



PLAN de RECUPERACIÓN del RÍO JÚCAR



CAUDALES ECOLÓGICOS

Documento de Síntesis

Julio de 2007 – Julio de 2008

COMPOSICIÓN DE LA COMISIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS

CAUDALES ECOLÓGICOS	
Apellidos, Nombre	Entidad
Belinchón Carlavilla, Vicente	Ayto Cuenca
Martín, Joaquín	Consorcio medioambiental de la Ribera
Estrela Monreal, Teodoro	Ministerio Medio Ambiente
Pérez González, Lidia	Demarcación Costas de Valencia MIMAM
Benadero, Jose Vicente	Consellería M. Amb, Agua, Urbanismo y Vivienda, Dirección General del Agua
Ortega, Fernando	Junta Comunidades de Castilla La Mancha
Ferrer Polo, Javier	Confederación Hidrográfica de Júcar
Regidor Perona, M ^a Carmen	Confederación Hidrográfica de Júcar
Rodríguez Mulero, Francisco	SEIASA de la Meseta Sur
Sanz, Felipe	ACUAJUCAR
Juan Ferruses, Fernando	ACUAMED
Sotos Calleja, Ramón	Ayuntamiento de Albacete
Sanchis Ahulló, Vicente	Iberdrola
Antón Antón, Jose Vicente	Asoc. Profesional de Regantes del Alto Júcar
Delgado Aleixandre, Juan Antonio	Acequia Real Júcar
Forteza Zaragoza, José Pascual	Comunidad Regantes Sueca
Molina Abellán, Herminio	Junta Central Regantes de la Mancha Oriental
Serra Sánchis, Ernesto	Com Gral Usuar Canal Júcar-Turia
Bárcenas López, Jesús	Confed. Regional de Empresarios de Castilla- La Mancha
García Pardo, Inmaculada	Confederación Empresarial Valenciana
Marco Peñarrocha, Fernando	UGT
Montesinos Castelló, Antoni	CCOO
Mújica, Jose María	OCU (Organización de Consumidores y Usuarios)
Ferrer, Graciela	Xúquer Viu
Rubio López, Miguel Ángel	ADIMAN

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Síntesis de la caracterización del régimen de caudales mínimos	3
2.1.	Antecedentes de los estudios técnicos	3
2.2.	Descripción metodológica	5
2.2.1.	Métodos hidrológicos.....	6
2.2.2.	Métodos hidrobiológicos	11
2.2.3.	Obtención de la distribución de caudales mínimos	14
2.2.4.	Aspectos considerados en fases posteriores	16
2.3.	Resultados.....	16
2.4.	Propuesta	20
3.	Síntesis del análisis de la interrelación de los usos con los caudales ecológicos....	22
3.1.	Antecedentes	22
3.2.	Criterios de análisis	22
3.3.	Herramientas de análisis	24
3.4.	Elementos y condicionantes considerados	27
3.5.	Resultados.....	32
4.	Conclusiones	35
	Referencias.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen del rango de caudales mínimos obtenidos en la Cuenca del Júcar..	17
Tabla 2. Intervalo de caudal mínimo propuesto y factor de modulación mensual para los tramos de estudio del río Júcar.....	21
Tabla 3. Resumen de Aportaciones en la serie completa y reciente.....	28
Tabla 4. Resumen de la principales Asignaciones del Júcar (PHJ, 1998) y su demanda actual caracterizada a partir de los suministros recientes.	30
Tabla 5. Resumen de demandas, eficiencias de los Riegos Tradicionales del Júcar y su relación con los retornos a l'Albufera.	31
Tabla 6. Volumen autorizado y utilizado en los regadíos tradicionales en los pozos de sequía en la campaña 2007.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de desarrollo de los trabajos técnicos en el ámbito del río Júcar.	4
Figura 2. Figura resumen de las distintas metodologías empleadas el estudio.	6
Figura 3. Precipitaciones anuales de Simpa en el sistema Júcar.	7
Figura 4. Aportaciones medias mensuales (m ³ /s) a Molinar de los escenarios del Acuífero de la Mancha Oriental, para la serie 1985/86-2005/06.	8
Figura 5. Origen de la caracterización del Régimen Natural a escala mensual.	9
Figura 6. Esquema de cálculo del QBM.	10
Figura 7. Diagnóstico de la alteración hidrológica a escala anual y mensual por punto de estudio.	11
Figura 8. Especies piscícolas representativas en cada uno de los tramos de estudio	12
Figura 9. Representación del hábitat en 1D, basado en celdas rectangulares entre transectos.	13
Figura 10. Representación del hábitat en 2D. Representación espacial del campo de profundidades y velocidades.	13
Figura 11. Métodos hidrobiológicos, obtención de la curva combinada HPU-Q	14
Figura 12. Comparación del régimen natural (verde), régimen alterado (azul), distribución del percentil 5 del régimen natural (morado) y caudal mínimo (naranja).	14
Figura 13. Obtención de la propuesta de la modulación mensual de los caudales mínimos.	15
Figura 14. Resumen de resultados en el tramo del Júcar a su paso por el municipio de Antella.	19
Figura 15. Resumen de resultados en el tramos del Júcar a su paso por la estación de aforo de Huerto Mulet.	19
Figura 16. Propuesta provisional del régimen de caudales ecológicos en la cuenca del Júcar.	20
Figura 17. Esquema simplificado del sistema de explotación.	24
Figura 18. Aportación anual del Sistema en la serie histórica (1940/41-2005/06).	25
Figura 19. Volúmenes máximos y mínimos en los principales embalses del sistema.	26
Figura 20. Evolución de los niveles embalsados en Alarcón + Contreras + Tous.	27

Figura 21. Diferencia espacial de la infiltración por masa de agua subterránea, comparación de la serie completa (1940-2005) y las series recientes (1985-2005) y repercusión sobre las aportaciones de Alarcón + Contreras y Tous. 28

Figura 22. Volumen embalsado simulado (Alarcón+Contreras+Tous) con la serie de aportaciones 1940/41-2005/06 y con las asignaciones del PHJ(1998)..... 29

Figura 23. Evolución de los suministros recientes a los regadíos de la Ribera Alta y Baixa..... 30

Figura 24. % de déficit respecto de la Demanda Anual (D.A.) en relación con el caudal ecológico en Antella. 33

Figura 25. % de déficit respecto de la Demanda Anual (D.A.) en relación con el caudal ecológico en Huerto Mulet. 33

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva Marco de Aguas (DMA) establece como uno de sus objetivos asegurar el buen estado o potencial buen estado de las masas de agua para el 2015. Aunque las referencias a los caudales ecológicos en la DMA son escasas, es obvio que existe una relación entre la consecución de estos objetivos ambientales y la implantación de un régimen de caudales ecológicos en las masas de agua. Hasta el momento, los caudales ecológicos establecidos en el Plan de cuenca no aportaban estudios de las necesidades ecológicas reales y adolecían asimismo de falta de modulación estacional del caudal mínimo. En este sentido cabe destacar como uno de los objetivos del nuevo ciclo de Planificación la consideración e implantación del régimen de caudales ecológicos. En el momento actual, se está trabajando intensamente en la definición del régimen de caudales mínimos e iniciando la definición del resto de componentes que constituyen un verdadero régimen de caudales ecológicos (régimen de máximos, tasa de cambio y caudal generador).

El Plan de Recuperación del Júcar ha permitido sentar las bases para la concertación en el futuro Plan de cuenca de unos requerimientos ambientales en las masas de agua río del Júcar. El desarrollo de la comisión de caudales ecológicos inicia el desarrollo de los estudios técnicos necesarios y su exposición a los agentes implicados anticuándose entorno a dos bloques fundamentales:

- Desarrollo de los estudios técnicos para la caracterización del régimen de caudales mínimos que ha sido recogido en la “Memoria Técnica para el establecimiento del régimen de caudales mínimos en el río Júcar. Plan de Recuperación del Júcar” y que se sintetiza en el punto segundo del presente informe.
- Análisis de la interrelación de los usos con los caudales ecológicos, sintetizado en el punto tercero.

El contenido de estos puntos ha sido ampliamente debatido y ha promovido interesantes aportaciones (Ver informe de síntesis de las aportaciones) de los diferentes agentes involucrados en el proceso de participación. La consideración de estas aportaciones ha supuesto el enriquecimiento del proceso y de los contenidos desarrollados. La participación y exposición de los trabajos anteriores se ha desarrollado conforme al siguiente esquema de reuniones de trabajo:

- I Jornada (julio 2007): Enunciado de los objetivos y temas de referencia.
- II Jornada (octubre 2007): Jornada Técnica: Se presenta una Memoria Técnica con los métodos para el cálculo de caudales ecológicos.
- III Jornada (enero 2008): Concertación de la Metodología. Aportaciones a la Memoria Técnica.
- Visita de campo al tramo bajo del Júcar (febrero 2008).

- IV Jornada (mayo 2008): Aportaciones a la Memoria Técnica. Análisis de la problemática Usos-Q.
- V Jornada (julio 2008): Presentación de los distintos escenarios uso-Caudal mínimo modelados.

2. SÍNTESIS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS

2.1. Antecedentes de los estudios técnicos

En el artículo 18-Caudales Ecológicos del Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH) (R.D. 907/2007, de 6 de Julio) se recogen las indicaciones generales para el establecimiento de caudales en todas las masas de agua, que deben incorporarse en los respectivos Planes Hidrológicos. Corresponde a los Organismos de Cuenca realizar estudios específicos en cada tramo de río para establecer los caudales ecológicos que mantengan la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados. Asimismo, se alude a la implantación del régimen de caudales ecológicos mediante un proceso de concertación.

Desde principios de 2007 la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) está desarrollando los trabajos de redacción del nuevo Plan Hidrológico de cuenca conforme a los nuevos criterios y exigencias derivadas de la implantación de la DMA. La determinación del régimen de caudales ecológicos para las masas de agua superficiales tipo río constituye una parte fundamental de los nuevos planes, siendo necesario desarrollar estudios específicos para cada tramo de río, tal y como señala el RPH.

En este sentido, la CHJ está llevando a cabo desde marzo de 2006 un proyecto destinado a la “Evaluación del régimen de caudales medioambientales en las masas de agua superficiales tipo río en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar”. Durante el desarrollo del estudio ha ido evolucionando una metodología para la determinación del régimen de caudales ecológicos en ríos permanentes, fruto del trabajo de un Grupo de Expertos coordinados por WWF-Adena y la Subdirección General de Planificación y Uso sostenible del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). Esta metodología ha sido trasladada al punto 3.4. *Caudales Ecológicos* del borrador de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) que desarrolla el RPH y servirá de base para la evaluación del régimen de caudales ecológico a nivel nacional. Esta Instrucción ha iniciado recientemente su tramitación como Orden Ministerial, por lo que puede considerarse lo suficientemente definitiva, como para ser utilizada en la propuesta metodológica realizada en el Plan de Recuperación del Júcar (PRJ)

La IPH describe en el punto 3.4. *Caudales Ecológicos* el proceso para la determinación del régimen de caudales que se desarrolla en tres fases:

1. Primera fase: Elaboración de los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua. En referencia al Júcar los trabajos se han dividido en dos fases:
 - Un primera fase de desarrollo de los estudios técnicos sobre caudales ecológicos mínimos en masas de agua superficiales tipo río, que

corresponde a los trabajos presentados en el seno de la comisión de Caudales Ecológicos del Plan de Recuperación del Júcar.

- Una segunda en la que se desarrollarán los estudios referentes al resto de componentes del régimen de caudales ecológicos. Estos trabajos serán desarrollados en fases posteriores al PRJ dentro de los trabajos de redacción del Plan de cuenca.
2. Segunda fase: Proceso de concertación, definido por varios niveles de acción (información, consulta pública y participación activa), en aquellos casos que condicionen significativamente las asignaciones y reservas del plan hidrológico. En el Sistema de Explotación Júcar, donde los resultados derivados de los informes técnicos han sido sometidos a la Comisión Técnica de Caudales Ecológicos, se ha iniciado este proceso con los agentes implicados dentro de los trabajos del PRJ siendo el ámbito del Plan de cuenca donde tendrán cabida la concertación y evaluación del régimen de caudales ecológicos y su repercusión sobre las asignaciones y reservas.
 3. Tercera fase: Proceso de implantación de todos los componentes del régimen de caudales ecológicos y su seguimiento adaptativo.

