

9. CUENCA DEL JÚCAR

9.1. INTRODUCCIÓN

Los análisis realizados en el Libro Blanco del Agua en España muestran a la cuenca del Júcar como un territorio en situación global de escasez coyuntural, y en el que existen zonas con importante déficit estructural de recursos hídricos. Ello hace que esta cuenca deba ser considerada en el estudio de las posibles transferencias externas a dilucidar por este Plan Hidrológico Nacional, siendo tal estudio el que se desarrolla en el presente capítulo.

El Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar identifica en su ámbito territorial un conjunto de nueve sistemas de explotación de recursos denominados Cenia-Maestrazgo, Mijares-Plana de Castellón, Palancia-Los Valles, Turia, Júcar, Serpis, Marina Alta, Marina Baja y Vinalopó-Alacantí. A efectos de su análisis para la planificación hidrológica nacional, estos sistemas de explotación se han simplificado y agregado en un sistema único agregado, que permite su estudio con la resolución adecuada a esta escala de planificación, y su armonización técnica con el resto de los sistemas estudiados. Junto a ello, y con el objetivo de incorporar la reciente sequía, se ha procedido a la actualización de series hidrológicas, así como a estudiar distintas posibilidades de incremento de las disponibilidades propias y trasvasadas, tal y como se verá en los correspondientes epígrafes.

Una acotación inicial básica es el análisis técnico de las disponibilidades del río Júcar (MIMAM, 1997), realizado en el contexto del Plan Hidrológico de cuenca, cuyos conceptos y resultados fundamentales se estiman correctos y plenamente vigentes a los efectos de este Plan Nacional. Asimismo, las determinaciones del Plan del Júcar sobre otros sistemas y sus asignaciones y reservas se asumen y mantienen íntegramente por este Plan Nacional, y constituyen su referencia básica de partida.

En síntesis, los elementos y magnitudes fundamentales del sistema de explotación agregado, definido para todo el ámbito del Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar son los que se describen seguidamente.

9.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA

9.2.1. APORTACIONES

Los criterios para el establecimiento y ubicación de las aportaciones hídricas consideradas son los mismos que se adoptaron en el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar, pero extendiéndose ahora las nuevas series mensuales hasta el año hidrológico 1995/96 mediante el modelo de evaluación de recursos desarrollado para el Libro Blanco del Agua en España, y completándose con trabajos posteriores realizados por la Confederación Hidrográfica del Júcar.

La figura adjunta muestra los puntos básicos considerados para la evaluación de recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del Júcar.

