

ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL TRATAMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PROYECTO DE PLAN HIDROLÓGICO DE LA DEMARCACIÓN DEL GUADALQUIVIR

Aguilar, M.* y Del Moral, L.**

*Departamento de Geografía Física y A.G.R, Universidad de Sevilla, malba@us.es

**Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla, Imoral@us.es

RESUMEN

Desde el 15 de diciembre de 2010 se encuentra en información pública el borrador del plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir, etapa clave del proceso de planificación previsto por la Directiva Marco de Agua (DMA). En esta comunicación se presenta un análisis de los contenidos de este documento referidos al cambio climático: información climática manejada, tratamiento de las series de referencia, cuantificación de los recursos actuales y futuros, diferencias espaciales, consideración de la incertidumbre, etc. Se continúa así la línea de trabajo iniciada por los autores (Aguilar y Del Moral, 2008 y 2010) centrada en el seguimiento del tratamiento de las variaciones y tendencias climáticas, así como sus efectos sobre la estimación de los recursos hídricos naturales, en las anteriores etapas del proceso de planificación en el Guadalquivir. Los resultados confirman la importancia de la incorporación en el proceso de planificación de un análisis y consideración riguroso de la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático, así como las grandes lagunas todavía existentes y el gran trabajo por realizar en este tema.

Palabras clave: Planificación hidrológica, cambio climático, recursos hídricos, Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

1. INTRODUCCIÓN. MARCO DE REFERENCIA: EL DEBATE SOBRE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL AGUA Y LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

El proceso de implementación de la DMA en Europa está poniendo de manifiesto la necesidad urgente de profundizar en el análisis de las relaciones entre la gestión del ciclo integral del agua y los componentes ambientales, económicos y sociales de los territorios. Entre estos fenómenos complejos de carácter socio-natural destacan los impactos del cambio climático, de indiscutible importancia para la formulación de cualquier estrategia de gestión sostenible del agua. La planificación del agua no puede seguir ignorando las perturbaciones climáticas que ya están afectando y que, muy probablemente, cada vez afectarán con más intensidad y frecuencia tanto al régimen de las aguas, como a la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos.

A finales del 2004, el Joint Research Centre de Ispra (JRC, Centro de Investigación Conjunta) publicó el informe *Climate Change and the European Water Dimension* (JRC, 2004), en el que aportaba un análisis del problema y formulaba unas hipótesis sobre los posibles impactos del cambio climático en las aguas europeas. En este documento ya se señalaba que, pese a que los datos disponibles no permitían en aquel momento definir escenarios totalmente fiables, era necesario comenzar a actuar para evitar que el cambio climático anulara los objetivos de la implantación de la DMA. De hecho, la Directiva Marco del Agua no ha contemplado hasta la fecha estos elementos futuros, si bien en Europa ya se están realizando reflexiones y planteamientos importantes con vistas a incorporar el cambio climático en la agenda de la Directiva y en el proceso de elaboración de los planes de gestión de cuenca, como el reciente documento de la Comisión Europea *Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/ec)*. Guidance document no. 24 river basin management in a changing climate (European Commission-Environment, 2009). En España diversas instituciones y administraciones responsables de la gestión del agua han comenzado ya a abordar el tema, lo que se traduce en la producción de documentos técnicos y de divulgación sobre los efectos e impactos del cambio climático a escala de demarcación hidrológica. Este es el caso de la Agencia Catalana de l'Aigua, que como resultado de su 3er Convenio con la Fundación Nueva Cultura del Agua, publicó un importante documento titulado *Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña*; y de la Oficina de Cambio Climático de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha (Domínguez Padilla *et al.*, 2009).

El sector de los recursos hídricos es un sector estratégico en sí mismo y por su influencia directa en la práctica totalidad de los sectores socioeconómicos y los sistemas ecológicos españoles. Todas las evidencias y proyecciones climáticas apuntan a que dichos recursos se verán seriamente afectados por el cambio climático (Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, 2008). Entre dichos efectos generales se pueden destacar: cambios en la temperatura y en la calidad del agua, cambios en los caudales circulantes en los ríos, cambios en la recarga de acuíferos, afecciones en la disponibilidad de agua, aumento de la frecuencia de acontecimientos extremos (inundaciones y sequía), disminu-

ción de humedales, cambios de localización de ecorregiones, aumento y la expansión de especies invasoras, incremento del nivel del mar en la línea litoral, las intrusiones salinas en acuíferos costeros o la erosión de playas (Galviati, 2009, 324).