El ámbito de trabajo establecido por la Comisión ha sido las masas de agua categoría río que forman parte del río Júcar incluidos sus afluentes, aunque condicionado por los tramos en los que existían trabajos técnicos ya elaborados. Estos tramos se distribuyen de la siguiente manera: 8 en el Júcar, 3 en el Cabriel y 1 en el Magro:



Figura 1. Puntos de desarrollo de los trabajos técnicos en el ámbito del río Júcar.

En los trabajos técnicos realizados (los cuales fueron previos al inicio del PRJ) se propone, para cada uno de los doce tramos de estudio en el Sistema Júcar, un rango de caudales mínimos. Durante el proceso de concertación entre los agentes implicados se estableció el caudal ecológico mínimo a mantener en cada tramo, así como una propuesta de régimen ambiental de caudales mínimos. La estimación de los caudales ecológicos mínimos en el resto de masas de agua categoría ríos, así como el resto de componentes del régimen de caudales ecológicos (régimen de máximos, tasa de cambio, caudal generador) serán incorporados dentro del Plan de cuenca. Así mismo, también serán considerados dentro del Plan de cuenca el régimen de caudales y necesidades ecológicas de lagos, humedales y aguas de transición.

A continuación se incluye la descripción de la metodología empleada en los estudios técnicos, así como un resumen de los resultados obtenidos en la caracterización del régimen de caudales mínimos para los tramos de estudio del río Júcar.

2.2. Descripción metodológica

La metodología seguida para el desarrollo de los estudios técnicos es la recogida en el punto 3.4.1.4.1. *Ríos Permanentes* de la IPH. Esta metodología está siendo desarrollada en la *Guía para la elaboración de Estudios de Caudales Ecológicos (En desarrollo, MARM-WWF-Adena)* y en la memoria técnica distribuida a la comisión, donde se explica detalladamente todo el proceso metodológico seguido en la determinación del régimen de caudales ecológicos mínimos.

Según la IPH, para la estimación del rango de caudales mínimos en ríos permanentes se seleccionarán periodos homogéneos y representativos en función de la naturaleza hidrológica de la masa de agua y de los ciclos biológicos de las especies autóctonas, identificándose al menos dos periodos distintos dentro del año.

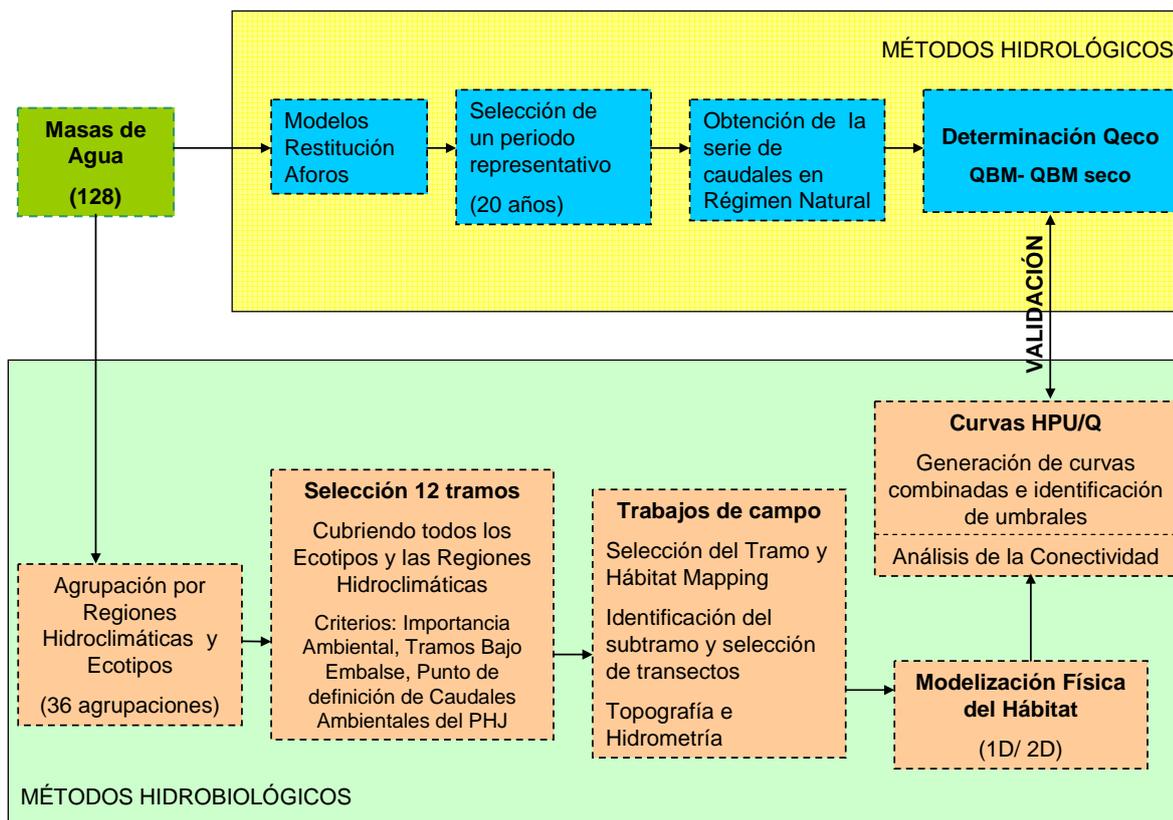


Figura 2. Figura resumen de las distintas metodologías empleadas el estudio.

El rango de caudales mínimos se obtendrá aplicando métodos hidrológicos y sus resultados serán ajustados mediante métodos hidrobiológicos, aplicados en tramos fluviales representativos de cada tipo de río. A continuación se recoge un resumen de los puntos desarrollados para la aplicación de las dos metodologías.

2.2.1. *Métodos hidrológicos*

⇒ Selección de la serie de caudales hidrológicamente representativa

Tal y como señala la Instrucción, los métodos hidrológicos se basan en el análisis de caudales mínimos de una serie representativa hidrológicamente de caudales diarios en régimen natural, con el fin de obtener una estimación de los caudales mínimos a preservar. La serie hidrológica debe estar constituida al menos por un periodo de veinte años consecutivos con alternancia de periodos secos y húmedos.

Analizando las precipitaciones anuales de la serie histórica y las desviaciones acumuladas respecto de la precipitación media del periodo, se ha caracterizado los periodos secos y húmedos buscando un periodo representativo de 20 años. De esta forma, la serie hidrológica en régimen natural considerada en el Júcar ha sido la perteneciente a los últimos 20 años (1985-2005), que se caracteriza por una alternancia equitativa de periodos secos y húmedos.

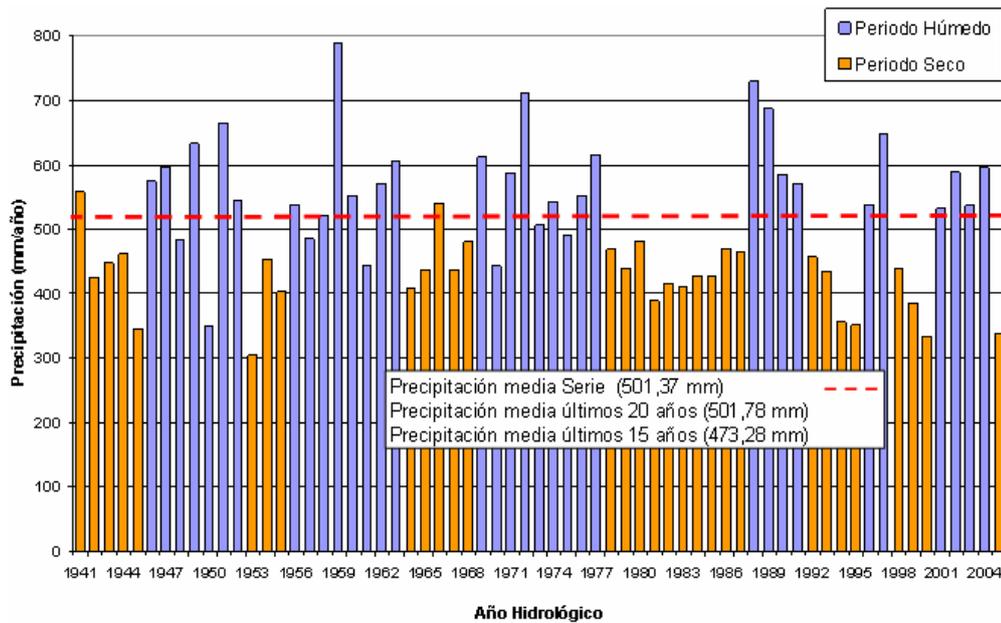


Figura 3. Precipitaciones anuales de Simpa en el sistema Júcar.

⇒ Consideración del grado de alteración del acuífero de La Mancha Oriental.

Como ya se ha señalado, los métodos hidrológicos de cálculo para la estimación de los caudales mínimos precisan, como punto de partida, las series de aportaciones en régimen natural. Para ello es necesario restituir los caudales actuales a una situación sin alteración del régimen incluyendo también las aportaciones de origen subterráneo en la relación río-acuífero. En el caso concreto del acuífero de la Mancha Oriental, establecer un escenario en régimen natural para estimar los caudales mínimos en el tramo medio del Júcar, plantea una situación poco realista. Esto es debido por una parte, a lo alejado que una explotación sostenible del acuífero estará de un estado inalterado y por otra parte, a la gran inercia que presenta esta masa de agua aún cuando descendiera notablemente su explotación.

Por esta razón, se ha considerado la explotación del acuífero de La Mancha Oriental en la determinación de la serie de aportaciones de cálculo a utilizar en los métodos hidrológicos. En este sentido, se ha utilizado en el análisis un escenario realista que garantice una contribución mínima de flujo subterráneo para el mantenimiento de los caudales ecológicos.

Para intentar fijar este escenario de cálculo, se realizó un estudio de detalle de las aportaciones hasta el punto del Molinar, así como un estudio comparativo entre la situación que se daría en régimen natural y la situación actual que contempla las detracciones del acuífero al río. El objetivo fundamental de plantear estos tres escenarios es el de enmarcar de forma precisa donde se sitúa el escenario de cálculo propuesto.

De esta forma, para las aportaciones acumuladas a partir del Molinar, se compararon los siguientes escenarios de aportaciones:

- Régimen natural, con el fin de conocer la situación que se darían en ausencia de usos y regulaciones (1).
- Régimen de aportes en el escenario de cálculo, considerando una aportación mínima de 1 m³/s de aportes naturales del acuífero de la Mancha Oriental al río (2), en línea con las actuaciones propuestas en el vigente Plan Hidrológico de cuenca.
- Régimen actual, que es el régimen aforado hasta el Molinar, donde se engloban las detracciones del acuífero de la Mancha Oriental sobre el río (3).

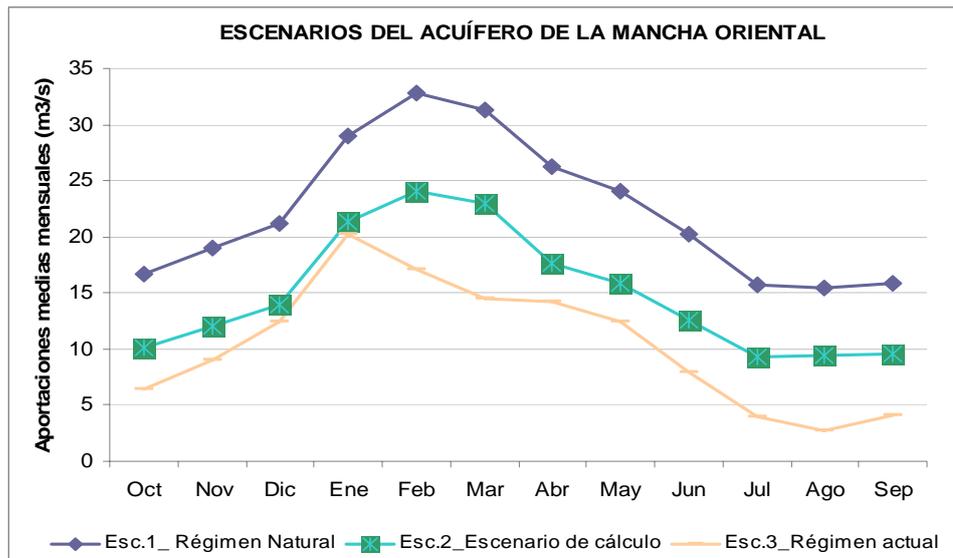


Figura 4. Aportaciones medias mensuales (m³/s) a Molinar de los escenarios del Acuífero de la Mancha Oriental, para la serie 1985/86-2005/06.