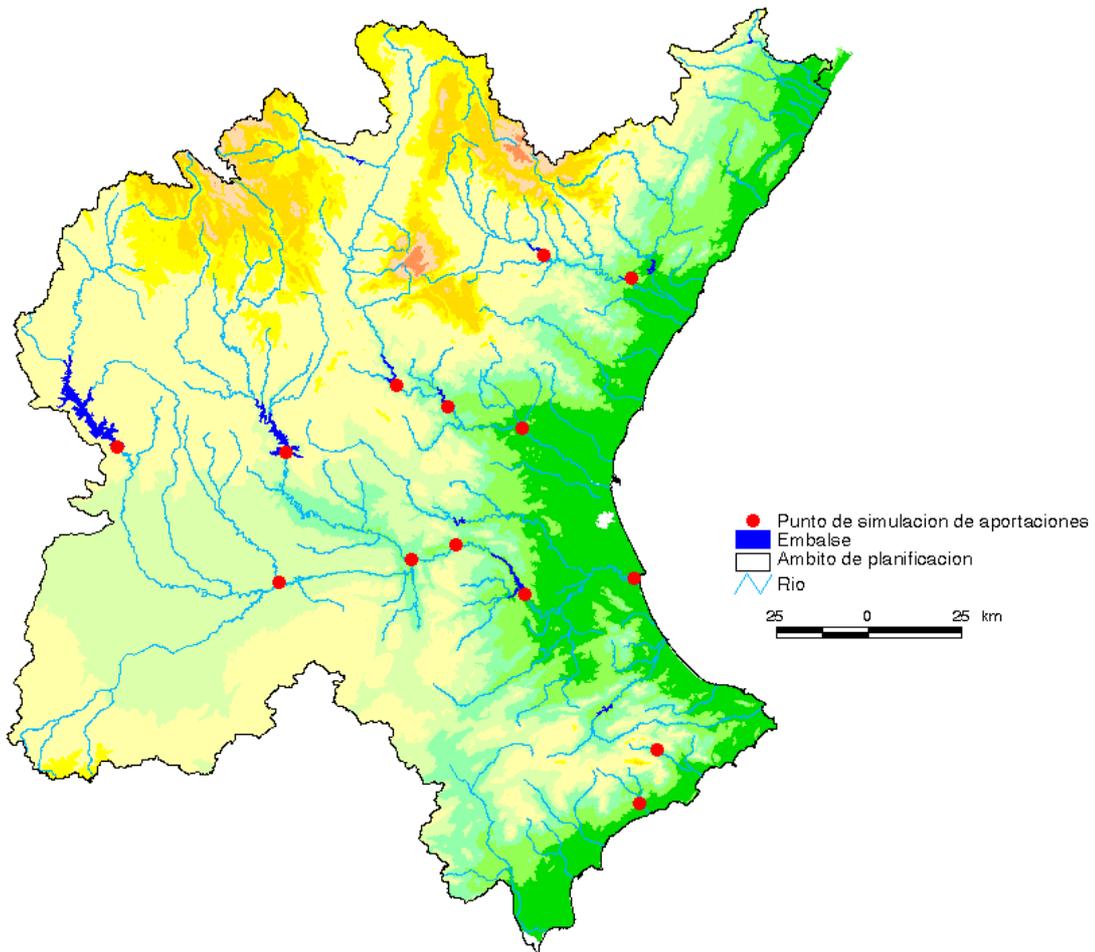


Figura 163. Puntos básicos de evaluación de recursos hídricos

La siguiente tabla resume los resultados de la evaluación en términos de sus valores medios anuales.

Punto de aportación	Aport. anual (hm ³)
Emb. Arenós	83
Emb. Sichar	80
Emb. Benagéber	257
Emb. Loriguilla	25
Emb. Villamarchante	64
Manises	51
Cab. Júcar	424
Molinar	354
Cab. Cabriel	383
Confl. Júcar-Cabriel	198
Emb. Naranjero	18
Emb. Tous	64
Ribera Baja	348
Emb. Guadalest	26
Emb. Amadorio	7
Bombeo Algar	4
Total:	2386

Tabla 85. Aportaciones hídricas consideradas en el sistema

Además de estas aportaciones propias de la cuenca, se incluyen dos posibles aportes externos que, sin perjuicio de que el origen del agua pueda ser cualquiera de los previstos en este Plan Hidrológico Nacional, entrarían físicamente a la cuenca o bien por el actual ATS, o bien por una nueva conducción procedente del Ebro que terminaría en el entorno de Villena, según el esquema que se presenta posteriormente. Obviamente, la cuantía de tales aportes no es un dato previo, sino que será un resultado del presente análisis.

9.2.2. DEMANDAS

Bajo los supuestos básicos de este Plan Hidrológico Nacional de garantía para los abastecimientos actuales y futuros, de eliminación de la infradotación y sobreexplotación de acuíferos, y de consolidación y no incremento de las superficies de riego, se han calculado las demandas básicas futuras a considerar en la cuenca del Júcar, conforme a las determinaciones de asignación y reserva de recursos establecidas en su Plan Hidrológico y en las disposiciones vigentes.

La figura adjunta ilustra sobre la situación de poblaciones y regadíos (principales demandantes de agua), y permite apreciar la fuerte concentración de las manchas de riego y de población en la zona costera, el área del Vinalopó, y el acuífero de Albacete.