A pesar de que los efectos del cambio climático constituyen un elemento de incertidumbre importante en la disponibilidad futura de agua, los modelos climáticos e hidrológicos permiten, desde hace ya tiempo, trabajar con todas estas variables en la planificación hidrológica para conocer los impactos a escala regional. En España los modelos desarrollados por el CEDEX estiman una reducción del promedio de aportaciones del 8% en la cuenca del Guadalquivir, a lo que hay que añadir el incremento de la variabilidad estacional e interanual. Muy probablemente se agudizará el régimen hidrológico estacional, con una marcada reducción de aportaciones en verano, que, en determinados casos podría compensarse parcialmente con ciertos incrementos en invierno. Esta polarización estacional del régimen también será acusada a nivel interanual, a pesar de que los diferentes modelos no revelan una tendencia clara y tal incremento únicamente sería significativo para horizontes a largo plazo. Como en otras cuencas, las aportaciones mínimas anuales difícilmente descenderán más de lo observado hasta la fecha en el registro histórico, pero sí que se podría incrementar (incluso duplicar) la frecuencia de lo que hoy se consideran años secos, así como los déficits hídricos asociados (Prat y Manzano, 13).

Por otro lado, en la actualidad se registra ya un importante estrés hídrico en bastantes sistemas de gestión en ausencia del cambio climático. Los aumentos previsibles en la demanda futura, básicamente debidos a la expansión e intensificación de los usos del suelo, muestran además una tendencia a un notable incremento de dicho estrés. Al margen de las mejoras que vayan implantándose (ahorro y eficiencia en el uso del agua, reutilización y otros recursos nuevos o recuperados), el cambio climático puede conllevar un aumento del estrés hídrico que avance o anticipe la superación generalizada de la capacidad de servicio máxima de muchos sistemas. A la reducción de las aportaciones hay que añadir los efectos indirectos en la disminución de la disponibilidad de agua, como, por una parte, el empeoramiento de la calidad de los recursos (que comportará un encarecimiento de su tratamiento) y, por otra, los cambios que la mayor variabilidad de los regímenes fluviales y la creciente posibilidad de mayores lluvias torrenciales ocasionarán en la revisión de los resguardos de los embalses y en la disminución de sus volúmenes de regulación disponibles (Prat y Manzano, 14).

Además, el aumento que globalmente se acepta para la temperatura media del orden de 2 °C en el horizonte temporal del 2025 puede dar lugar a incrementos de usos domésticos por efectos térmicos en torno al 5 %, pese a que algunas referencias hablan de hasta un 12 % y otras fuentes apuntan a aumentos de un 3 % por cada grado de subida de la temperatura media. Tal crecimiento vendría dado por una mayor demanda para higiene y confort personales; por el incremento de la demanda de parques, jardines y otros ámbitos públicos, y por un posible aumento de la desestacionalización de las actividades de ocio (piscinas, parques acuáticos, etc.). Si bien es cierto que la demanda de agua para usos residenciales también podría incrementarse, de una manera incluso más acusada que por el mero efecto climático, si se sigue ampliando el modelo de crecimiento de baja densidad, con proliferación de jardines y piscinas (Prat y Manzano, 18).

Avanzando en las implicaciones del cambio global y del cambio climático, las modificaciones en el régimen de caudales inducidos por ellos pueden obligar a revisar los valores de referencia contemplados hoy en día y a modificar, en su caso, los programas de medidas dimensionados para cada caso. Los objetivos de calidad pueden verse afectados y quizás deberán reconsiderarse para ajustarlos al nuevo contexto ambiental. En la misma línea, la validez de las series históricas en que se basan los estudios sobre garantía y disponibilidad de recursos puede verse puesta en tela de juicio en el futuro, aún en el caso de que se apliquen las cautelas de la Instrucción de la Planificación Hidrológica. Además, estos elementos de cambio podrían estar adelantándose, de manera que los horizontes de la Planificación Hidrológica (2015, 2021 y 2027), anteriores al año 2040 que a menudo se utiliza a modo de referencia clave en los estudios sobre el cambio climático, deberán incorporar la necesidad de replantearlos (Prat y Manzano, 19).

2. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL TRATAMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN EN LA DEMARCACIÓN DEL GUADALQUIVIR.

El Reglamento de la Planificación Hidrológica –aprobado en el Real Decreto 907/2007–, incluye en su articulado referencias explícitas que marcan la necesidad de evaluar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Concretamente, el R.D. 907/2007 incluye dos artículos donde se integra la adaptación al cambio climático en la planificación de los recursos hídricos:

Artículo 11. *Inventario de recursos hídricos naturales [...]*

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 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 demar-*

cación 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 (Reglamento de la P.H., 2007).

Por su parte, la posterior Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) (Orden ARM/2656/2008) especifica que las variables hidrológicas 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" (IPH, septiembre 2008, citado en Aguilar y del Moral, 2008). Con respecto a las estadísticas de las series y en 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). Más adelante, en el artículo 3.5.3., dedicado a "Asignación y reserva de recursos", la IPH establece que: "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...".