En la Figura 4 se aprecia como el escenario en régimen natural dista significativamente del escenario actual, especialmente en los meses de verano donde las detracciones cobran especial importancia. También se observa que el escenario de cálculo planteado es una solución de compromiso entre el régimen actual y el natural en los meses de verano. Este escenario permite fijar unos caudales mínimos muy conservadores, desde el punto de vista ambiental, en relación con el balance río-acuífero actual.

⇒ Obtención del régimen natural a escala diaria

La serie de datos debe estar caracterizada a escala diaria, siendo determinada a partir de datos mensuales obtenidos de diversas formas, dependiendo de los datos disponibles:

- Utilización directa de la red de aforos, de encontrarse las masas de agua en régimen natural.
- Mediante restitución de la serie en el caso de régimen alterado, que podrá realizarse mediante las siguientes metodologías:

- Restitución mediante balance de aportaciones, detracciones, derivaciones y retornos a escala mensual.
- Por modelización hidrológica de series en régimen natural a escala mensual. En el caso de la CHJ, se han utilizado datos provenientes del modelo de simulación lluvia-escorrentía PATRICAL (M.A. Pérez, 2005).

Es especialmente importante el análisis de la serie diaria de partida, verificando la ausencia de errores y la coherencia y continuidad hidrológica de la serie.

Los datos hidrológicos de partida de cada uno de los tramos de estudio, quedan reflejados en la Figura 5.



Figura 5. Origen de la caracterización del Régimen Natural a escala mensual.

En el caso de disponer de datos procedentes de restitución (balances o modelación) es necesario obtener a partir de ellos serie diarias que permitan la utilización de las metodologías hidrológicas de cálculo. Lo que incorpora un nivel de incertidumbre que obliga a aplicar el principio de precaución a los resultados obtenidos por estas metodologías. Las aportaciones recibidas en el proceso de participación del PRJ han permitido enriquecer las metodologías si bien los informes que han sido recibidos en fechas próximas al cierre del proceso de participación no han podido ser tenidos en cuenta por el momento. Será en fases posteriores con motivo de la elaboración del nuevo Plan de cuenca donde sean consideradas.

Para obtención de las series diarias se ha llegado a un compromiso mediante la aplicación de un patrón de distribución diario obtenido mediante el análisis de estaciones de control en régimen natural representativas del comportamiento hidrológico de la región. El objetivo es sacar unos coeficientes de distribución diaria que permita repercutir los volúmenes mensuales restituidos a la escala diaria necesaria. La selección de este tipo de patrones obliga a reproducir de forma continua

la misma modulación en la serie analizada haciendo variar la magnitud de los caudales diarios obtenidos en función de la magnitud de la aportación mensual.

⇒ Índices hidrológicos utilizados.

Para la aplicación de los métodos hidrológicos se ha optado por la utilización del Caudal Básico de Mantenimiento (QBM), al ser uno de las metodologías hidrológicas de desarrollo nacional, contando con el contraste de numerosos estudios.

Este método se basa en el estudio de las series temporales de caudales medios diarios, mediante la utilización de medias móviles a lo largo de las series (Palau & Alcaraz, 1996). El parámetro fundamental del método es el caudal básico, definido como el mínimo absoluto a mantener en el cauce. Este caudal básico se calcula independientemente para cada año de la serie seleccionada mediante variables de centralización móviles aplicadas a intervalos crecientes de datos consecutivos (caudales medios diarios) de orden entre 1 y 100, con las cuales se obtiene un vector de mínimos con los mismos componentes que el número de variable móvil aplicado. Tras obtener el vector de mínimos se calculan los incrementos relativos de cada par de valores mínimos, estableciéndose el caudal básico para cada año como el caudal que determina el mayor incremento relativo. El caudal básico final se calcula como la media aritmética o la mediana de los caudales básicos anuales obtenidos para cada año del periodo analizado. Un esquema explicativo de la metodología seguida en el QBM se plasma en la Figura 6.

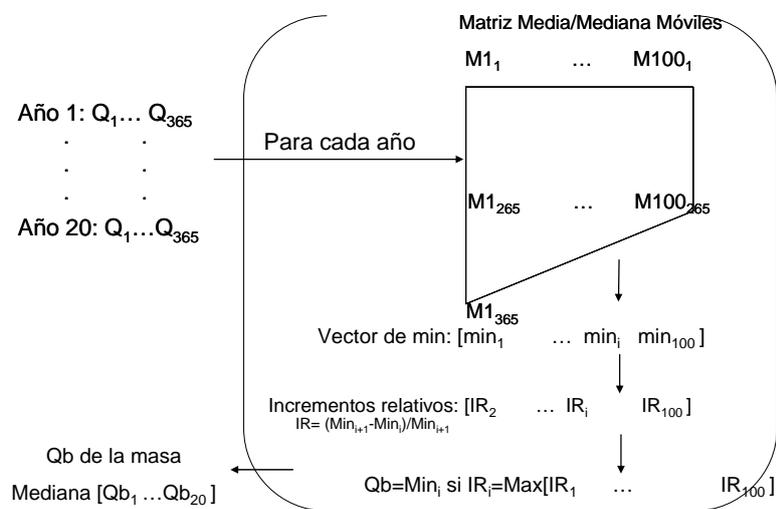


Figura 6. Esquema de cálculo del QBM.

⇒ Alteración hidrológica del tramo

Tal y como recomienda la IPH, para realizar el análisis de la alteración hidrológica de los distintos tramos de estudio se ha realizado un estudio comparativo entre el régimen actual (caudales circulantes) y el régimen natural de aportaciones. El análisis de la alteración hidrológica se ha realizado mediante los índices de alteración hidrológica IAH (Richter, B.D. et al., 1997) a nivel mensual y anual para la serie de

1985/86-2005/06. En la Figura 7 quedan representados y clasificados los distintos puntos de estudio en función de su alteración hidrológica.



Figura 7. Diagnóstico de la alteración hidrológica a escala anual y mensual por punto de estudio.

A la hora de establecer los rangos de caudales derivados de los métodos hidrobiológicos, se tendrá en cuenta el grado de alteración de la masa, tal y como se explica en el apartado siguiente de métodos hidrobiológicos.

2.2.2. Métodos hidrobiológicos

Los resultados obtenidos por métodos hidrológicos han sido ajustados mediante la simulación de la idoneidad del hábitat en tramos fluviales representativos de cada ecotipo. La simulación del hábitat físico es la metodología empleada en IFIM (Bovee, 1982) para relacionar el caudal circulante con el microhábitat físico disponible para los estadios vitales de las especies analizadas, expresado generalmente como Superficie Ponderada Útil. La simulación se ha realizado para la especie o especies objetivo, que incluyen a aquellas especies autóctonas de fauna o flora que por su vinculación directa al hábitat fluvial, por su carácter endémico, por estar amenazada o por contar con alguna figura de protección puede ser seleccionada como indicadora para definir un régimen de caudales ecológicos. En general aquellas especies endémicas ahora no presentes pero que cuentan con referencias históricas sobre su presencia en el tramo han sido consideradas.



Figura 8. Especies piscícolas representativas en cada uno de los tramos de estudio

Por tanto, el ajuste mediante la modelación de la idoneidad del hábitat se basa en la simulación hidráulica acoplada al uso de curvas de preferencia del hábitat para la especie o especies objetivo, permitiendo obtener curvas que relacionen el hábitat potencial útil con el caudal. En la CHJ, se dispone de curvas de idoneidad para las siguientes especies piscícolas: barbo (*Barbus guiraonis*), blenio (*Salaria fluviatilis*), cacho (*Squalius pyrenaicus*) y trucha (*Salmo trutta*).

Las funciones de idoneidad utilizadas en el caso del barbo, cacho, blenio y alevín y juvenil de trucha fueron las elaboradas por Martínez Capel en la Demarcación del Júcar en el año 2006. En el caso de la trucha los análisis de la freza y el estadio adulto se completaron utilizando las curvas de idoneidad de Bovee (1982). En el caso de la loina (*Chondrostoma arrigonis*), las funciones de idoneidad utilizadas fueron las elaboradas por Martínez Capel en el 2004 para otra especie del mismo género en la cuenca del Tajo, denominada *Chondrostoma polylepis*.

En aquellos tramos del Júcar con un número de orden de Strahler superior a 4, se utilizaron para la simulación de la idoneidad del hábitat una adaptación al Júcar de las curvas de preferencia de hábitat del *Barbus bocagei* y del *Squalius cephalus* desarrolladas por Martínez Capel (2000) en la cuenca del Tajo.

⇒ Selección de tramos

Según la IPH, la simulación deberá realizarse en un número suficiente de masas de agua, recomendándose un mínimo del 10% del número total de masas de agua de la categoría río. Los tramos representativos se seleccionaron dando prioridad a las masas de agua con mayor importancia ambiental, aquellas que están situadas aguas abajo de grandes presas o derivaciones y que puedan condicionar las asignaciones y reservas de recursos del Plan Hidrológico de cuenca.

En la selección de los tramos de estudio, además de los criterios de la IPH se han tenido en cuenta otros criterios complementarios: tramos ubicados aguas abajo de confluencia de ríos, tramos donde existe conflictos de usos, tramos donde se fijaban caudales ecológicos en el Plan Hidrológico de cuenca del Júcar de 1998 y tramos a incluir para cubrir toda la representatividad de la cuenca (cubriendo los ecotipos y regiones hidroclimáticas).

La longitud de los tramos seleccionados ha sido escogida para que reflejen una representación adecuada de la variabilidad física y ecológica de los hábitats presentes en el río.

⇒ Métodos de simulación del hábitat físico utilizados:

Modelización en 1D. Los tramos han sido analizados mediante el programa RHYHABSIM (Jowett, I.G., 1989): Modelo hidrodinámico de resolución mediante el método del paso hidráulico calibrado en cada transecto para el ajuste del perfil de velocidades.

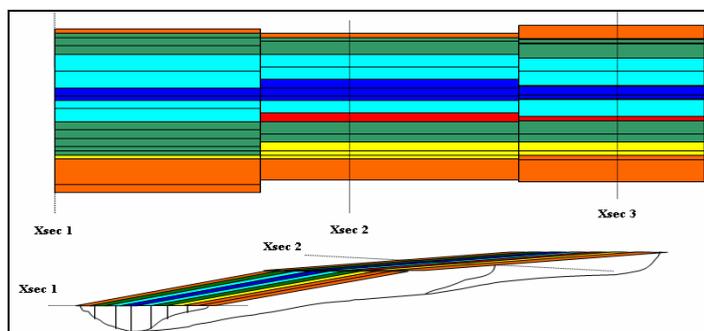


Figura 9. Representación del hábitat en 1D, basado en celdas rectangulares entre transectos.

Modelización en 2D. Mediante el programa RIVER 2D (Steffler, P. *et Al.*, 2002): Modelo hidrodinámico bidimensional por elementos finitos que caracteriza la velocidad media de la columna de agua, para uso en cauces naturales.

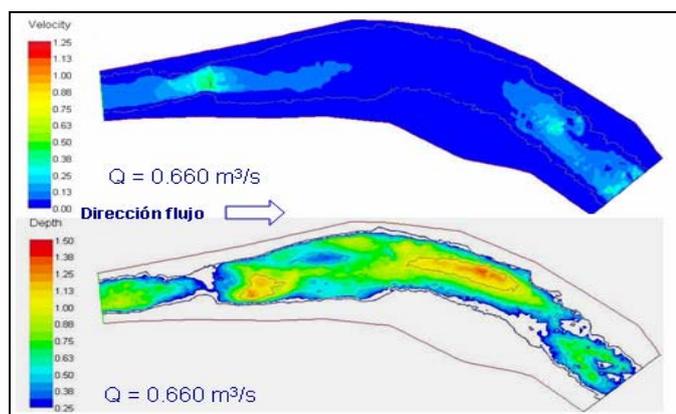


Figura 10. Representación del hábitat en 2D. Representación espacial del campo de profundidades y velocidades.

⇒ Elaboración y utilización de las curvas HPU/Q

A partir de la modelación de hábitat se han obtenido las curvas que relacionen el hábitat potencial útil con el caudal. Dichas curvas se generan considerando cada uno de los tres estadios del ciclo vital de cada especie (alevín, juvenil y adulto).