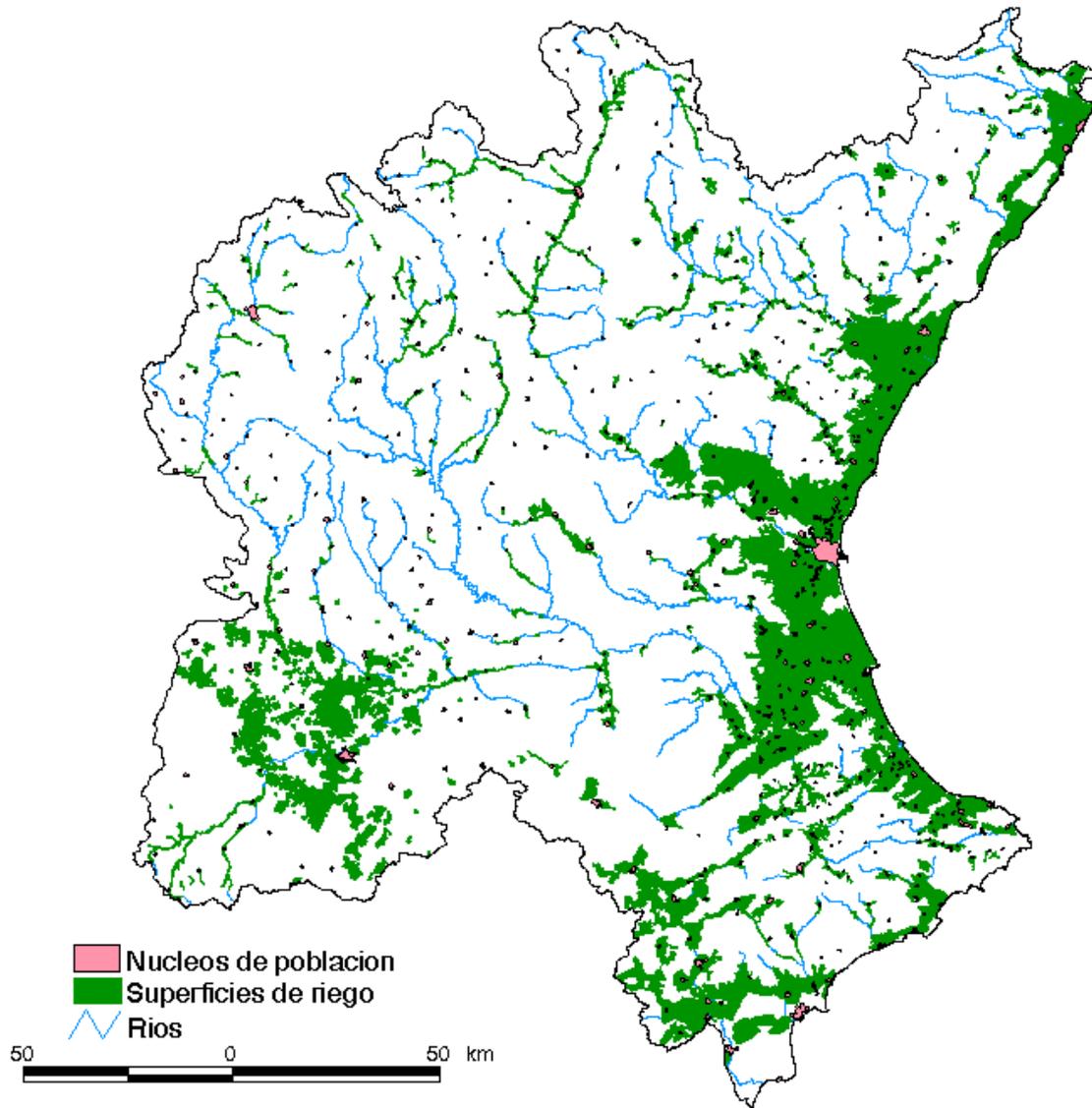


Figura 164. Mapa de situación de poblaciones y regadíos

Los resultados obtenidos en el análisis de demandas de este Plan Nacional se exponen seguidamente para los distintos sistemas de explotación básicos definidos en el Plan Hidrológico de cuenca.

En el sistema Cenia-Maestrazgo se considera una demanda de 20 hm³/año correspondiente a las Planas de Vinaroz-Peñíscola y Oropesa-Torreblanca, designada como Castellón Norte.

En el sistema Mijares-Plana de Castellón se sitúa la demanda de abastecimiento de Castellón-Benicassim, de 20 hm³/año.

En este mismo sistema se encuentran los riegos tradicionales del Mijares, con una demanda de 93 hm³/año. Los riegos del canal de la cota 220, canal de la cota 100 y María Cristina se suponen atendidos en un 50% con concesión de aguas superficiales y el otro 50% mediante bombeos. En estas condiciones las demandas son de 20 hm³/año para el canal de la cota 220 (11 actuales más 9 previstos), 18 para el canal de la cota 100

y 9 para los riegos de María Cristina. Si se decidiera sustituir los bombeos actuales las demandas correspondientes se transformarían en 40, 36 y 18 hm³/año

Las pérdidas del caudal mínimo aguas abajo del embalse de Sichar se modelan con una demanda ficticia consuntiva de 7 hm³/año y distribución uniforme al final del tramo.