Esta referencia explícita pone de manifiesto la aceptación del riesgo ante los cambios que se están detectando, y la necesidad de confeccionar el inventario, los balances y la asignación de recursos hídricos naturales de una forma representativa de la situación actual de dichos recursos. Como señalamos en nuestro trabajo anterior (Aguilar y del Moral, 2008), la incorporación de estos planteamientos en la IPH merece ser valorada positivamente.

Por lo que se refiere a la transposición de estas consideraciones en el proceso de planificación de la Demarcación del Guadalquivir, hay que señalar que 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, citado en Aguilar y del Moral, 2008) 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, 128, citado en Aguilar y del Moral, 2008). Otro, el estudio de recursos hidráulicos del Libro Blanco del Agua, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente, que "permite obtener series en cualquier punto de la red hidrográfica para el periodo 1940/41 a 1995/96." (id.). Actualmente -se añade en este documento de 2007- el MMA está 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" (MMA, 2007a, 143, citado en Aguilar y del Moral, 2008). Así pues, en esta fase del proceso de implementación de la DMA no se incorpora lo que ya paralelamente se estaba planteando en los diferentes borradores de la IPH que se iban conociendo: no se da todavía ningún tratamiento diferenciado a las series recientes, ni siquiera se trabaja con una serie histórica larga actualizada.

Algo más tarde, en el Documento titulado *Principales problemas en materia de gestión de las aguas en la Demarcación hidrográfica del Guadalquivir* (noviembre, 2007) se señala: "La aportación media se estima en 7.038 hm³/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 hm³/año (...). Podemos estimar que en la actualidad ascienden a 3.287 hm³/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" (MMA, 2007b, 82, citado en Aguilar y del Moral, 2008). Por lo tanto, en esta fase seguía sin incorporarse el mandato que ya se iba perfilando en los borradores de la IPH, en los apartados correspondientes a Balances y Asignación de recursos.

Por su parte, un año después, en el *Esquema provisional de temas importantes* (julio, 2008) se establece que: "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, 29, citado en Aguilar y del Moral, 2008). "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., 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)".

Es decir, en todo el proceso de implementación de la DMA previo a la presentación de proyecto de Plan Hidrológico la documentación actualiza las series de aportaciones con las que anteriormente trabajaba (hasta el año 2005/06), pero sigue sin incorporar la necesidad de contraste de series.

3. AVANCES DE LA PROPUESTA DE PLAN HIDROLÓGICO DEL GUADALQUIVIR EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La publicación de la Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir el 15 de diciembre ha significado un cambio notable en la situación anteriormente descrita (MMARM, 2010).

El primero de los avances de la nueva documentación es el cumplimiento de la Instrucción de la P.H. en la que se establece, como ya hemos comentado, la necesidad de tomar en consideración el riesgo de sobrevaloración de los recursos disponibles, ordenando manejar las series de aportaciones más largas disponibles, pero contrastándolas con las correspondientes al periodo más reciente 1980/81-2005/06.

Serie de Aportaciones (Hm ³ /año)			
	1980/82-2005/2006	1940/41-2005/2006	Diferencia
Media	5.754	7.043	1.289 (18,3 %)
Mediana	3.851	5.078	1.227 (24,16%)

Fuente: Basado en la Tabla 18. Memoria de P.H. del Guadalquivir (71).

Tabla 1: Recursos hídricos disponibles en la DHG.

Por su parte, en el Anejo nº 2 *Inventario de recursos hídricos* se analiza, en el apartado 4.3. (25-49), los estadísticos de las series hidrológicas en la demarcación, incluyendo los estadísticos de las series de precipitación (mm/año) y aportación total (hm³/año) por zonas (26 y sgtes.), diferenciando los resultados de aplicar la serie larga o la serie reciente, como ordena la IPH, las series mensuales por zonas y subcuencas (33 y sgtes.) y los contrastes entre aportaciones y registros (44 y sgtes.).

Por otra parte, la propuesta de proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir incorpora ciertas consideraciones sobre los impactos del cambio climático. Una de las principales recomendaciones de la Comisión Europea establece que deberá realizarse una evaluación de las presiones directas e indirectas del clima, así como que la revisión de los conocimientos existentes pueden poner de manifiesto las lagunas de información y contribuye al desarrollo de estrategias que fomentan la capacidad de adaptación para la gestión de los riesgos climáticos al aumentar el conocimiento sobre los mismos en las cuencas hidrográficas (European Commission, 2009). En ese sentido, la Memoria del Proyecto recoge un apartado dedicado específicamente a los "Impactos del cambio climático" donde se hace una ligera incursión en la evaluación de los efectos sobre la demanda agraria de la cuenca (MMARM, 2010, 169, figura 65). Los Estados miembros están obligados a llevar a cabo una revisión del impacto de las actividades humanas sobre el estado de las aguas superficiales y subterráneas, demostrando, en el segundo y tercer ciclo de planificación hidrológica de cuenca, como las proyecciones de cambio climático afectan a las presiones sobre el recurso al implantar la DMA.