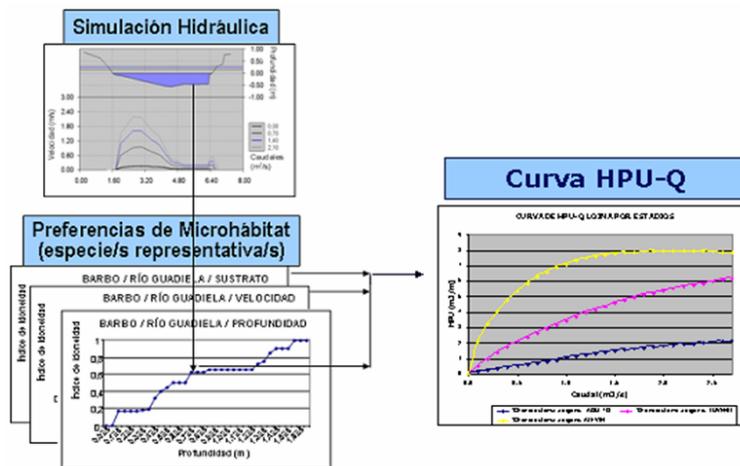


Figura 11. Métodos hidrobiológicos, obtención de la curva combinada HPU-Q

Posteriormente se realiza una comparación entre las diferentes especies representativas del tramo y sus requerimientos de caudal. El umbral utilizado para fijar el régimen de mínimos en las masas de agua no alteradas hidrológicamente fue el comprendido entre 50 y 80% del HPU máximo para la especie objetivo analizada. Para aquellas masas muy alteradas hidrológicamente la Instrucción aconseja utilizar un régimen de mínimos entre el 30 y el 80% del HPU máximo de la masa de agua.

2.2.3. Obtención de la distribución de caudales mínimos

Siguiendo los criterios de la IPH, la distribución de caudales mínimos caracterizada en la Demarcación Hidrográfica del Júcar se obtendrá ajustando los caudales obtenidos por métodos hidrológicos al resultado de la modelación de la idoneidad del hábitat, según la alteración hidrológica del tramo considerado, tal y como se recoge en el punto anterior.

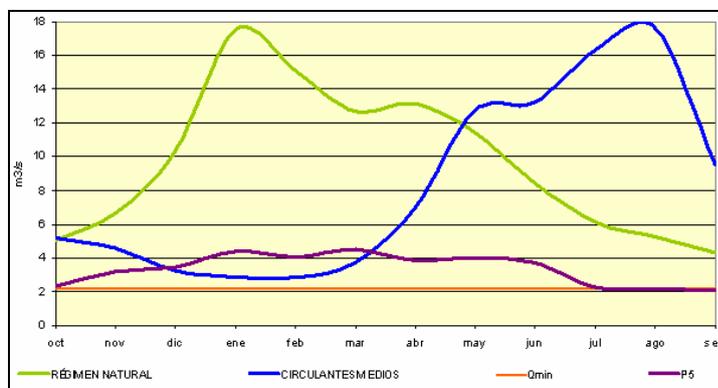


Figura 12. Comparación del régimen natural (verde), régimen alterado (azul), distribución del percentil 5 del régimen natural (morado) y caudal mínimo (naranja).

El establecimiento de este rango de caudales mínimos ha sido realizado atendiendo al siguiente criterio: el mínimo valor corresponde al caudal equivalente al 30% del Hábitat Potencial Útil y para la elección del máximo valor se ha contrastado el caudal obtenido para el 80% del Hábitat Potencial Útil y el obtenido por el QBM, intentando asegurar la continuidad de los tramos y la coherencia de los resultados. Los rangos de caudales mínimos por tramos, son provisionales, pero se han intentado ajustar en función de la alteración hidrológica del tramo, de su figura de protección y de otros aspectos que han sido incorporados a lo largo del proceso de participación.

Como queda reflejado en la Figura 13, la modulación mensual propuesta se ha obtenido en función del peso de la aportación media mensual respecto de la aportación media anual. Esta modulación se fundamenta en hacer variar mensualmente el caudal medio atendiendo a la naturaleza hidrológica de la masa de agua en función del peso específico de la aportación media mensual. Estos análisis pueden permitir agrupar las masas de agua atendiendo a diferentes criterios (regiones hidroclimáticas, ecotipos,...) o bien analizarlo puntualmente en los puntos clave donde se aplican los métodos hidrológicos. Los coeficientes de modulación se han definido a juicio de experto aplicando un factor de modulación entre 0,8 y 1,20 de forma proporcional a los pesos anteriormente comentados.

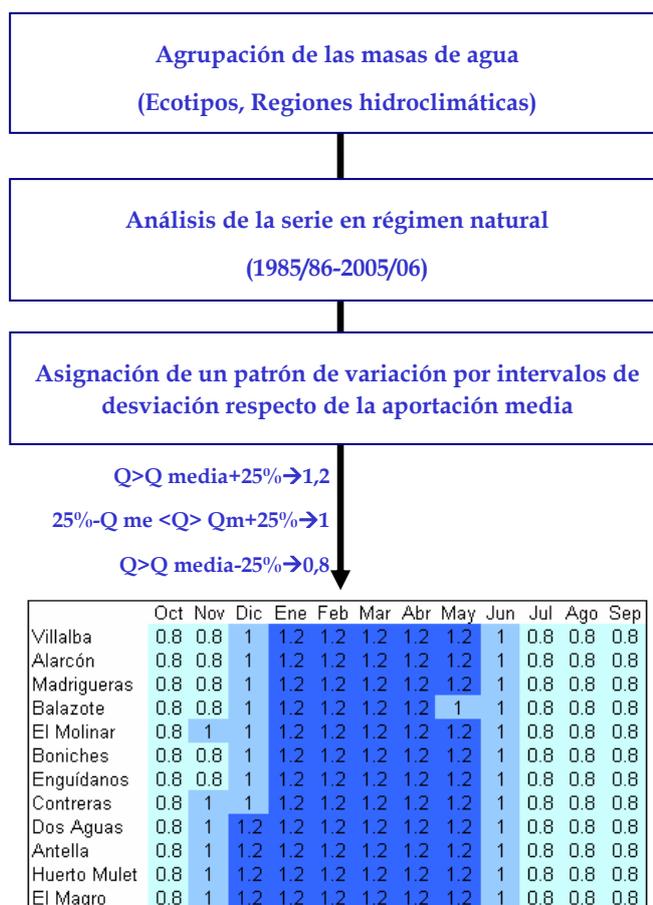


Figura 13. Obtención de la propuesta de la modulación mensual de los caudales mínimos

2.2.4. Aspectos considerados en fases posteriores

A los resultados obtenidos cabe resaltar que quedan pendientes los siguientes aspectos:

- La Memoria técnica sólo aborda el régimen de mínimos el resto de componentes del régimen de caudales ecológicos será incorporada dentro del la elaboración del nuevo Plan de Cuenca: régimen de máximos, tasa de cambio, caudal generador.
- La consideración del régimen de caudales y necesidades ecológicas del resto de tipos de masas de agua (Lagos, Humedales, Aguas de transición) será incorporado dentro del futuro Plan de cuenca.
- Las aportaciones del proceso de participación recibidas fuera del plazo de consulta serán analizadas y consideradas en el proceso de elaboración del nuevo Plan de cuenca.

2.3. Resultados

Los resultados obtenidos en los estudios técnicos aplicando la metodología comentada previamente para cada uno de los doce tramos de estudio de la cuenca del Júcar, quedan reflejados en la Tabla 1:

Tramo de Estudio	Caudal Ecológico PHJ	Alteración Hidrológica	SIMULACIÓN DE HÁBITAT				HIDROLÓGICOS	Aportación Media Régimen Natural (m ³ /mes)	Aportación Media Rég. Circulante (m ³ /mes)
			25%	30%	50%	80%	QBM		
1. Villalba		No Alterada	0,2	0,2	0,5	1,0	1.3 (*)	7,10	7,10
2. Alarcón	2 (****)	Muy Alterada	0,3	0,4	0,8	2,0	2.6 (*)	9,70	8,50
3. Madrigueras **		Muy Alterada	0,4	0,5	0,8	1,1	2,6	10,10	8,30
4. Balazote		Muy Alterada	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	1,20	0,30
5. El Molinar **		Muy Alterada	1,3	1,5	2,3	3,5	3,3	9,70	9,50
6. Boniches		No Alterada	0,3	0,4	0,7	1,2	1.4 (*)	4,00	4,00
7. Enguídanos		No Alterada	0,7	0,8	1,2	1,9	2 (*)	7,70	7,70
8. Contreras	0,4	Muy Alterada	0,6	0,7	1,2	2,3	1.7 (*)	5,70	4,40
9. Dos Aguas **		Muy Alterada	2,6	3,1	4,6	8,5	7,0	22,10	16,90
10. Antella **	0.6 (***)	Muy Alterada	0,8	0,9	1,6	3,1	7,3	22,80	11,30
11. Huerto Mulet **		Muy Alterada	5,2	5,9	8,3	13,1	10,2	31,60	21,40
12. Magro	0,2	Muy Alterada	0,1	0,1	0,2	0,4	0,0	0,40	0,40

* QBM Revisado a partir de las aportaciones de Xúquer Viu del día 24 de Abril de 2008

** Se considera el escenario de cálculo que garantiza una aportación de 1m³/s desde el acuífero de la MO

*** Sólo aguas arriba del azud de Antella

**** No incluye la aportaciones del tramo medio

Tabla 1. Resumen del rango de caudales mínimos obtenidos en la Cuenca del Júcar.

Así mismo, para cada uno de los tramos de estudio, se elaboró una ficha resumen donde quedan recogidos de manera gráfica los resultados obtenidos, tanto por métodos hidrológicos como por métodos hidrobiológicos. En la Figura 14 y la Figura 15 se muestra un resumen donde quedan recogidos los resultados del tramo de Antella y de Huerto Mulet (Bajo Júcar) por su importancia en la garantía de suministro de los usos.

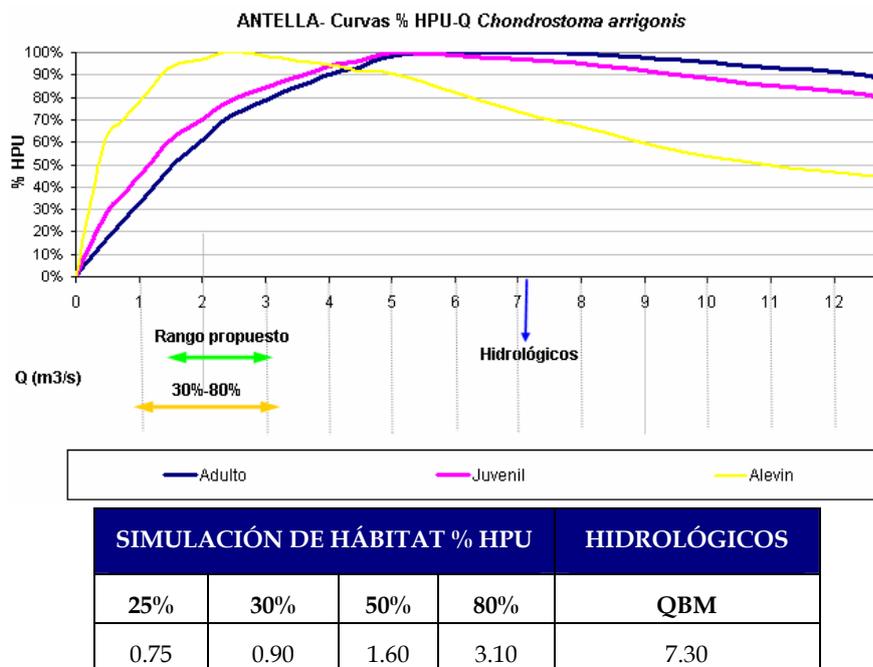


Figura 14. Resumen de resultados en el tramo del Júcar a su paso por el municipio de Antella.