En el interfluvio Mijares-Palancia (área de Vall d'Uxó) hay unos importantes regadíos atendidos con aguas subterráneas y con problemas graves y constatados, que suponen una demanda de unos 20 hm³/año, designada como Castellón Sur.

En el sistema Turia, las filtraciones en el embalse de Loriguilla se modelan como una demanda ficticia de 20 hm³/año con un retorno del 100% al nudo inferior.

Se consolida la unidad de demanda agraria de Campos del Turia con 100 hm³/año. La demanda de riego de Pueblos Castillos es de 52 hm³/año y se considera un retorno del 30%. La demanda de la Acequia Moncada es de 81 hm³/año y los riegos tradicionales del Turia (Vega de Valencia) de 80 hm³/año.

En el sistema Júcar se parte de los trabajos previos realizados para el Plan Hidrológico del Júcar (MIMAM, 1997), que se consideran básicos y representativos de la situación prevista por la planificación hidrológica de la cuenca. No obstante, desde el punto de vista de este Plan Nacional, procede introducir las consideraciones complementarias que se describen seguidamente.

Se modifica la demanda de regadíos del canal Jucar-Turia, para los que resulta razonable considerar su demanda nominal inicial de 125 hm³/año.

Una prioridad del Plan Hidrológico del Júcar, que ya se está llevando a cabo, es la de la mejora y modernización de regadíos tradicionales. Estas actuaciones sobre la demanda permitirán incrementar las disponibilidades futuras al generar unos ahorros de suministro estimados teóricamente en más de 200 hm³/año (Tomás, 1997). Considerando la necesidad de ponderar los adversos efectos ambientales de este ahorro, y adoptando un criterio prudencial, introduciremos esta circunstancia en el modelo suponiendo una disminución de los requerimientos de la Acequia Real del orden de la mitad de esta cifra teórica, con lo que estimativamente, y a efectos de cálculo, se supone reducida su demanda actual de 392 a 300 hm³/año.

El subsistema del Vinalopó-Alacantí se alimenta de aguas subterráneas sobreexplotadas y tiene graves problemas de suministro. Los 80 hm³/año previstos en el Plan Hidrológico para recibir del Júcar en primera fase se desglosan en 57 para regadíos (15 para el Alto Vinalopó, 40 para el medio Vinalopó y 2 para el Canal de la Huerta) y 23 para abastecimientos (10 para el sistema de la Marina Baja, 7 para Alicante, 3 para el Canal de la Huerta y 3 para otros varios).

En la situación de futuro, se ha previsto que la mejora y modernización de los regadíos tradicionales podría generar unos recursos adicionales que eleve la asignación actual de 80 hasta un máximo de 200 hm³/año (incremento máximo de 120 hm³/año). Este volumen se destinaría a completar el aumento de las demandas de abastecimiento de la Marina Baja -con una importantísima actividad turística y recreativa- en una cuantía estimada en 35 hm³/año (25 más de los actualmente previstos), a completar los abastecimientos del Vinalopó y Alacantí hasta 43 hm³/año (30 más de los actualmente

dispuestos), y a atender correctamente los riegos de la zona con un total de 122 hm³/año (65 de redotación y consolidación sobre los 57 actuales). Esto supone que deberá aportarse, en número redondos, unos 170 hm³/año al Vinalopó-Alacantí y otra cuantía complementaria para garantizar la Marina Baja.

La distribución estacional de demandas del Vinalopó-Alacantí atendidas con el trasvase del Júcar se supondrá, en principio, intermedia entre la de riegos y la de un abastecimiento modulado con fuerte estacionalidad turística, dada la significativa componente urbana de la demanda total y la capacidad de ajuste y regulación propia del sistema.

En el sistema de Marina Baja en la situación actual, sus demandas se estiman en 8 hm³/año para riegos (2 Amadorio y 6 Guadalest) y 23 hm³/año para abastecimientos (14 de Benidorm y Villajoyosa y 9 de Altea y otros), y se atienden con recursos propios (embalses de Guadalest y Amadorio y, fundamentalmente, aguas subterráneas) mediante un complejo y eficiente sistema de aprovechamiento. Los ocasionales déficit de este sistema aconsejaron prever de forma inmediata 10 hm³/año procedentes del Júcar, que se elevarían a unos 30 en el futuro, en previsión de los crecimientos del abastecimiento del área.