Además, conscientes de la importancia de estos efectos en la región, la CHG encargó y dirigió un estudio denominado "Variabilidad climática, recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir e impacto de distintos escenarios de cambio climático" a la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Las conclusiones alcanzadas por este estudio no llegan a evaluar el cambio climático de forma cuantitativa, pero constituyen una primera aproximación a los efectos esperables. Los resultados obtenidos en este estudio indican que para tener una perspectiva futura debe considerarse una doble vertiente. Por una parte el calentamiento global implicaría un aumento de los aportes de humedad atlánticos y originaría un aumento de precipitaciones en otoño, por otra parte, la degradación del suelo disminuiría los aportes de humedad debidos a evapotranspiración lo que se traduciría en una disminución de precipitaciones en primavera, hecho este ya observado.

Aunque existen variaciones regionales, las tendencias al aumento de la temperatura superficial del aire y el agua proyectadas para Europa son unánimemente aceptadas por la comunidad científica. A largo plazo, se esperan cambios importantes en la disponibilidad anual de agua lo que supondrá para las regiones meridionales una reducción en los recursos hídricos significativa y un incremento de los riesgos climáticos asociados (sequías e inundaciones). La propuesta de Plan acepta una disminución de los recursos hídricos en la Cuenca del Guadalquivir empleando un coeficiente de reducción global de las aportaciones del 8% para la Demarcación del Guadalquivir (conclusiones del estudio del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX sobre la evaluación de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos). En base a esta reducción, se cuantifica el incremento de la "brecha" entre demandas y recursos (MMARM, 2010, 170).

Cuenca	Brecha (hm ³ /año)		
	Sin cambio climático	Con cambio climático	%
Demandas Aguas Reguladas	287	330	15
Demandas Aguas No Reguladas	124	153	20

Fuente: Memoria P.H de la DHG. Tabla 87.

Tabla 2. Efectos del cambio climático.

Otra de las novedades relevantes respecto a etapas anteriores es la fijación de límites al aumento de la demanda, contrastando las evoluciones tendenciales con las resultantes de la aplicación de las medidas de gestión de la demanda, que en algunos casos son importantes. Esta limitación, o incluso reducción en los diferentes horizontes de la planificación, es especialmente relevante en abastecimientos urbanos, para los que por primera vez se admite la posibilidad de reversión de la tradicional tendencia, hasta ahora no cuestionada, de crecimiento exponencial de demandas. Es cierto, sin embargo, que esta reorientación llega cuando habría que empezar a considerar los impactos de cambio climático sobre estas demandas.

La memoria plantea, además, la adopción de medidas de adaptación robusta que prevén considerar las acciones adoptadas en otros sectores para mitigar o adaptarse al cambio climático, como las políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido la Memoria del Proyecto, en el apartado 10, analiza los "Planes y programas relacionados", entre los que se encuentran los de la Secretaría de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (apartado 10.2.1.5), o la *Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático* de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (apartado 10.3.1.5.).

A pesar de estos avances positivos, la Memoria del Plan Hidrológico presenta importantes deficiencias que ponen de manifiesto cómo la adaptación al cambio climático plantea todo un desafío a las administraciones difícil de abordar.

4. CARENCIAS DEL PLAN HIDROLÓGICO DEL GUADALQUIVIR EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

De nuestro análisis y valoración del Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica del Guadalquivir en relación con el tratamiento y consideración del cambio climático extraemos tres grandes ideas o temas que pasaremos a comentar.

4.1. Las primeras críticas están relacionadas con la no consideración del cambio climático en el conjunto del ciclo hidrológico, los ecosistemas acuáticos y todo el proceso de planificación (diagnostico, objetivos, impactos sobre las demandas, sobre la calidad del agua, medidas, valoración económica, etc.).

Desde 2007 el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) señala 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" (MMA, 2007). En la memoria de planificación (apartado 4.6.3, 169-170) tan sólo se dedica una página a la evaluación de los efectos del cambio climático en la cuenca del Guadalquivir, centrándose exclusivamente sobre déficit de las unidades de demanda agraria, como anteriormente señalamos.

Es notable la ausencia de referencias a los estudios sobre escenarios de cambio climático y planes de acción oficiales, tanto a nivel estatal como autonómico. Resulta sorprendente la afirmación que recoge la memoria: "Hasta que se desarrollen estudios con mayor alcance para evaluar el efecto del cambio se ha aplicado una reducción global del 8% en las aportaciones naturales de la cuenca del Guadalquivir" (MMARM, 2010, 356). Hoy podemos encontrar disponibles en la web, detallado por ámbitos autonómicos, las previsiones climáticas para cualquier horizonte temporal y para las principales variables. Basta con consultar la página web de la Agencia Estatal de Meteorología, el Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (MMARM, 2008) o los Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente para obtener previsiones regionalizadas. En este sentido, Andalucía fue pionera al preparar de forma temprana el marco de referencia para la política de Cambio Climático mediante la Estrategia Andaluza de Cambio Climático (EACC) que fue aprobada mediante Acuerdo del Consejo de Gobierno de 3 de septiembre de 2002 (Consejería de Medio Ambiente, 2010).