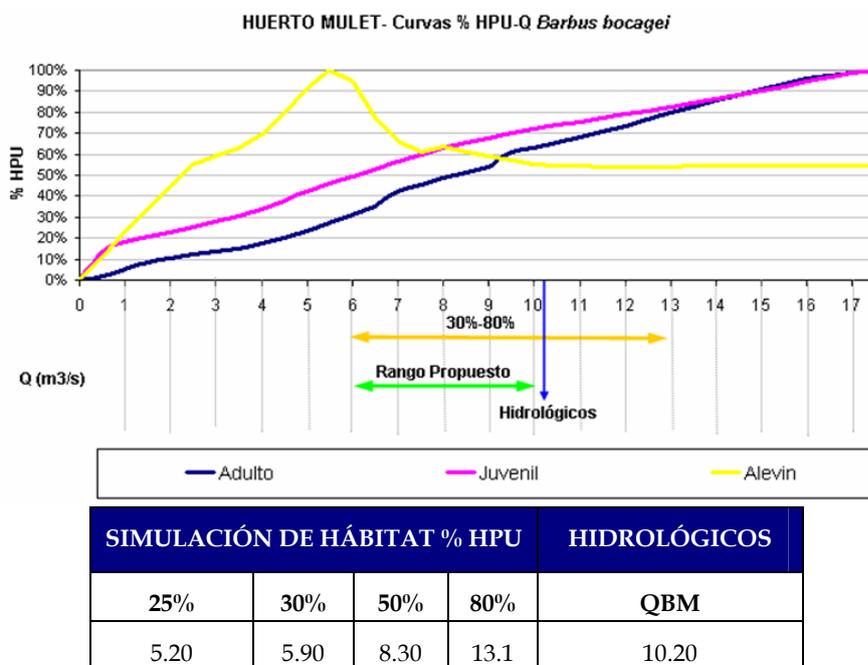


Figura 15. Resumen de resultados en el tramos del Júcar a su paso por la estación de aforo de Huerto Mulet.

2.4. Propuesta

Con carácter provisional se adelanta una primera propuesta del régimen de caudales mínimos teniendo en considerando los resultados obtenidos mediante métodos hidrológicos e hidrobiológicos y las diferentes aportaciones recibidas durante el proceso de participación. La propuesta definitiva deberá ser realizada en el propio proceso de elaboración del Plan Hidrológico de cuenca. Estos resultados no recogen la totalidad de los componentes del régimen de caudales ecológicos, que serán incorporados a partir de nuevos trabajos recientemente iniciados, pero han permitido proponer un intervalo inicial de un régimen mensual de caudales mínimos en 12 tramos del río Júcar. El establecimiento de este rango de caudales ha tenido en cuenta, como valor inferior, el caudal correspondiente al 30 % del Hábitat Potencial Útil (HPU) en masas muy alteradas hidrológicamente o el 50% en el resto de casos, y como valor superior, el obtenido del análisis conjunto del caudal correspondiente al 80 % del HPU y el obtenido por el método hidrológico del caudal básico de mantenimiento (QBM), intentando asegurar una continuidad en los distintos tramos y la coherencia de los resultados.



Figura 16. Propuesta provisional del régimen de caudales ecológicos en la cuenca del Júcar.

	Qmin (m ³ /s)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1. Villalba	0,5 - 1,0 (**)	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
2. Alarcón	0,6 - 2,0 (*)	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
3. Madrigueras	0,6 - 2,0	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
4. Balazote	0,2- 0,4	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
5. Molinar	0,6 - 2,0	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
6. Boniches	0,7 - 1,2(**)	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
7. Enguídanos	1,0 - 1,9(**)	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
8. Contreras	0,8 - 1,7	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
9. Dos Aguas	1,0 ó 1,5 - 3,0	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
10. Antella	1,0 ó 1,5 - 3,0	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
11. Magro	0,2 - 0,3	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
12. Huerto Mulet	5,0 ó 6,0 - 10,0	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8

Tabla 2. Intervalo de caudal mínimo propuesto y factor de modulación mensual para los tramos de estudio del río Júcar.

(*) A falta de adicionar las filtraciones del tramo medio.

(**) A falta de analizar las alteraciones hidrológicas diarias por saltos hidroeléctricos.

3. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE LA INTERRELACIÓN DE LOS USOS CON LOS CAUDALES ECOLÓGICOS

3.1. Antecedentes

El análisis de la implantación del régimen de caudales mínimos y su interrelación con las garantías de los usos existentes es un problema extremadamente complejo que ha sido realizado mediante el uso de modelos detallados de simulación numérica del sistema de explotación. Estos análisis necesitan partir de unos criterios y condicionantes que tienen una importante incidencia en las conclusiones alcanzadas y que deben expresarse con claridad.

En cualquier caso, los análisis planteados analizan la repercusión sobre los usos consuntivos con especial atención a los usos agrícolas, ya que dada la mayor garantía del abastecimiento urbano, son éstos los más sensibles a las restricciones ambientales. Existen otras posibles afecciones que no han sido todavía consideradas, especialmente las relacionados con los usos no consuntivos de los aprovechamientos hidroeléctricos, y que serán objeto de estudios específicos dentro del Plan de cuenca.

3.2. Criterios de análisis

El análisis de la incidencia del régimen de caudales mínimos con los usos existentes y sus garantías es uno de los contenidos a incluir en los Planes hidrológicos de cuenca y a lo largo del Plan de Recuperación del Júcar se han establecido unos criterios de análisis, aprovechando asimismo lo ya incluido en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH).

Los principales criterios adoptados han sido los siguientes:

1. Posibilidad de realizar el análisis mediante el uso de modelos de simulación de recursos hídricos.

Se propone el uso de un modelo numérico de simulación¹ de la gestión del sistema de Explotación del Júcar utilizado por la Oficina de Planificación Hidrológica dentro de las tareas de seguimiento del Plan de cuenca, el seguimiento de la sequía y la revisión en curso del Plan hidrológico. Su uso permite analizar la incidencia sobre el nivel de garantía de suministro a un determinado uso en función de la variación del régimen de caudales mínimos que componen el caudal ecológico. La propuesta consiste en el análisis de distintas simulaciones iterativas para comparar la información relativa a los niveles de garantía de suministro de los usos existentes, variando de forma paramétrica las restricciones ambientales y utilizando un número limitado de escenarios de suministro.

¹ IPH 3.5.1.2

2. Utilización de los criterios técnicos y de garantía incluidos en el borrador de la Instrucción Planificación Hidrológica.

La IPH incluye una serie de criterios técnicos en los que apoyar el análisis del establecimiento de caudales mínimos y su compatibilidad con otros usos:

- Los caudales ecológicos no deben tener carácter de uso sino que son una restricción que se impone al sistema². En este sentido, los caudales ecológicos se establecen en los modelos de simulación como caudales mínimos en uno o varios tramos de río, manteniendo el caudal mínimo impuesto siempre que existan los recursos disponibles y se garantice la prioridad al abastecimiento.
 - La relación entre los caudales mínimos y los usos consuntivos se analizará principalmente a través de la variación de los niveles de garantía definidos en la Instrucción para los usos agrícolas³:
 - a. El déficit en un año no sea superior al 50% de la correspondiente demanda.
 - b. En dos años consecutivos la suma de déficit no sea superior al 75% de la demanda anual.
 - c. En diez años consecutivos la suma de déficit no sea superior al 100% de la demanda anual.
3. Consideración de la experiencia recientemente adquirida en la gestión de la sequía en el sistema Júcar. Estas experiencias han sido recogidas en los modelos de simulación ya que:
- Introducen la gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas mediante el establecimiento de pozos de sequía y rebombes de aguas superficiales que se activan de acuerdo a las reglas establecidas por la Comisión de Sequía.
 - Recogen los umbrales en las reservas a partir de los cuales se activan restricciones al suministro determinados recientemente por la Comisión Permanente de Sequía.
4. Análisis de la incidencia del régimen de caudales mínimos preferentemente en los usos actuales sin abordar escenarios futuros.

El proceso de concertación para la implantación del régimen de caudales ecológicos tendrá en cuenta los usos y demandas existentes y su régimen concesional, así como las buenas prácticas⁴. Por lo tanto el análisis de la incidencia de caudales mínimos en los niveles de garantía de las demandas consuntivas se realizará teniendo en cuenta

² IPH 3.3

³ IPH 3.1.2

⁴ IPH 3.4.6

preferentemente los usos actuales, sin abordar escenarios futuros. Abordar escenarios futuros, aunque resulta esencial para los trabajos del futuro Plan Hidrológico en lo que se refiere a las nuevas asignaciones y reservas, queda fuera del alcance del Plan de Recuperación del Júcar.

3.3. Herramientas de análisis

La modelación de la gestión del sistema Júcar se ha realizado mediante el módulo Simges del paquete Aquatool-DMA desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (www.upv.es/aquatool). Simges es un modelo general para la simulación de la gestión de sistemas de recursos hidráulicos complejos en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte y de utilización o consumo. El modelo es aplicable para cualquier esquema de recursos hidráulicos.

La simulación se efectúa a escala mensual. Para los subsistemas superficiales el flujo es calculado por continuidad mientras que para los subsistemas subterráneos el flujo es simulado mediante modelos de celda o incluso mediante modelos distribuidos de flujo lineal. En la simulación se tiene también en cuenta las pérdidas por evaporación y filtración en embalses y cauces, así como las relaciones entre aguas superficiales y subterráneas.

La gestión de los recursos hidráulicos se realiza mediante reglas de operación que son las reglas de explotación aplicadas en el sistema admitiendo la definición de caudales mínimos ecológicos así como de diferentes prioridades de los usuarios para el aprovechamiento de agua.

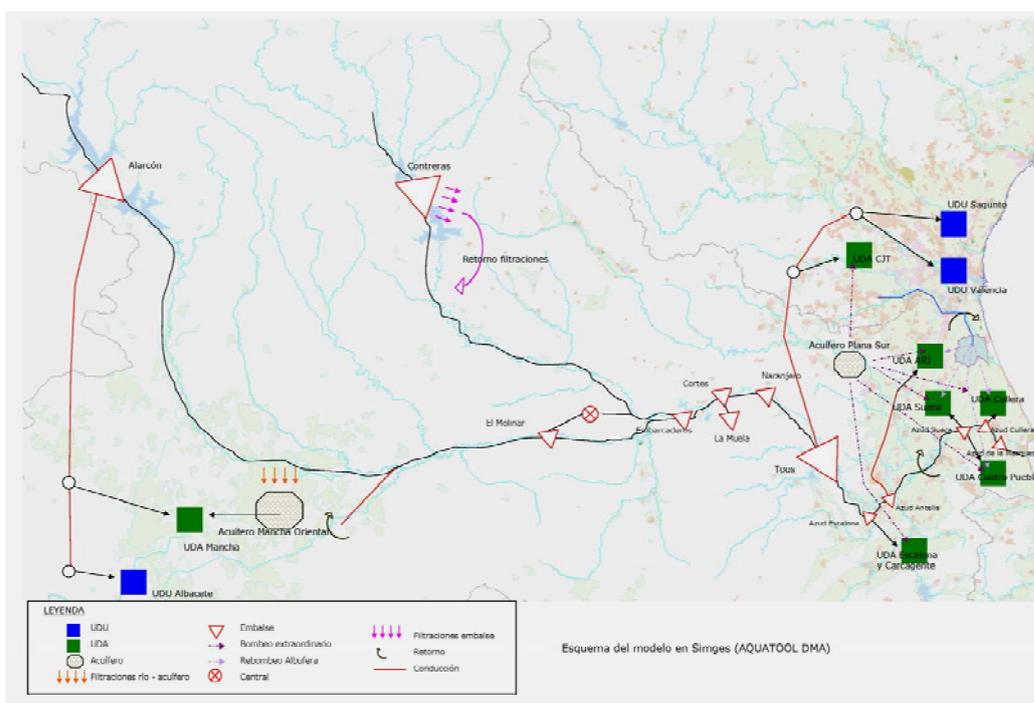


Figura 17. Esquema simplificado del sistema de explotación.

La Figura 17 muestra un esquema simplificado del sistema de explotación que incluye los principales elementos incorporados al modelo y que se describen a continuación:

1. Aportaciones

Las aportaciones al sistema se han obtenido a partir de la restitución a régimen natural, series que son mantenidas dentro de los trabajos de seguimiento del Plan de cuenca. La serie considerada abarca el periodo desde octubre de 1940 hasta septiembre de 2006. La serie de aportaciones se incorpora en las cabeceras de los ríos Cabriel y Júcar, aguas arriba de la incorporación del río Valdemembra, aguas arriba de la confluencia Júcar - Cabriel, tanto por margen derecha como por la izquierda y aguas abajo de Tous en los ríos Sellent, Albaida, Magro y Verde, aunque estos últimos de forma agregada.