Esto supone, a nuestros efectos, una demanda de abastecimiento de unos 53 hm³/año, mientras que la demanda de riegos se considera estabilizada en 8 hm³/año, que puede considerarse similar a la actual, dado que no se prevén nuevas transformaciones significativas y los retornos aprovechables serán algo superiores.

Debe notarse que estas previsiones y necesidades se basan en la hipótesis de que no hay ampliaciones futuras de regadío, y se atiende estrictamente el crecimiento de los abastecimientos urbanos. En la medida en que los ahorros futuros por modernizaciones sean inferiores a estos máximos teóricos, el déficit existente en la zona deberá suplirse con aportes externos en mayor o menor cuantía.

Finalmente, para redotación, consolidación y pequeñas transformaciones en Castilla-La Mancha se estiman, a partir de las previsiones del Plan Hidrológico, hasta 100 hm³/año. Estos 100 sustituirían a los 65 fijados en el Plan para la situación actual, e incluirían todos los volúmenes necesarios para la plena consolidación futura de todos los riegos de la zona.

Es muy difícil fijar con precisión estas cifras, pero una estimación práctica razonable puede obtenerse considerando que las previsiones máximas del Plan Hidrológico del Júcar establecen un límite absoluto de hasta 185 (65+120) hm³/año, en el supuesto de que los ahorros futuros en todas las zonas de riego tradicional permiten alcanzar los 120 hm³/año máximos reservados para nuevas asignaciones. Suponiendo, como se ha indicado, que el ahorro real es del orden de la mitad del máximo previsto (92 hm³/año menos en la toma de la Acequia Real del Júcar) y que los ahorros se reparten equitativamente entre Valencia y Castilla-La Mancha, la demanda de riegos en esta zona puede redondearse prudencialmente a los 100 hm³/año indicados.

Visto el problema desde otra perspectiva, la de los expedientes administrativos para el aprovechamiento de aguas subterráneas en la zona, puede plantearse que si se resta del total de peticiones registradas en la Comisaría de Aguas del Júcar (unos 560 hm³/año)

el total actualmente evaluado según los estudios previos del Plan (320 hm³/año de bombeos + 80 de sustituciones), los 160 resultantes serían el nuevo aporte máximo necesario en el supuesto de que todas las peticiones son correctas y resueltas favorablemente. La cantidad propuesta de 100 hm³/año es un 63% de este máximo, lo que resulta un porcentaje ciertamente elevado, que no se alcanzará en la práctica, y que confirma la razonabilidad y holgura de la cuantía indicada, desde este punto de vista.

Ha de reiterarse, en todo caso, que estas magnitudes apuntadas son estimativas, y están a expensas de los ahorros reales que puedan efectivamente alcanzarse con la modernización y mejora de los regadíos tradicionales de la cuenca.

Nótese, por otra parte, que con las cifras indicadas se alcanza una cierta equidad territorial entre Valencia y Castilla-La Mancha en las nuevas asignaciones de recursos, con valores próximos en ambos casos a los 200 hm³/año.

El resto de las demandas para este sistema Júcar se asumen idénticas a las establecidas en el Plan y sus estudios previos.

Resumiendo lo expuesto, la siguiente tabla muestra las demandas finalmente consideradas en el esquema, indicando su cuantía total anual, su distribución estacional y el porcentaje de retorno aprovechable en el sistema.