Sin embargo, estos relativamente numerosos estudios y modelos "climáticos" disponibles ofrecen proyecciones futuras, pero pocas concreciones de carácter "hidrológico", con aplicabilidad a la gestión, integrando la información climática de forma actualizada para conocer los impactos sobre el ciclo hidrológico y los sistemas de gestión y demanda de agua. Faltan desarrollo que permitan establecer diferentes escenarios de gestión hidrológica según los diferentes escenarios futuros climáticos (diferentes según el comportamiento y modelo socioeconómico). Por esto, sería necesario realizar nuevos estudios, o actualizar los existentes, como los llevados a cabo por el CEDEX con el modelo SIMPA, que integren las previsiones climáticas actuales en el conjunto del ciclo hidrológico para poder valorar, a escala regional y de la demarcación, los efectos sobre las presiones y demandas de estas estimaciones.

En relación con la falta de consideración global de cambio climático y la ausencia de su integración como factor que condiciona las diferentes

etapas (diagnósticos, objetivos, tramos de referencia, medidas, seguimientos...) del proceso de planificación, es especialmente destacable que no se incluya ninguna mención al incremento de las temperaturas. Un incremento de la temperatura media de unos 2 °C en Andalucía, plausible en un horizonte temporal en torno al período 2030-2050, acompañado de pequeñas reducciones de precipitaciones, podría acarrear disminuciones de las aportaciones del orden del 15 %. Ahora bien, muchos escenarios climáticos contemplan un incremento de las lluvias en los meses invernales, de tal manera que se podría dar la aparente paradoja de que ciertas reducciones en los meses cálidos se compensaran anualmente con ciertos incrementos en los meses fríos, lo que pone de manifiesto la incertidumbre que rodea estos fenómenos, que constituye una categoría fundamental a incorporar, o a fortalecer su presencia, en el proceso de planificación.

No se plantean en el programa de medidas ninguna relacionada con los impactos que sobre las masas de agua que puede tener el cambio climático. Las directrices europeas recomiendan que se deberá realizar una "Evaluación de las presiones directas e indirectas del clima" (European Commission-Environment, 2009, 5) por parte de los administradores de cuencas hidrográficas para familiarizarse con los principios de la adaptación en gestión del agua. Los Estados miembros están obligados a llevar a cabo una revisión del impacto de las actividades humanas sobre el estado de las aguas superficiales y subterráneas, demostrando, en el segundo y tercer ciclo de planificación hidrológica de cuenca, como las proyecciones de cambio climático afectan a las presiones sobre el recurso al implantar la DMA. Nada de esto se recoge en el apartado de medidas realizadas a pesar de utilizar "modelos de acumulación de presiones y simulación de impactos basados en sistemas de información geográfica."

Aunque también se incluyen medidas orientadas a la disminución de la demanda (descuidándose de considerar el impacto del cambio climático sobre el incremento de esta), las infraestructuras de regulación siguen siendo un apartado importante de la batería de medidas correctoras de la "brecha" en la Demarcación del Guadalquivir. Sin embargo no se valora la viabilidad y eficiencia que éstas pueden tener ante futuros cambios en el clima, que podrían ocasionar que las nuevas infraestructuras no supusieran el esperado aumento, ni en cantidad ni en garantía, de los volúmenes embalsados. Además de que se puedan producir impactos en el comportamiento de las infraestructuras preexistentes que modifiquen su funcionamiento.

4.2. Falta de claridad en los procedimientos a la hora de calcular los efectos del cambio climático sobre los recursos disponibles.

El segundo grupo de críticas, o temática, muy relacionado con lo inmediatamente anterior, hacen referencia a la. No resulta claro cómo se ha aplicado la prescripción de la Instrucción de la P.H en relación con que las series más recientes correspondientes al período 1980/81-2005/06 deben ser utilizadas para establecer las asignaciones de recursos a los diferentes usos. Lógicamente la serie utilizada para estimar los recursos naturales disponibles (ver cuadro 18 anteriormente mencionado) condiciona los volúmenes de recursos disponibles para su reparto y distribución, para cubrir las demandas, de ahí la indicación de la Instrucción.

Pero en la documentación del Plan del Guadalquivir se especifica: "Las aportaciones que alimentan el modelo tienen una longitud de 66 años (1940/41 a 2005/06), tomando las series observadas en los embalses, completadas con datos obtenidos del modelo SIMPA de la Dirección General de Aguas (...). Las series de recursos usadas en los balances han sido las correspondientes al período 1940-2005" (MMARM, 2010, 151).