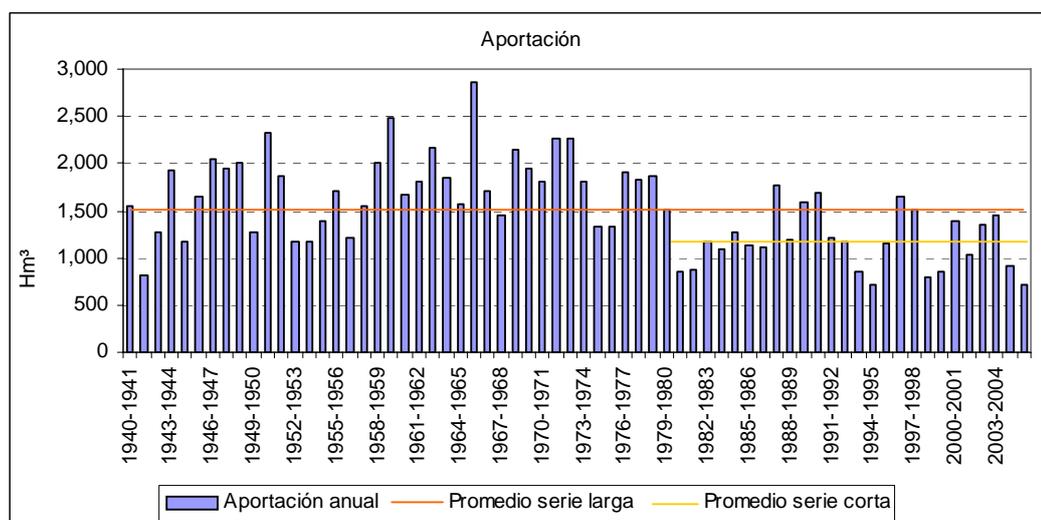
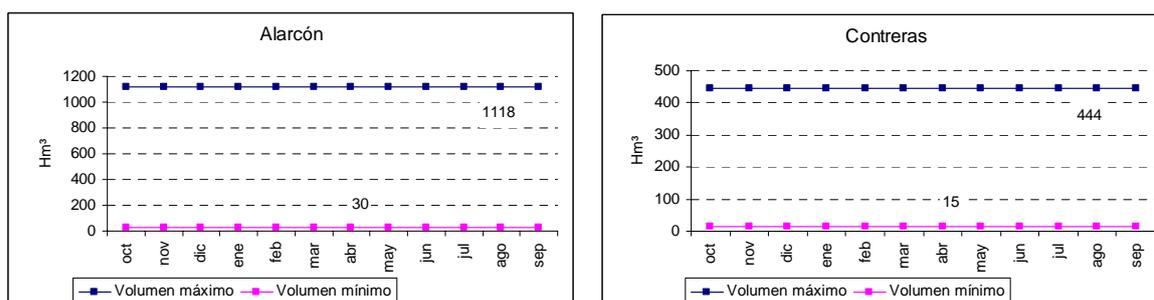


Figura 18. Aportación anual del Sistema en la serie histórica (1940/41-2005/06).

2. Embalses

En el modelo se han diferenciado los embalses de regulación, que son utilizados en la gestión del sistema (Alarcón, Contres y Tous) y los embalses hidroeléctricos (El Molinar, Cortes, Naranjero, La Muela) que sólo se han incluido a efectos ilustrativos.

En los embalses de Alarcón, Contreras y Tous para su utilización como sistemas de regulación se han incluido las restricciones de volúmenes mínimos y máximos mostrados en la siguiente figura.



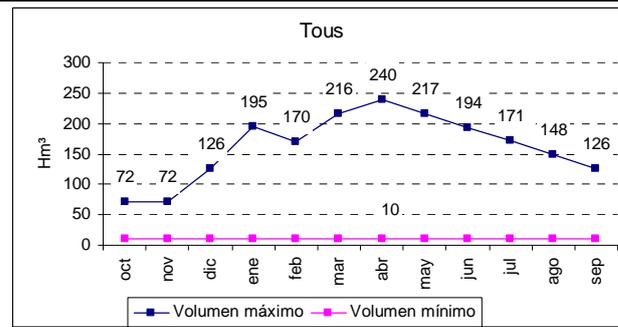


Figura 19. Volúmenes máximos y mínimos en los principales embalses del sistema.

3. Tramos de río

El modelo presenta 119 conducciones que representan a 125 masas de agua en las que se ha dividido el sistema conforme a los criterios establecidos en la IPH. Así mismo se han incorporado las infraestructuras hidráulicas de mayor relevancia como el Acueducto Tajo-Segura, el Canal Júcar-Turía, la Acequia Real del Júcar y las acequias de Sueca y Cullera. Además se encuentra incorporadas las conexiones con el Parque Natural de l'Albufera de Valencia.

De las conducciones mencionadas 18 de ellas presentan relaciones con las masas subterráneas; incorporando relaciones de pérdidas netas o bien caracterizando su conexión hidráulica pudiendo ganar o perder caudal en función de los niveles piezométricos del acuífero. Destaca la consideración en el modelo del acuífero de La Mancha Oriental incorporando su relación con el río (detracciones o aportaciones) en función del régimen de extracciones.

Adicionalmente, el modelo utilizado incorpora la consideración de los retornos tanto superficiales como subterráneos de los usos existentes.

4. Calibración obtenida

Con los elementos descritos anteriormente y asimilando las demandas a los suministros recientes se ha calibrado el modelo del sistema, introduciendo como criterios de gestión, tanto la curva de garantía definida en el Convenio de Alarcón, como la experiencia de la última sequía o las prioridades establecidas en el Plan de cuenca vigente.

A continuación se muestra la comparación del volumen embalsado, tanto histórico como simulado, en el conjunto de Alarcón, Contreras y Tous para el periodo 1993/94-2005/06, periodo seleccionado para analizar el comportamiento del modelo en los dos últimos ciclos de sequía. Los resultados muestran un buen acuerdo del modelo de simulación con los volúmenes realmente registrados, con pequeñas diferencias difícilmente reproducibles mediante una modelación numérica.

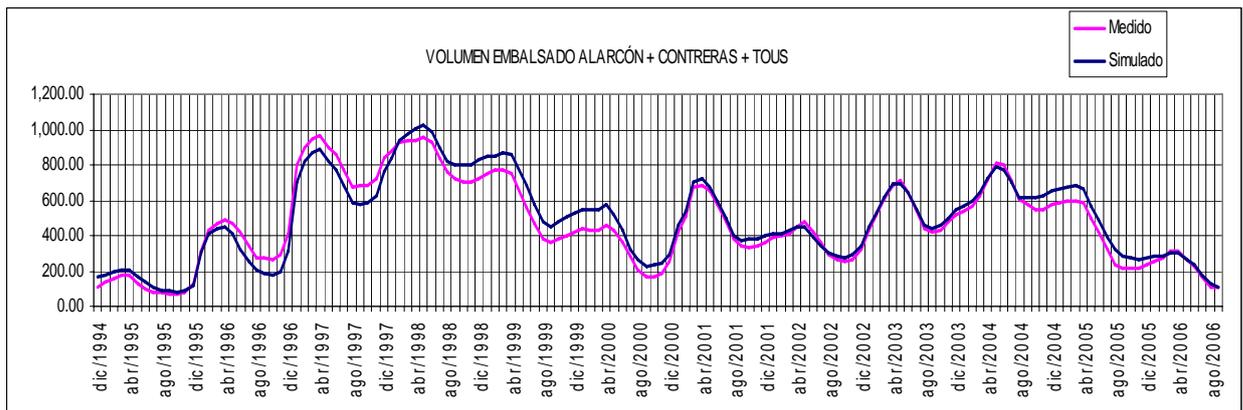
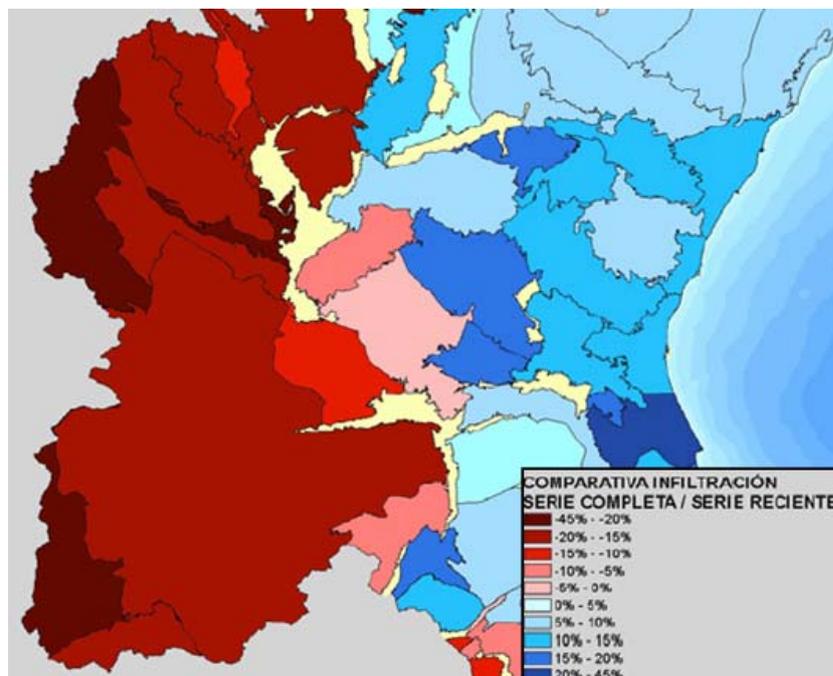


Figura 20. Evolución de los niveles embalsados en Alarcón + Contreras + Tous

3.4. Elementos y condicionantes considerados

1. Reducción del régimen de aportaciones. Las aportaciones en el Júcar desde el año 1980 han sufrido una considerable reducción lo que se traduce en una disminución cercana al 30% en las aportaciones al embalse de Tous. Esta reducción, unida a la modificación de la pluviometría, plantea además incertidumbres ligadas a distintos escenarios de cambio climático, por lo que parece aconsejable analizar detalladamente el periodo 1980 a 2005.



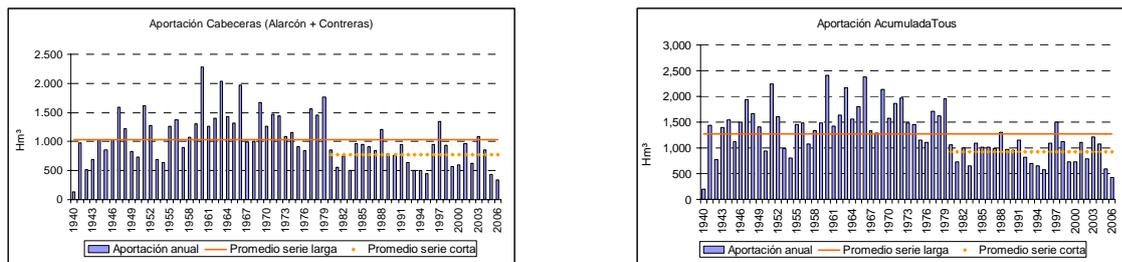


Figura 21. Diferencia espacial de la infiltración por masa de agua subterránea, comparación de la serie completa (1940-2005) y las series recientes (1985-2005) y repercusión sobre las aportaciones de Alarcón + Contreras y Tous.

En el modelo se han incorporado las aportaciones en régimen natural de la serie completa, aunque dada la reducción de las aportaciones desde 1980 (Tabla 2) los análisis efectuados se han centrado en el último periodo 1980/2006.

Aportación	RRN Serie 1940-2006	Acumulado	RRN Serie 1980-2006	Acumulado
Alarcón	407	407	291	291
Alarcón - Molinar	290	697	238	528
Contreras	347	1,044	246	774
Molinar - Contreras - Tous	250	1,295	154	929
Tous - Sueca	221	1,516	243	1,171
Total	1,516		1,171	

Tabla 3. Resumen de Aportaciones en la serie completa y reciente.

2. Imposibilidad de separar el establecimiento del régimen de caudales ecológicos del proceso de determinación de las asignaciones y reservas del sistema. En ese sentido, sólo se ha realizado una simulación del sistema con un escenario coincidente con las asignaciones establecidas y reservas ya materializadas en el Plan Hidrológico del Júcar (1998), que muestra (Figura 22) como, con independencia del análisis detallado que pueda realizarse de los caudales mínimos, el volumen almacenado en el sistema Alarcón-Contreras-Tous no plantea problemas hasta el año 1980, pero no se recupera tras la sequía de los 80, haciendo difícilmente viable este escenario de demandas. Esta situación cambiará apreciablemente con las actuaciones en curso de modernización de los regadíos tradicionales y permitirá realizar un análisis conjunto de las nuevas asignaciones y reservas y los nuevos caudales mínimos, que serán acometidas en el marco del nuevo Plan y no en el hito actual del Plan de Recuperación del Júcar.

