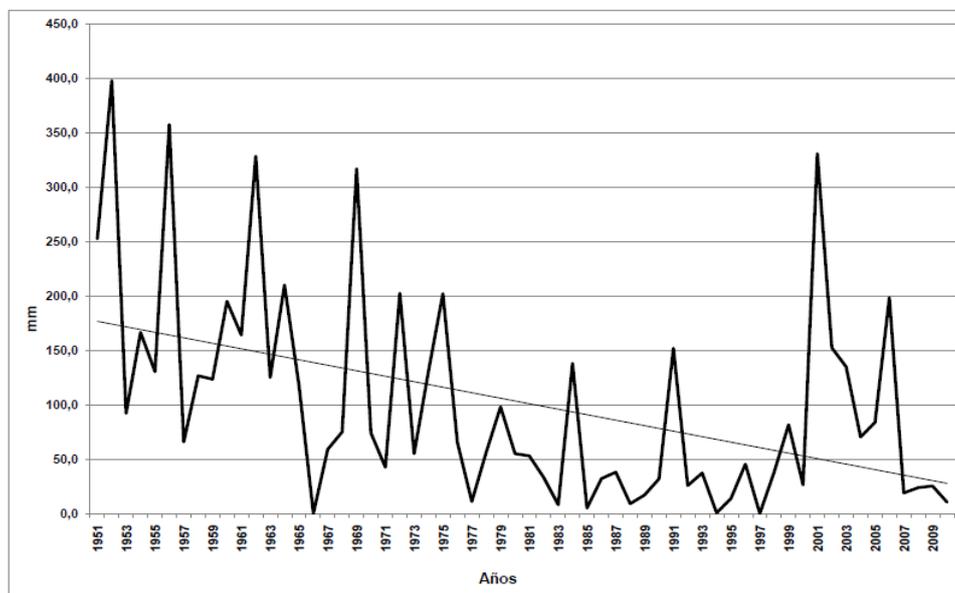


Figura 2. SERIE DE PRECIPITACIONES DE MARZO DEL OBSERVATORIO DE ARACENA (HUELVA) 1951-2010.

3.2. Aumento de la variabilidad. Índice Específico de Disparidad

Los cambios detectados en las precipitaciones no sólo se limitan a una cierta redistribución de las cantidades precipitadas dentro del régimen de anual, sino que van unidas también a un aumento de la variabilidad interanual. El índice de Disparidad Específico propuesto por GARCÍA-BARRÓN *et al.* (2010) para la cuenca del Guadalquivir muestra claramente como, desde los años noventa, el contraste entre los valores de un año a otro se incrementa y alcanza valores no registrados anteriormente en la serie (ver figura 3). Este comportamiento va más allá de un aumento de la variabilidad en términos de eventos extremos, supone un incremento del contraste o disparidad entre los valores anuales sucesivos en la última década, lo cual introduce un margen de incertidumbre mayor en las estimaciones del recurso.