Previamente se ha creado un clima de confusión al definirse la *escorrentía* como "la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida dependiendo de la pendiente del terreno. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal." Para a continuación señalarse que en "la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir la *escorrentía* varía con la distribución de lluvia siendo la media de 124 mm anuales, lo que equivale a una aportación de unos 7.043 hm³/año (del orden de un quinto de la precipitación) (MMARM, 2010, 66). Es decir, se equipara *escorrentía* (que excluye la infiltración) con la *aportación total* (ver de nuevo la tabla 18). A esto se añade que más adelante se afirma: "Como conclusión de los apartados anteriores, los recursos disponibles de la cuenca del Guadalquivir deben asimilarse a los naturales, estableciendo siempre la salvedad de que los valores medios no son representativos en la cuenca, dada su fuerte dispersión" (id.71). O sea, que tenemos una equiparación de *escorrentía*, con *aportación*, y de ésta con *recursos naturales* y, finalmente, y esto es lo que realmente resulta más difícil de entender, con *recursos disponibles*. Y entre tanto hemos perdido la pista de cómo se ha trasladado a estos últimos, que son con los que hay que establecer las asignaciones y los balances, el impacto (la reducción) que trasmite la serie reciente 1980/81-2005/2006.

El tema se complica cuando, como ya hemos señalado, en el Anejo nº 2 *Inventario de recursos hídricos* analiza, en el apartado 4.3. (25-49), los estadísticos de las series hidrológicas en la demarcación, incluyendo los estadísticos de las series de precipitación (mm/año) y aportación total (hm³/año) por zonas (26 y sgtes.), las series mensuales por zonas y subcuencas (33 y sgtes.) y los contrastes entre aportaciones y registros (44 y sgtes.). A estos análisis el mismo Anejo nº 2 añade un apartado 5. *Otros recursos hídricos de la Demarcación* (50-55) que incluye recursos hídricos no convencionales (reutilización). Después de todo esto el documento comenta los conceptos de *recursos potenciales*, de *restricciones* ambientales, otras restricciones exteriores (socio-económicas) y restricciones técnicas (55-56) y concluye que: "Con todo esto, los recursos hídricos de origen interno al ámbito territorial de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir ascienden a 7.043 hm³/año que proceden de fuentes convencionales: infiltración, *escorrentía*, etc. Finalmente, los recursos hídricos disponibles en la DHG, descontando la restricción medioambiental por caudales ecológicos de 257 hm³/año, ascienden a 6.786 hm³/año" (56).

Es decir, que tras los análisis comentados, que significan un avance respecto de lo presentado en las etapas previas del proceso de planificación, **el proyecto de plan vuelve al comienzo (al año 2005)**: evaluación de los recursos en el **entorno de 7.000 hm³/año**, a lo que añade la **confusión entre naturales/aportación y disponibles**. Esta conclusión es tan sorprendente que la planteamos como una mera pregunta a resolver, entendiendo que se debe tratar de un malentendido, de un problema de redacción o de algún otro factor que se deberá aclarar en el actual proceso de exposición pública del proyecto de plan.

A esto se añade la falta de claridad en la información sobre la hipótesis de un coeficiente de reducción global de los recursos del 8% (aportaciones), tomado de las conclusiones del estudio del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX sobre la evaluación de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos para la DHG. La primera duda -relacionada con el problema conceptual y metodológico anteriormente mencionado- que suscita este coeficiente es sobre qué serie se aplica, si sobre la serie más reciente 1980/82-2005/2006 o sobre la histórica 1940/41-2005/2006. Por otro lado, la Instrucción no obliga a tomar esa cifra (8%), sino que especifica que "Hasta que se desarrollen estudios con mayor alcance para evaluar el efecto del cambio (...)" (MMARM, 2010, 356) se tomará esta cifra. Puesto que estos modelos están disponibles en el ámbito de la cuenca, nada impide volver a correrlos actualizando las series y considerando las previsiones climáticas admitidas en la actualidad para este ámbito concreto.

4.3. La falta de regionalización y diferenciación espacial.

Ya el propio Ministerio de Medio Ambiente establecía en 2007 que los cambios en el clima "tendrán una distribución territorial diferenciada en la cuenca que pueden condicionar la planificación y gestión de las sequías" (MMA, 2007). Estudios climáticos recientes demuestran que existen importantes diferencias espaciales en las tendencias detectadas de las precipitaciones dentro de la cuenca del Guadalquivir que deberían ser consideradas (Paredes *et al.*, 2006; Aguilar *et al.*, 2006; Aguilar, 2007; Aguilar y del Moral, 2008; García-Barrón *et al.*, 2010; Aguilar y del Moral, 2010; González- Hidalgo *et al.*, 2010).