	DEM. (hm ³)	DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA DEMANDA (%)												RET. (%)	
		OC	NV	DC	EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	ST		
Ab. Castellón-Benicassim	20	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Ab. Valencia (Turia)	31	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Ab. Valencia (Júcar)	189	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Ab. Sagunto	31	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Ab. Albacete	31	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Ab. Marina Baja	50	8,2	7,2	6,8	6,8	6,6	8,6	8,2	7,9	8,8	10,6	11,3	8,9	-	-
Reg. Castellón Norte	20	3	2	1	0	0	2	7	17	19	24	20	5	-	-
Reg. Tradicionales Mijares	93	13	5	0	0	0	11	6	14	14	15	11	11	-	-
Reg. Canal cota 220	20	3	2	1	0	0	2	7	17	19	24	20	5	-	-
Reg. Canal cota 100	18	3	2	1	0	0	2	7	17	19	24	20	5	-	-
Reg. María Cristina	9	3	2	1	0	0	2	7	17	19	24	20	5	-	-
Reg. Castellón Sur	20	4	4	3	4	6	7	9	10	14	15	14	10	-	-
Reg. Campo del Turia	100	6	4	4	4	3	6	8	12	12	16	16	9	-	-
Reg. Pueblos Castillos	52	8	5	5	5	5	9	8	10	10	12	12	11	30	-
Reg. Acequia Moncada	81	4	2	4	4	4	9	9	11	12	14	14	13	-	-
Reg. Tradicionales Turia	80	4	3	4	4	4	9	9	11	11	14	14	13	-	-
Reg. Acequia Real	300	8	7	2	4	5	7	9	12	11	14	13	8	23	-
Reg. Escalona-Carcagente	54	7	6	2	3	4	3	8	11	16	17	15	8	48	-
Reg. Ribera Baja	279	8	8	8	6	3	5	7	16	12	12	11	4	-	-
Reg. Canal Júcar-Turia	125	10	2	1	0	0	0	5	8	16	21	21	16	-	-
Reg. Cabecera del Júcar	8	6	4	4	4	4	5	6	7	11	20	19	10	-	-
Reg. Cabecera del Cabriel	6	4	0	0	0	0	3	5	8	14	27	26	13	-	-
Detracc. Acuíf. Mancha Or.	185	8	7	8	8	8	9	7	9	7	9	11	9	-	-
Reg. consolid C-La Mancha	100	7	0	0	0	1	4	4	6	8	24	29	17	-	-
Sustit. Bombeos Albacete	80	7	0	0	0	1	4	4	6	8	24	29	17	-	-
Abast. y reg. Vinalopó	170	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	10	-	-
Reg. Amadorio	2	7	4	0	0	0	9	5	7	11	23	23	11	-	-
Reg. Guadalest	6	5	4	5	2	3	11	12	9	14	9	14	12	-	-
C.N. Cofrentes	35	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	42
Filtracs. Qmin ab. Sichear	7	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	-
Filtraciones Loriguilla	20	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	100
Qmin. Acuífero Mancha Or.	60	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	50
Total:	2282														

Tabla 86. Síntesis global de demandas consuntivas en el ámbito del Plan Hidrológico del Júcar

En cuanto a niveles de garantía, se adoptan los criterios estándar de la planificación nacional cifrados en déficit anuales acumulados de cuantías porcentuales [2,3,10] y [50,75,100] para abastecimientos y riegos respectivamente. Además de estos criterios de caracterización del fallo ordinario, el coeficiente de fallo absoluto (umbral de fallo) se fija en un 1,5.

9.2.3. REUTILIZACIÓN DE RETORNOS

Una vez definidas las demandas, cabe considerar expresamente sus retornos producidos, susceptibles de reintroducción en el sistema, como nuevas aportaciones que incrementan los recursos propios.

Considerando los retornos del abastecimiento urbano-industrial, se dispone de un examen muy reciente de la situación existente en la cuenca (CHJ, 2000), concluyéndose que una estimación del volumen total de reutilización real directa actual en el ámbito del Júcar arrojaría la cifra de unos 93 hm³/año, lo que supone el 66% de los 140 realmente tratados, y revela un nivel ciertamente elevado de empleo de estos recursos no convencionales. Su aplicación es para regadíos próximos, paliando así sus dificultades de infradotación y falta de garantía.

Este elevado nivel de reutilización resulta desde luego exigible con carácter previo a las posibles transferencias externas.

Se prevé que el nivel de reutilización pueda incrementarse en unos 10 hm³/año más a corto plazo, y algo más en el futuro. La modesta magnitud de estas cifras de incremento de recursos futuros puede permitir resolver importantes problemas puntuales, pero no resulta significativa a los efectos de su consideración expresa por este Plan Hidrológico Nacional. La tabla adjunta muestra el detalle por subsistemas de tales evaluaciones.

Subsistema	Volumen tratado	Volumen reutilizado	Incremento a corto plazo
Cenia-Maestrazgo	0,4	0,1	0,0
Mijares-Plana de Castellón	31,9	15,0	0,0
Palancia-Los Valles	8,1	4,2	0,0
Turia	37,0	36,8	3,5
Júcar	5,3	0,8	0,7
Serpis	10,6	4,5	0,0
Marina Alta	1,9	0,7	0,0
Marina Baja	12,3	10,4	5,5
Vinalopó	31,5	20,2	0,0
Total:	139,0	92,6	9,7

Tabla 87. Reutilización actual y prevista (hm³/año)

En cuanto a los regadíos y otros usos industriales, sus valores son los estimados en el Plan Hidrológico de cuenca y en otros trabajos previos (MIMAM, 1997).