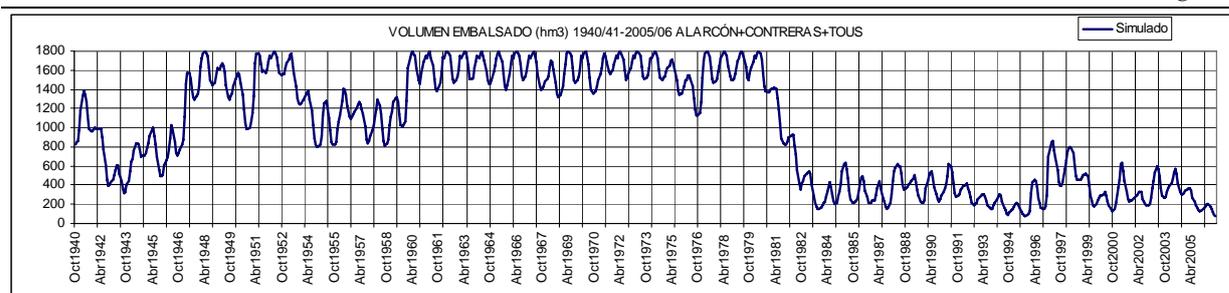


Figura 22. Volumen embalsado simulado (Alarcón+Contreras+Tous) con la serie de aportaciones 1940/41-2005/06 y con las asignaciones del PHJ(1998).

3. Demandas actuales, un necesario punto de partida. El escenario más representativo de cómo un régimen de caudales mínimos afecta a los usos es analizar su incidencia en los suministros actuales, para lo que se han estudiado los suministros de los últimos años, teniendo en cuenta el efecto del último periodo de sequía, pero teniendo ya en cuenta la entrada en servicio de alguna de las actuaciones de modernización, como la primera fase de la Acequia Real del Júcar.

En el caso de la demanda urbana de Valencia se ha considerado un suministro similar al reciente, unos 120 hm³, pero teniendo en cuenta que sólo un 75% del mismo se realiza desde el río Júcar. Para los abastecimientos de Albacete y Sagunto, con los mismos criterios, se han establecido unos suministros del orden de 15 y 7 hm³ respectivamente.

En lo que se refiere a las demandas agrícolas, se han analizado en detalle los suministros mensuales a las distintas comunidades de regantes y la experiencia adquirida en el último periodo de sequía. Los suministros realmente realizados y el valor finalmente utilizado en las simulaciones como “actual”, mostrado como línea horizontal, se incluyen en la siguiente figura de forma agregada para los regadíos tradicionales de la Ribera Alta y Baja. Las anteriores estimaciones no tienen más valor que la necesaria caracterización de los suministros actuales, como elemento más representativo del sistema. En la tabla 4 se incluye un resumen de los suministros utilizados tanto para la caracterización de las asignaciones del PHJ, resultados ya mostrados en la Figura 22, como para la caracterización de la situación actual.

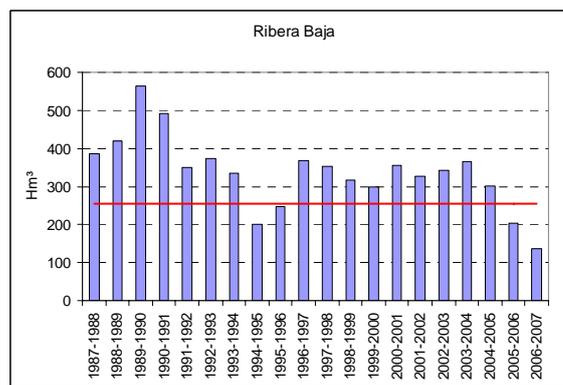
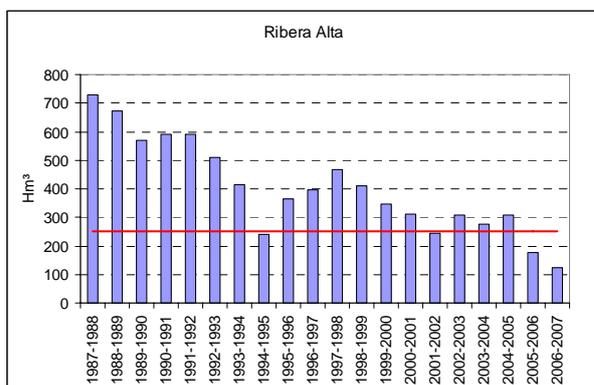


Figura 23. Evolución de los suministros recientes a los regadíos de la Ribera Alta y Baixa.

Demanda	PHJ 97 Asignaciones	Demandas "Actuales"
Ribera Alta y Baixa	725 hm ³ /año	495 hm ³ /año
Canal Júcar-Turia	95 hm ³ /año	27+43 hm ³ /año (uso conjunto)
Mancha Oriental	320+80 hm ³ /año (uso conjunto)	375+21 hm ³ /año (uso conjunto)
Valencia	3 m ³ /s	95 hm ³
Albacete	1 m ³ /s	15 hm ³
Sagunto	1 m ³ /s	7 hm ³

Tabla 4. Resumen de la principales Asignaciones del Júcar (PHJ, 1998) y su demanda actual caracterizada a partir de los suministros recientes.

4. Consideración de la modernización de los regadíos tradicionales. Las obras de modernización de regadíos permitirán la mejora de las eficiencias de los regadíos actuales con una importante disminución de las demandas brutas del sistema, aunque también con una reducción de retornos que debe ser cuidadosamente considerada.

El análisis de la situación actual se muestra en la Tabla 5, donde las demandas brutas coinciden con los denominados suministros actuales en el apartado anterior y las demandas netas, consideradas como consumos de los cultivos, son las utilizadas en los actuales trabajos de elaboración del Plan Hidrológica y propuestas por el anterior Ministerio de Agricultura (MAPyA) por tipo de cultivo y comarca, siendo las eficiencias, el resultado obtenido. Conviene indicar que estas demandas netas proceden de estimaciones agronómicas y presentan valores inferiores respecto a las utilizadas en el anterior Plan hidrológico, con lo que los valores de eficiencia son también inferiores a los utilizados en trabajos anteriores. Asimismo se incluye la estimación de los retornos, que en la situación actual se producen a l'Albufera de Valencia, siendo una parte importante de su alimentación hídrica total.

El escenario mostrado en la misma tabla de la modernización es sólo una primera aproximación a un complejo problema y de gran trascendencia en el funcionamiento del sistema Júcar. Se considera bastante fiable el objetivo de una eficiencia de 0,70 en la Ribera Alta, dadas las actuaciones en curso de transformación a riego localizado de cítricos, pero resulta bastante más arriesgado la estimación en la Ribera Baixa, con una eficiencia objetivo de 0,52, dada la dificultad técnica de actuaciones de modernización en arrozales y la dificultad ambiental de las actuaciones de mejora de la eficiencia de conducción y distribución en el ámbito del Parque Natural de l'Albufera.

Los ahorros brutos tras la modernización se obtienen como diferencia entre las demandas brutas en las situaciones previa y posterior a la modernización. Esos ahorros indican que es necesario derivar bastante menos agua para satisfacer las necesidades de los cultivos, aunque este escenario de ahorros, como ya se indicó, es sólo una primera aproximación que debe ser cuidadosamente validado, dada la

trascendencia que tiene en la planificación hidrológica del conjunto del sistema Júcar. En la misma tabla, se resumen la valoración preliminar del efecto de la modernización y también la repercusión volumétrica sobre los retornos.

Escenario actual	Demanda (hm ³)			
Zona	Neta	Bruta	Eficiencia	Retornos Albufera
Ribera Alta	104	250	0,41	40
Ribera Baixa	81	245	0,33	37
TOTAL	185	495	0,38	77

Modernización Regadíos	Demanda			
Zona	Neta	Bruta	Eficiencia	Retornos Albufera
Ribera Alta	104	149	0,70	14
Ribera Baixa	81	157	0,52	18
TOTAL	185	306	0,63	32

Modernización + Albufera	Demanda			
Zona	Neta	Bruta	Manten Albufera	TOTAL
Ribera Alta	104	149	26	
Ribera Baixa	81	157	18	
TOTAL	185	306	45	351

Tabla 5. Resumen de demandas, eficiencias de los Riegos Tradicionales del Júcar y su relación con los retornos a l'Albufera.

Los resultados muestran que una vez concluida la modernización los ahorros brutos serían de algo inferior a unos 200 hm³/año, sin embargo, una parte importante de las pérdidas que se producían en la situación previa a la modernización retornaban al sistema como aportes al río Júcar o a la Albufera. Estos retornos son esenciales para cubrir las necesidades hídricas de la Albufera y del tramo final del río Júcar. Como se aprecia la modernización de los regadíos prevé una reducción de los retornos a la Albufera cercanos a los 45 hm³ (77-32 hm³), que deberían ser garantizados con suministros específicos para satisfacer las necesidades del humedal si se desea que no varíe el balance hídrico actual del humedal. Las pérdidas de caudal debido a la reducción de retornos en el río Júcar vendrán compensadas mediante el establecimiento e implantación del propio régimen de caudales ecológicos, en el tramo bajo del río Júcar, pero si se admite la hipótesis de no modificación del balance hídrico en l'Albufera, el ahorro quedaría reducido a menos de 150 hm³/año.

Esta cifra resulta de gran importancia para la planificación de la cuenca del Júcar por lo que puede significar en cuanto a la liberación de caudales en un sistema que se encuentra en un equilibrio estricto entre sus recursos disponibles y los usos. También resulta relevante en el régimen de caudales ecológicos que finalmente se adopte en el Plan Hidrológico de cuenca y los primeros resultados obtenidos muestran como el escenario de modernización considerado resulta trascendente en los balances futuros, por lo que su análisis final deberá llevarse a cabo en el proceso de elaboración del Plan Hidrológico, aunque el avance aquí realizado puede considerarse un primer paso.

5. Movilización de recursos extraordinarios. La reciente sequía ha proporcionado información muy valiosa sobre las mejores estrategias y su efecto para mejorar las garantías de suministros de los usos actuales. Es evidente que la movilización de recursos extraordinarios, como los procedentes de pozos de sequía, no deben constituirse como un recurso habitual, sino que deben ser movilizados solo en determinados escenarios de alerta de forma coherente con lo indicado en el “Plan Especial de actuación en situación de alerta y eventual Sequía” (PES).

El uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, especialmente en la Ribera del Júcar, tiene una importante componente económica por el mayor coste de los bombeos pero su uso en época de sequía reduce considerablemente los niveles de déficit si bien su movilización tiene limitaciones técnicas y administrativas que deben ser valoradas. Tras los análisis realizados mediante un modelo distribuido de flujo subterráneo de la Plana Sur de Valencia (CHJ, 2003) se llegó a la conclusión de que podría plantearse una extracción anual continua de recursos subterráneos de entre 20 y 30 hm³/año que podría incrementarse puntualmente en situaciones de sequía. La experiencia de la reciente sequía, Tabla 6, muestra para los regadíos tradicionales del Júcar de forma separada en la Ribera Alta y Baixa, el volumen de recurso (Hm³) procedente de los pozos de sequía autorizado para la campaña 2007 y el realmente utilizado. La diferencia entre ambos valores indica las dificultades técnicas que todavía existen para utilizar de forma completa el conjunto de las instalaciones y la necesidad de realizar estimaciones realistas al respecto.

	Autorización 2007	Utilizado 2007
Ribera Alta	53,01	22,71
Ribera Baixa	9,99	5,48
Total	63	28,19

Tabla 6. Volumen autorizado y utilizado en los regadíos tradicionales en los pozos de sequía en la campaña 2007.

De forma adicional a los pozos de sequía, existe la posibilidad de rebombear sobrantes de aguas superficiales especialmente en la Ribera Baixa, con volúmenes importantes, especialmente en la Comunidad de regantes de Sueca, limitada a un límite en la calidad del agua ya que los rebombes deben interrumpirse cuando la salinidad del agua supera los 3.000 µS/cm.