Llama la atención que en la Memoria del P.H. no se tomen en consideración las propias diferencias espaciales que el estudio realizado por la Universidad Pablo de Olavide, por encargo de la DHG, que distingue cuatro zonas con regímenes de precipitación distintos. En sus conclusiones, al realizar el análisis de la evolución de los patrones de transporte de humedad en relación al cambio climático, estas zonas se diferencian en su comportamiento. Las tres zonas de las regiones occidentales presentan un patrón prácticamente idéntico mientras que la zona más oriental es sustancialmente distinta, lo que establecería diferencias en la ocurrencia de precipitaciones efectivas en la cuenca (Ribera Rodríguez, 2008). Ante estas diferencias espaciales podría ser necesario plantear una regionalización del coeficiente general de reducción aplicado.

5. RECAPITULACIÓN Y NUEVOS PLANTEAMIENTO

Desde que hace más de dos años realizamos el análisis del tratamiento del cambio climático en la documentación del actual proceso de planificación de la Demarcación del Guadalquivir. A lo largo de este tiempo hemos prestado atención a la evolución de la normativa (Reglamento, Instrucción), que hemos valorado positivamente, y a su mayor o menor aplicación en esta documentación de la Demarcación del Guadalquivir. Hemos valorado negativamente esta aplicación en lo que se refiere a los documentos de los años 2005-2008 (desde el Informe en cumplimiento del artículo 5º hasta el ETI); por el contrario, hemos percibido un mayor nivel de incorporación del mandato de la IPH en el documento de propuesta de Plan hecho público en diciembre de 2010. Sin embargo, a la espera de aclaraciones de terminología, conceptos, métodos y resultados, creemos que lo fundamental de lo que ordena la IPH sigue sin ser adecuadamente incorporado.

En nuestro proceso de análisis constatamos una profundización del debate en el que aparecen nuevos planteamientos que señalan objetivos más ambiciosos. Estas nuevas metas van más allá de la mera reevaluación de los recursos hídricos, ya de por sí muy importante y pendiente aún de enfocarse metodológicamente de manera adecuada. Sin ánimo de exhaustividad sintetizamos estos nuevos retos en los dos puntos siguientes:

5.1. Necesidad de incorporar la consideración del cambio climáticos en la definición de los objetivos de la planificación hidrológica.

Como señala el grupo de trabajo sobre Cambio Climático y DMA de la Estrategia Común de Implementación, la definición de los objetivos de la DMA debe realizarse teniendo en cuenta tanto los impactos generales por las presiones principales en el estado actual como los impactos que se generarán a causa del cambio climático durante los próximos años y que exigirían una revisión de las condiciones de referencia utilizadas hasta la fecha. Con las metodologías hoy disponibles resulta muy difícil distinguir entre los impactos generados enteramente por la actividad humana y los generados por el cambio climático o por sus sinergias con otras presiones que no dependen de él. Un ejemplo de ello es el efecto que el cambio climático podría tener al afectar a la definición de las tipologías de las masas de agua y a la identificación de las condiciones de referencia a utilizar para definir los objetivos de buen estado ecológico que hay que cumplir (Galbiati, 2009, 327).

5.2. Necesidad de introducir la consideración del cambio climático en el programa de medidas, seguimiento y control

Ya el workshop que se celebró en Bonn en noviembre del 2007 (Common Implementation Strategies: Workshop on Climate Change and Water; CIS, 2007) propuso que los planes de gestión de cuenca incluyeran un *climate check* inicial de los programas de medidas, además de prever mecanismos que permitan la revisión periódica de los efectos de las medidas en relación con el cambio climático. Cuando se produjeran incompatibilidades entre algunas medidas con las propuestas de adaptación al cambio climático, una de las posibles soluciones sería aplicar con rigor el artículo 4.7 de la DMA y solicitar una excepción (Galbiati, 2009, 328; European Commission-Environment (2009). Esto no significaría abrir una puerta a la reducción de objetivos: como expuso Jorge Rodríguez en las terceras jornadas del Observatorio de la Directiva Marco (ODMA) de octubre 2009, llama poderosamente la atención la escasa utilización de este mecanismo de excepción previsto cuando son tantas las nuevas intervenciones en las masas de agua que se vienen realizando, eludiendo los controles y la necesidad de justificación que la aplicación de este mecanismo conllevaría (Rodríguez, 2009).