Con todo ello, los retornos del sistema finalmente considerados son los resumidos en la anterior tabla de demandas.

9.2.4. CAUDALES MÍNIMOS

Siguiendo lo establecido en el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar, y que se asume por este Plan Nacional, los caudales mínimos circulantes en los distintos tramos fluviales son los enumerados seguidamente.

El caudal mínimo a desaguar por el embalse de Alarcón, que deberá asimismo asegurarse a partir del Picazo, se fija en 2 m³/s, pudiendo computarse el volumen resultante como una merma de disponibilidades que van a recargar el acuífero de la Mancha Oriental, y que se recuperan posteriormente en un 50%. En el sistema se considerará como una demanda consuntiva con retorno al río.

El caudal mínimo que debe circular por el Cabriel aguas abajo de Contreras se fija en 0,4 m³/s (1 hm³/mes), que pueden ser utilizados en su totalidad aguas abajo, una vez cumplida su función ecológica.

El caudal que debe circular aguas abajo de Tous, y hasta la toma de la acequia Real del Júcar, se fija en 0,6 m³/s (1,6 hm³/mes). De este caudal, podría considerarse simplificada que la mitad es aprovechable (en la temporada de riegos de abril a septiembre), y el resto es estrictamente medioambiental.

El caudal aguas abajo del embalse de Sichar se fija en 0,2 m³/s (0,5 hm³/mes). Este caudal desaparece aguas abajo y no se recupera, lo que se modela como una demanda consuntiva sin retorno.

Entre Benagéber y Loriguilla se fija un caudal mínimo de 0,7 m³/s (1,8 hm³/mes) y aguas abajo de Loriguilla se fija en 0,5 m³/s (1,3 hm³/mes).

La siguiente tabla resume los caudales mínimos establecidos.

TRAMO	Ap. reg. natural (hm ³ /año)	Caudal mín. (m ³ /s)	Caudal mín. (hm ³ /mes)
Aguas abajo Alarcón	424	2,0	5,3
Aguas abajo Contreras	383	0,4	1,0
Tous-Acequia Real	1441	0,6	1,6
Aguas abajo Sichar	163	0,2	0,5
Benagéber-Loriguilla	257	0,7	1,8
Aguas abajo Loriguilla	282	0,5	1,3

Tabla 88. Caudales mínimos

Estos caudales se introducirán, siguiendo los criterios conceptuales adoptados, como restricciones de funcionamiento al sistema global de explotación de recursos.

9.2.5. ELEMENTOS DE REGULACIÓN SUPERFICIAL

El cuadro resumen de volúmenes máximos mensuales y volumen mínimo (hm³) de todos los embalses considerados en este análisis, es el adjunto. El embalse de Contreras dispone de un volumen real mucho mayor, pero razones técnicas aconsejan considerar el máximo útil indicado. Tous, por su parte, tiene una importante limitación por los necesarios resguardos de avenidas, por lo que su máximo utilizable variará mensualmente de la forma indicada en la tabla. Existen, además, embalses privados destinados a la producción hidroeléctrica, como Cortes y Naranjero, que lógicamente no deben ser computados como disponibles para la regulación, y se suponen prácticamente llenos.

Con todo ello resultan las capacidades finales ofrecidas en la tabla.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MIN
Alarcón	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112	30
Amadorio	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0
Arenós	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	25
Benagéber	187	187	184	221	221	221	221	221	221	221	221	187	10
Contreras	463	463	463	463	463	463	463	463	463	463	463	463	15
Cortes	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	100
Guadalest	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0
Loriguilla	50	50	50	70	70	70	70	70	70	70	70	50	5
Naranjero	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	18
Sichar	36	36	36	36	44	44	44	44	44	44	44	44	0
Tous	72	72	378	378	378	378	378	378	378	378	195	72	30

Tabla 89. Embalses de regulación

Durante el horizonte del Plan se prevé que entre en funcionamiento el embalse de Villamarchante, con una capacidad de unos 40 hm³, según las estimaciones preliminares de la Confederación Hidrográfica del Júcar, por lo que se ha incluido en el esquema. No se incluye, sin embargo, el embalse de Alcalá, considerado en diversos estudios previos. Con los criterios adoptados en este Plan Nacional este embalse no resulta, en principio, imprescindible, aunque podría mejorar las condiciones de distribución y garantía de la unidad de demanda denominada Castellón Norte, y apoyar un posible esquema general, por lo que en el futuro podría plantearse su realización. En cualquier caso, su hipotética futura ejecución mejoraría los resultados del análisis que aquí se realiza.