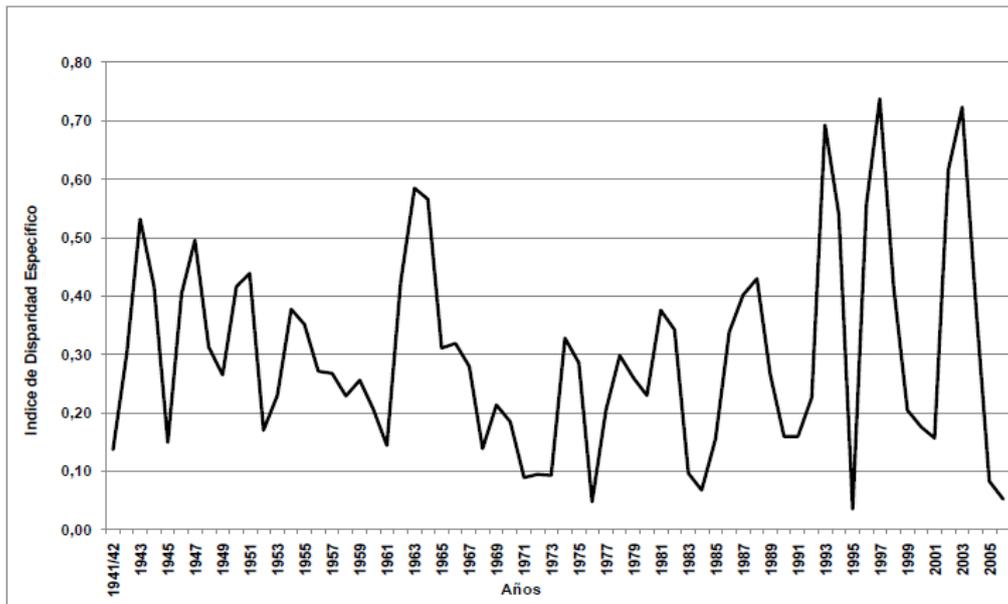


Figura 3: ÍNDICE DE DISPARIDAD ESPECÍFICA

3.3. Alteración de los balances hídricos

Por último si relacionamos todos los cambios en las variables climáticas mediante el análisis de los balances hídricos en la cuenca podemos evaluar los impactos que para los ecosistemas puede suponer. En las figuras 4 y 5 se representan los balances para los dos periodos de estudio en el observatorio meteorológico de Aracena en la Sierra de Huelva elaborados mediante el programa Hidrobio (CÁMARA y MARTÍNEZ, 2007).

Aunque los balances dependen del tipo de suelo, que condiciona la capacidad de reserva de agua del mismo, y del tipo de vegetación predominante, presentamos un ejemplo sencillo que sólo pretende poner de manifiesto las posibles consecuencias de los cambios que venimos comentando. Este ejemplo no es representativo, obviamente, de toda la cuenca que presenta diferencias espaciales muy notables.

Lo primero que llama la atención es, como ya hemos comentado anteriormente, la importante disminución de los excedentes en los meses de enero a marzo, siendo estos descensos más notables en este último mes (alrededor de los 60 mm de diferencia entre un periodo y otro). El comportamiento del otoño se mantiene similar entre los dos periodos; la recarga del suelo se realiza en su totalidad en el mes de octubre y únicamente el mes de noviembre registra un aumento de las precipitaciones en el periodo 1980-2006 respecto al anterior. Finalmente, los cambios en el verano son también llamativos, junio deja de ser un mes excedentario, pasando el balance hídrico a ser negativo, y adelantándose la utilización de la reserva del suelo un mes (para el último periodo y para este lugar). Esto supone un adelanto de la estación seca y desfavorable para los ecosistemas, y un “alargamiento” del verano en términos hídricos.

La importancia de las fuertes disminuciones en el mes de marzo se debe no solo al descenso de aportaciones, sino al hecho de que es el último mes con balance excedentario. A partir de abril, cuando las temperaturas comienzan a ser elevadas, aumenta evapotranspiración, y desaparecen las precipitaciones “útiles” en términos

superficiales. La efectividad de estas lluvias posteriores es muy pequeña, al superar la evapotranspiración potencial a las precipitaciones registradas. Estos cambios, unidos al incremento de las temperaturas y la evapotranspiración real, no sólo modifican diversos aspectos del ciclo hidrológico, sino también la demanda de recursos hídricos (aumento de las demandas de riego, usos residenciales, etc). Además, los impactos podrán ser tanto cuantitativos como cualitativos (deterioro de la calidad de las aguas, cambio en la composición de especies, proliferación de algas, intrusión salina en el litoral) (GIANANTE, 2007). Por todo ello, la planificación hidrológica debe adaptarse a estos cambios que se constatan en el clima de la región, buscando estrategias que permitan mitigar sus consecuencias adversas.