A lo largo del seguimiento del tratamiento del cambio climático en el proceso de planificación hidrológica, que aquí se ha sintetizado, hemos asistido a la profundización del debate y al surgimiento de nuevos planteamientos, con objetivos progresivamente más ambiciosos, que plantean decisivos retos para las instituciones y la propia sociedad. Los resultados confirman la importancia de la incorporación de un análisis y consideración riguroso de la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático, así como las grandes lagunas todavía existentes y el gran trabajo por realizar en este tema.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Estatal de Meteorología. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España, Ministerio de medio Ambiente Medio Rural y Marino. http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones
- Agencia Catalana de l'Aigua, Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña, 3er Convenio Agencia Catalana del Agua/Fundación Nueva Cultura del Agua, Generalitat de Catalunya. <https://aca-web.gencat.cat>
- 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 Cuadrat, J. M. et al (eds.): *Clima, Sociedad y medio Ambiente*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A. Nº 5, Zaragoza, 41-51.
- 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, 99-116. <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, Victoria. <http://www.fnca.eu/congresoiberico/documentos/c0208.pdf>
- Aguilar Alba, M. y del Moral Ituarte, L. (2010): "Tendencias climáticas recientes y evolución de las aportaciones en embalses de cabecera del Guadalquivir: su incidencia en la planificación hidrológica", en Fernández, F., Galán, E. y Cañada, R. (Eds.): *Clima, ciudad y ecosistemas*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Serie A, nº 7, Madrid, 317-326.
- Consejería De Medio Ambiente (2010): *Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático. Plan Andaluz de Acción por el Clima*, Junta de Andalucía.
- CIS (Common Implementation Strategies). *Workshop on Climate Change and Water*. Bonn (Alemania): 20-21 de noviembre del 2007. Disponible en: http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/implementation_convenio/workshop_november/key_messagesppt/_EN_1.0_&a=d
- Comisión De Las Comunidades Europeas (2007): *Libro Verde de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones*. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE {SEC(2007) 849} 354 final. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28193_es.htm
- Domínguez Padilla, A., Tarjuelo Martín-Benito, J.M., De Juan Valero, J.A. y Martínez Romero, A. (2009): "Capítulo 4: Efecto del cambio climático en los recursos hídricos y el regadío", en *Impactos del Cambio Climático en Castilla-La Mancha. Primer Informe*. Centro Regional de Estudios del Agua (Crea), Universidad de Castilla-La Mancha/Oficina de Cambio Climático. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, Fundación General de Medio Ambiente. http://pagina.jccm.es/medioambiente/cambio_climatico/informeCC.htm
- Galbiati, L. (2009): "La Directiva Marco del Agua y el cambio climático", en Agencia Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña*, 3er Convenio Agencia Catalana del Agua/Fundación Nueva Cultura del Agua, Generalitat de Catalunya, 323-329.
- 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.
- González-Hidalgo, J.C., Brunetti, M, Stepanek, P. y De Luis, M. (2010): "la base de datos MOPREDAS (MOntly PREcipitation DAtabase of Spain) Y el análisis subregional de las tendencias de la precipitación mensual en España", en Fernández, F., Galán, E. y Cañada, R. (Eds.): *Clima, ciudad y ecosistemas*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC). Serie A, nº 7, Madrid, 107-117.
- European Commission-Environment (2009): *Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/ec)*. Guidance document no. 24 river basin management in a changing climate, (<http://ec.europa.eu>).
- 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, Medio Rural y Marino (MMARM)/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) (2010): *Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*. <http://www.chguadalquivir.es>
- 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.
- 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.
- Prat, N. y Manzano, A. (2009): "Resumen ejecutivo y tabla resumen", en Agencia Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña*, 3er Convenio Agencia Catalana del Agua/Fundación Nueva Cultura del Agua, Generalitat de Catalunya, 7-23.
- Ribera Rodríguez, P., Gallego Puyol, D., Jiménez Curado, J.M. y Peña Ortiz, C. (2008): *Variabilidad climática, recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir e impacto de distintos escenarios de cambio climático*. Universidad Pablo de Olavide/Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. <http://www.chguadalquivir.es/opencms/portalchg/servicios/estudiosTécnicos/>
- Rodríguez Romero, J. (2009): "La implementación de la Directiva Marco en Europa. La nueva política de aguas: claves para la participación ciudadana efectiva en la implementación de la DMA en España", en ODMA/FNCA, *III Jornadas: La Nueva Política Europea de Aguas: claves para la participación ciudadana efectiva en la implementación de la Directiva Marco del Agua en España*, Madrid, 2 y 3 de Octubre de 2009 <http://www.fnca.eu/fnca/varios/091002madrid/0102.pdf>
- Secretaría De Estado De Cambio Climático (2008): *Plan nacional de adaptación al cambio climático. Primer informe de seguimiento sobre el desarrollo del plan nacional de adaptación al cambio climático*. Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Tabara, J.D. (2009): "Transición e integración en la planificación del agua en Cataluña ante el reto del cambio climático", en Agencia Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña*, 3er Convenio Agencia Catalana del Agua/Fundación Nueva Cultura del Agua, Generalitat de Catalunya, 307-322.