3.5. Resultados

Los criterios anteriores han sido considerados para realizar una modelación detallada del sistema de explotación Júcar con el periodo 1980/81 a 2005/06 en el denominado escenario “actual”, analizado la repercusión de la implantación de los caudales ecológicos en los puntos considerados más determinantes en los usos existentes: el azud de Antella y la estación de aforos de Huerto Mulet. Se ha realizado un análisis

paramétrico, variando los caudales mínimos en esos dos tramos, y mostrado los resultados en aquellas demandas que se han mostrado más sensibles a los mismos: los regadíos tradicionales de aguas superficiales.

Como ejemplo, se muestra en las siguientes figuras, la relación entre el déficit máximo de los regadíos tradicionales del Júcar, expresado como porcentaje de la demanda anual media, a 1, 2 y 10 años, y el caudal mínimo en los dos tramos considerados, considerando asimismo dos escenarios de recursos alternativos: la no existencia de recursos extraordinarios y un escenario "optimista" de recursos adicionales considerando la capacidad máxima de aprovechamiento de los recursos procedentes de bombeos y rebombeos.

Regadíos tradicionales: Ribera Alta (Acequia Real del Júcar, Escalona y Carcaixent) y Ribera Baja (Sueca, Cullera y Cuatro Pueblos)

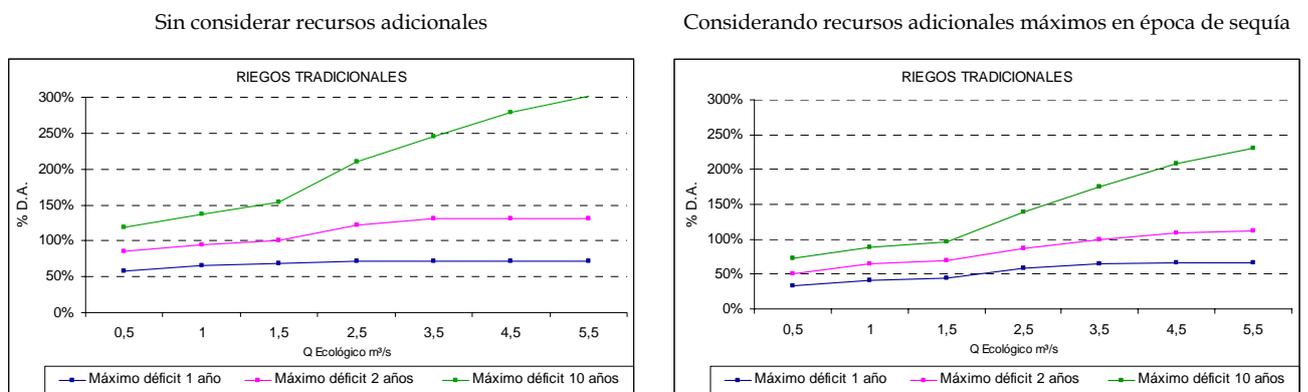


Figura 24. % de déficit respecto de la Demanda Anual (D.A.) en relación con el caudal ecológico en Antella.

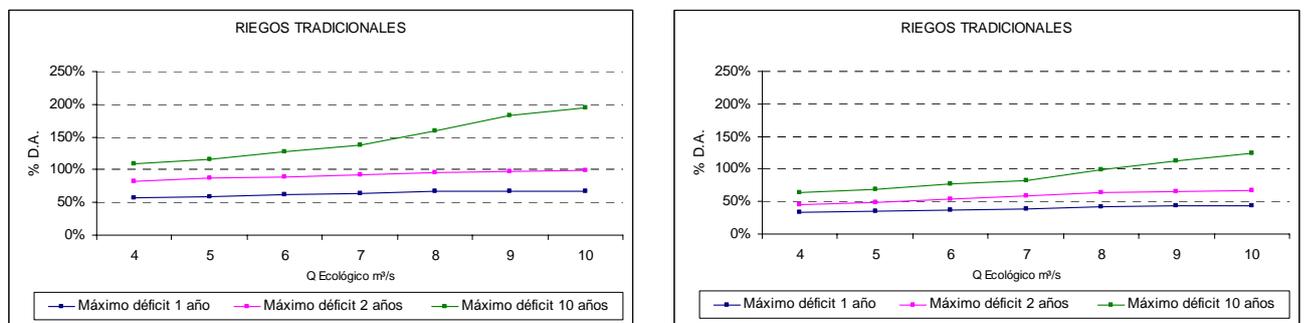


Figura 25. % de déficit respecto de la Demanda Anual (D.A.) en relación con el caudal ecológico en Huerto Mulet.

En las anteriores gráficas, se observa un cambio de pendiente en los caudales mínimos correspondientes a 1,5 m³/s en el azud de Antella y a un rango de 6-7 m³/s en el tramo de Huerto Mulet, con un mayor crecimiento del déficit a partir de esos valores. Respecto a la aportación de recursos extraordinarios en época de sequía, ésta reduce considerablemente los niveles de déficit, mostrando como en situación actual y con estos recursos, se cumplen estrictamente los criterios de garantía incluidos en la IPH con los valores de caudales mínimos ya indicados. No obstante, su movilización tiene

limitaciones técnicas y administrativas que deben ser valoradas cuidadosamente, aunque los resultados mejoran de forma muy apreciable.

4. CONCLUSIONES

Con la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (DMA) es necesario conseguir el buen estado ecológico en las masas de agua para el año 2015. Además el Reglamento de Planificación Hidrológica establece que el plan hidrológico determinará el régimen de caudales ecológicos en los ríos y aguas de transición de modo que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados. El proceso de implantación del régimen de caudales ecológicos se desarrollará conforme a un proceso de concertación que tendrá en cuenta los usos y demandas actualmente existentes y su régimen concesional, así como las buenas prácticas.

En esta línea, la nueva planificación hidrológica además de atender las demandas de agua de los distintos aprovechamientos, deberá hacer frente a una nueva restricción: proporcionar un caudal que permita cumplir con la conservación y recuperación de la calidad ecológica de nuestros ríos.

En este sentido, la Comisión de caudales ecológicos del Plan de Recuperación del Júcar ha permitido avanzar significativamente en el necesario proceso de concertación de un régimen de caudales ecológicos.

El ámbito de trabajo establecido por la Comisión ha sido las masas de agua categoría río que forman parte del río Júcar incluidos sus afluentes, aunque el avance de los trabajos ha estado condicionado por los tramos en los que existían trabajos técnicos ya elaborados distribuidos de la siguiente manera: 8 en el Júcar, 3 en el Cabriel y 1 en el Magro.

Los objetivos marcados por la Comisión, en su primera sesión, se centraron en el establecimiento de los criterios del proceso de concertación del régimen de caudales ecológicos, incluyendo los tramos de interés, las metodologías de estimación y la problemática asociada a su implantación, todo ello con un horizonte de continuidad en el proceso de elaboración del nuevo Plan Hidrológico de cuenca.

Establecidos los objetivos se inició un periodo de intenso trabajo de la Comisión que ha incluido la celebración de 5 sesiones celebradas en julio y octubre de 2007 y enero, mayo y julio de 2008, incluyendo una visita de campo en febrero de 2008 al tramo bajo del río Júcar.

Los resultados alcanzados, todavía provisionales, se refieren tanto al régimen de caudales ecológicos, como a su relación con el sistema de utilización de recursos hídricos y sus garantías, todo ello utilizando los criterios técnicos de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), todavía en proceso de aprobación.

En lo que se refiere al régimen de caudales, se han debatido los estudios técnicos específicos, con métodos hidrológicos y de modelación de hábitat, desarrollados por el Organismo de cuenca. Estos resultados han incorporado parcialmente las aportaciones de los diferentes agentes, estando todavía en fase de análisis algunas

aportaciones presentadas sin tiempo para ser tratadas en la correspondiente Comisión.

Estos resultados no recogen la totalidad de los componentes del régimen de caudales ecológicos, que serán incorporados a partir de nuevos trabajos recientemente iniciados, pero han permitido proponer un intervalo inicial de un régimen mensual de caudales mínimos en 12 tramos del río Júcar. El establecimiento de este rango de caudales ha tenido en cuenta, como valor inferior, el caudal correspondiente al 30 % del Hábitat Potencial Útil (HPU) en masas muy alteradas hidrológicamente o el 50% en el resto de casos, y como valor superior, el obtenido del análisis conjunto del caudal correspondiente al 80 % del HPU y el obtenido por el método hidrológico del caudal básico de mantenimiento (QBM), intentando asegurar una continuidad en los distintos tramos y la coherencia de los resultados.

La implantación del régimen de caudales mínimos y la estimación de su relación con las garantías de los usos existente es un problema extremadamente complejo, cuyo análisis sólo se ha iniciado mediante la simulación del sistema Júcar usando un modelo numérico detallado. Asimismo, la concentración de demandas en el tramo aguas abajo del embalse de Tous, último embalse de regulación, hace que el sistema sea especialmente sensible al régimen de caudales mínimos en el tramo de Huerto Mulet y especialmente, del azud de Antella, por lo que el análisis se ha centrado de forma preliminar exclusivamente en esos dos puntos.

Un primer elemento que ha sido puesto de manifiesto es la práctica imposibilidad de separar el establecimiento del régimen de caudales mínimos y las asignaciones y reservas del futuro Plan. En este sentido, no puede ser objeto del PRJ la determinación de las asignaciones y reservas del nuevo Plan, pero si aportar una caracterización que ayude a articular adecuadamente un proceso de participación pública eficaz.

De acuerdo con lo anterior, junto a determinados escenarios de suministro relacionados con las determinaciones del vigente Plan Hidrológico de cuenca del Júcar, se ha analizado, como escenario más representativo, el correspondiente a unos suministros similares a los actuales, estableciendo una metodología de presentación de resultados. El análisis realizado es provisional, pero ya se apuntan determinados elementos básicos en los que habrá que profundizar: incidencia de la reducción del régimen de aportaciones en los últimos años, necesidad de relacionar volumen de suministro y su correspondiente garantía y la importancia de estimar de forma fiable los resultados de las actuaciones de modernización de regadíos y su incidencia en los aspectos ambientales del propio río y de los humedales asociados, en los que destaca l'Albufera.

La complejidad de esta Comisión no ha permitido abordar todos los objetivos inicialmente fijados, pero la incorporación de los trabajos ya realizados al proceso de elaboración del nuevo Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar, asegurará una continuidad al proceso, máxime cuando el modelo de participación establecido para el

proceso de planificación, asegura la constitución de la Mesa del PRJ, como Comisión territorial del mismo.

REFERENCIAS

- BOVEE, K. D. 1982. *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. U.S. Fish and Wildlife Service, Cooperative Instream Flow Group. Instream flow information paper 12. 248 pp
- Confederación Hidrográfica del Júcar, 2005. *Informe de ahorros producidos por la modernización de regadíos en la Ribera del Júcar*.
- Confederación Hidrográfica del Júcar, 2007. *Plan especial de actuación en situación de alerta y eventual sequía*.
- JOWETT, I.G. 1989. *River hydraulic and hábitat simulation. RHYHABSIM computer manual*. N.Z. Fish. Misc. Rep. No. 49.
- MARTÍNEZ-CAPEL, F. 2000. *Preferencias de microhábitat de Barbus bocagei, Chondrostoma polylepis y Leuciscus pyrenaicus en la cuenca del río Tajo*. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Madrid.
- MARTÍNEZ-CAPEL, F. y colaboradores. 2006. *Estimación de las curvas de preferencia de microhábitat para determinadas especies piscícolas representativas como paso intermedio en el establecimiento de caudales medioambientales en los ríos de la Demarcación Hidrográfica del Júcar*. Universidad Politécnica de Valencia. Investigación encargada por la Oficina de Planificación Hidrológica
- PALAU, A.& ALCARAZ, J. 1996. *The Basic Flow: An alternative approach to calculate minimum environmental instream flows*. Proc. 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics Ecohydraulics 2000. Vol. A: 547-558. Québec, Canadá.
- PÉREZ, M.A. 2005. *Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para grandes cuencas*. Memoria Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de Cuenca.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- RICHTER, B.D., J.V. BAUMGARTNER, R. WIGINGTON, D.P. BRAUN. 1997. *How much water does a river need?* Freshwater Biology 37: 231-249.
- STEFFLER, P. y BLACKBURN, J. 2002. *River-2D two dimensional depth averaged model of river hydrodynamics and fish habitat, Introduction to depth averaged modeling and user's manual*. University of Alberta.