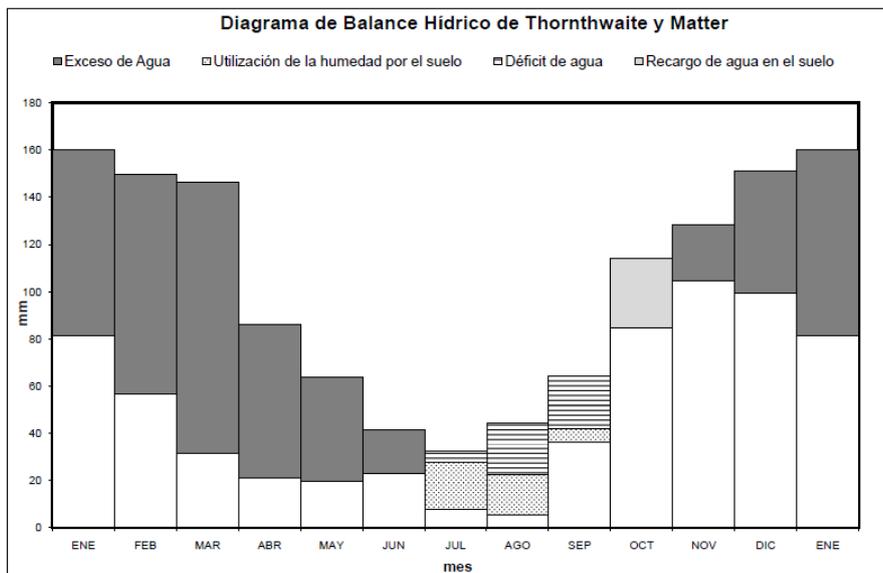


Figura 4. Balance hídrico 1951-1980 en Aracena (Huelva)

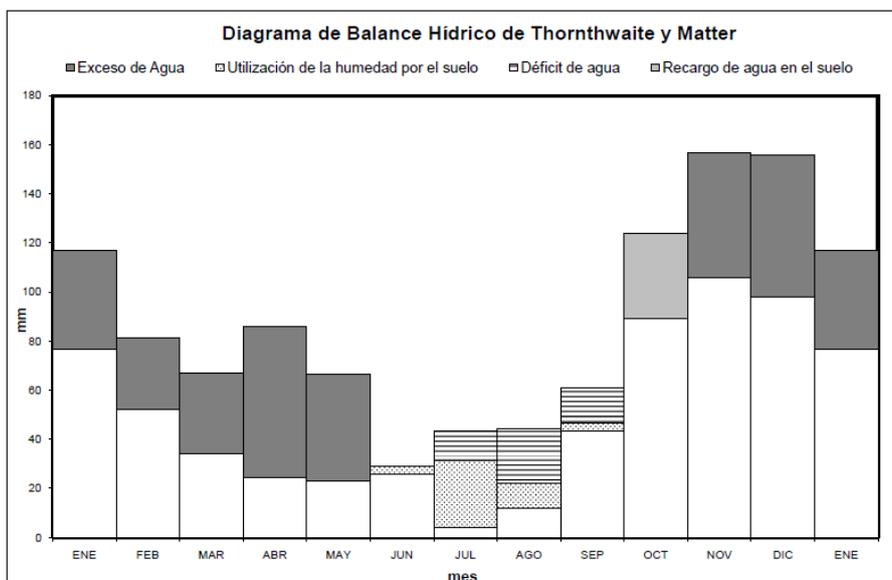


Figura 5: Balance hídrico 1981-2005 en Aracena (Huelva)

4. 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 y 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 presentes –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 y para la asignación de recursos y los balances en la normativa vigente (Instrucción de Planificación Hidrológica Orden ARM/2656/2008) 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).

La gestión del agua debe plantearse nuevos retos en la estimación y asignación de los recursos antes los cambios citados que disminuyen las garantías de disponibilidad. Ante el aumento de la irregularidad, tanto de las precipitaciones como de los caudales fluviales, habrá que incorporar otros métodos, como los coeficientes de variación o el índice de irregularidad específico, para poder tener en consideración la variación de las pautas temporales de las aportaciones. Será necesario establecer metodologías de evaluación basadas en escenarios para poder desarrollar técnicas de adaptación que permitan ajustes progresivos en el tiempo.

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.

5. AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Investigación Fundamental no orientada 2009 “Efecto del calentamiento global sobre la concentración atmosférica de esporas en el suroeste de Andalucía, y su

repercusión en las alergias respiratorias” CGL2009-10883. Proyecto MEC “Cambios climáticos recientes y riesgo de reaparición de la malaria en Andalucía Occidental (España) ([CGL2006-07194](#)). Grupo de Investigación Estructuras y Sistemas Territoriales (GIEST), código HUM 396.

6. REFERENCIAS

AGUILAR ALBA, M., SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, E. y PITA LÓPEZ, M.F. (2006). Tendencia de las precipitaciones en marzo en el sur de la Península Ibérica. En: *Clima, Sociedad y medio Ambiente*. CUADRAT, J. M. *et al* (Eds.): 41-51. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Serie A. Nº 5. Zaragoza.

AGUILAR ALBA, M. (2007). Cambios y tendencias recientes en las precipitaciones de Andalucía. En SOUSA, A., GARCÍA-BARRÓN, L. y JURADO, V. (coord.) *El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medio ambientales*, Sevilla, Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía, pp. 99-116. On-line: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web>.

AGUILAR ALBA, M. y DEL MORAL ITUARTE, L (2008). *Evolución de las aportaciones en embalses de cabecera del Guadalquivir: relación con las tendencias climáticas recientes y repercusión en la planificación hidrológica*. VI Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas, Fundación Nueva Cultura del Agua, Vitoria. On-line: <http://www.fnca.eu/congresoiberico/documentos/c0208.pdf>

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 ARROJO, P. y DEL MORAL, L. *III Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua*, Sevilla.

CÁMARA ARTIGAS, R. y MARTÍNEZ BATLLE, J.R. (2007). *HidroBio. Plantilla de balances hídricos y bioclimáticos*. Grupo de Trabajo Estudios Tropicales y Cooperación al Desarrollo. Grupo PAI Cuaternario y Geomorfología RNM 273. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla.

CASSOU, C., TERRAY, L., HURREL, J. y DESER, C. (2004). North Atlantic climate regimes: spatial asymetry, stationarity with time and oceanic forcing. *Journal of Climate* 17: 1055-1068.

ESTEVAN A., LA CALLE, A. Y NAREDO, J.M. (2007). *Las series hidrológicas en la instrucción de Planificación Hidrológica*. On-line: <http://www.unizar.es/fnca/docu/docu172.pdf>

GARCÍA-BARRÓN, L. (2002). Evolución de las precipitaciones estacionales en el Suroeste español; posibles efectos ambientales. En GUIJARRO, J. A, GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, E. (Eds.). *El agua y el clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Palma de Mallorca, pp. 209-218.

GARCÍA- BARRÓN, L. AGUILAR ALBA, M. Y SOUSA MARTÍN, A. (2010). Evolution of annual rainfall irregularity in the southwest of the Iberian Peninsula, *Theoretical and Applied Climatology*. DOI. 10.1007/s00704-010-0280-0.

GIANSANTE, C. (2007). *El cambio climático y los recursos hídricos en el territorio andaluz*. Agencia Andaluza del Agua. Junta de Andalucía. Sevilla (En prensa)

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 Y MEDIO RURAL Y MARINO/CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR (2008). *Esquema provisional de temas importantes. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*, julio 2008.

MORENO RODRIGUEZ, 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.

PAREDES, D., TRIGO, R. M., GARCÍA-HERRERA, R. y FRANCO TRIGO, I (2006). Understanding Precipitation Changes in Iberia in Early Spring. Weather Typing and Storm-Tracking Approaches. *Journal of Hydrometeorology* 7: 101–113.

PITA LÓPEZ, M. F., CAMARILLO NARANJO, J. M. y AGUILAR ALBA, M. (1999). La evolución de la variabilidad pluviométrica en Andalucía y sus relaciones con el índice de la NAO. En RASO NADAL, J. M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.). *La climatología española en los albores del siglo XXI*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Serie A. nº 1. Barcelona, pp. 399-408.

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.

SISTEMA HIDROLÓGICO DE AGUA (SIA). Ministerio de Medio Ambiente. On-line: <http://servicios3.mma.es/siagua/>