En aras a optimizar la explotación de la cuenca, se permite la regulación de recursos en cualquier embalse del sistema, con independencia de la tipificación jurídica de los destinos del agua, y buscando maximizar el servicio a las demandas involucradas con respeto de sus diferentes prioridades.

Este óptimo funcionamiento hidráulico conllevará su correspondiente imputación de costes mediante los adecuados cánones de regulación, cuyo análisis queda, obviamente, fuera del alcance de este Plan Nacional.

Estudiada la regulación superficial de los recursos propios, quedaría por evaluar únicamente las posibilidades de nuevos bombeos de aguas subterráneas y de uso

conjunto. Tal y como fué dilucidado en trabajos previos, no cabe esperar aumentos muy importantes de regulación por el uso conjunto o posibles bombeos de aguas subterráneas, pero con objeto de revisar y acotar tal posibilidad en el marco de este Plan Hidrológico Nacional, se ha procedido a realizar una nueva investigación específica tal y como se describe en el siguiente epígrafe.

9.2.6. ELEMENTOS DE REGULACIÓN SUBTERRÁNEA Y USO CONJUNTO

Las aguas subterráneas representan en la cuenca del Júcar una fracción algo superior al 70% de la aportación total de la cuenca. En la actualidad se estiman unas extracciones de 1.400 hm³/año, las cuales sirven para atender una porción importante de las demandas totales. Estas extracciones representan un 26% del total de las aguas subterráneas extraídas en España. Todos estos datos ponen de relieve la importancia de los recursos subterráneos en esta cuenca.

El objetivo del presente análisis es estudiar de forma simplificada y homogénea las posibilidades de incrementar las disponibilidades de recursos en la cuenca mediante las aguas subterráneas y la implantación de esquemas de gestión conjunta con las aguas superficiales, para lo que se ha realizado un estudio de los recursos subterráneos no utilizados en la actualidad. Tras ello se contrastará este análisis con los resultados obtenidos en otros estudios disponibles.

Un análisis preliminar podría consistir en hallar las diferencias entre las recargas y bombeos a la escala global del ámbito del Júcar. Sin embargo esta simple estimación no sería rigurosa, pues parte del aumento de disponibilidades debidas a los bombeos podría quedar embebida en las correspondientes a los embalses, dado que estos bombeos podrían disminuir las aportaciones entrantes a los embalses si se sitúan en acuíferos que drenan hacia ellos, y, en consecuencia, mermar considerablemente la cifra de regulación superficial. En teoría, otra parte sí que serviría para aumentar las disponibilidades ya que significaría mejorar la regulación del sistema mediante la utilización de los acuíferos que drenan a las cuencas vertientes a los embalses, en el supuesto de que éstos fuesen insuficientes y presentasen frecuentes vertidos no regulados.

Sin embargo, en la cuenca del Júcar puede admitirse en la práctica que la utilización de los acuíferos situados aguas arriba de los embalses no mejoraría significativamente las disponibilidades globales, tal y como se deduce al analizar los recursos naturales y disponibles en las cuencas vertientes a los principales embalses, cuyos datos se muestran en la tabla adjunta. Según estas cifras las cuencas vertientes a los principales embalses de la cuenca del Júcar (v. figura) se encuentran ya muy reguladas, con porcentajes entre el 75 y el 90%. Los datos reflejados en la tabla anterior han sido obtenidos mediante los modelos de simulación de aportaciones naturales y de optimización de los sistemas de explotación de recursos utilizados en el LBAE y con los cuales ya se estimaron las cifras globales para cada uno de los ámbitos de planificación. El recurso disponible se ha obtenido bajo el supuesto de una distribución de demanda variable con el criterio de garantía utilizado en el LBAE de déficit anuales acumulados del 50, 75 y 100% de la demanda anual para 1, 2 y 10 años, respectivamente.

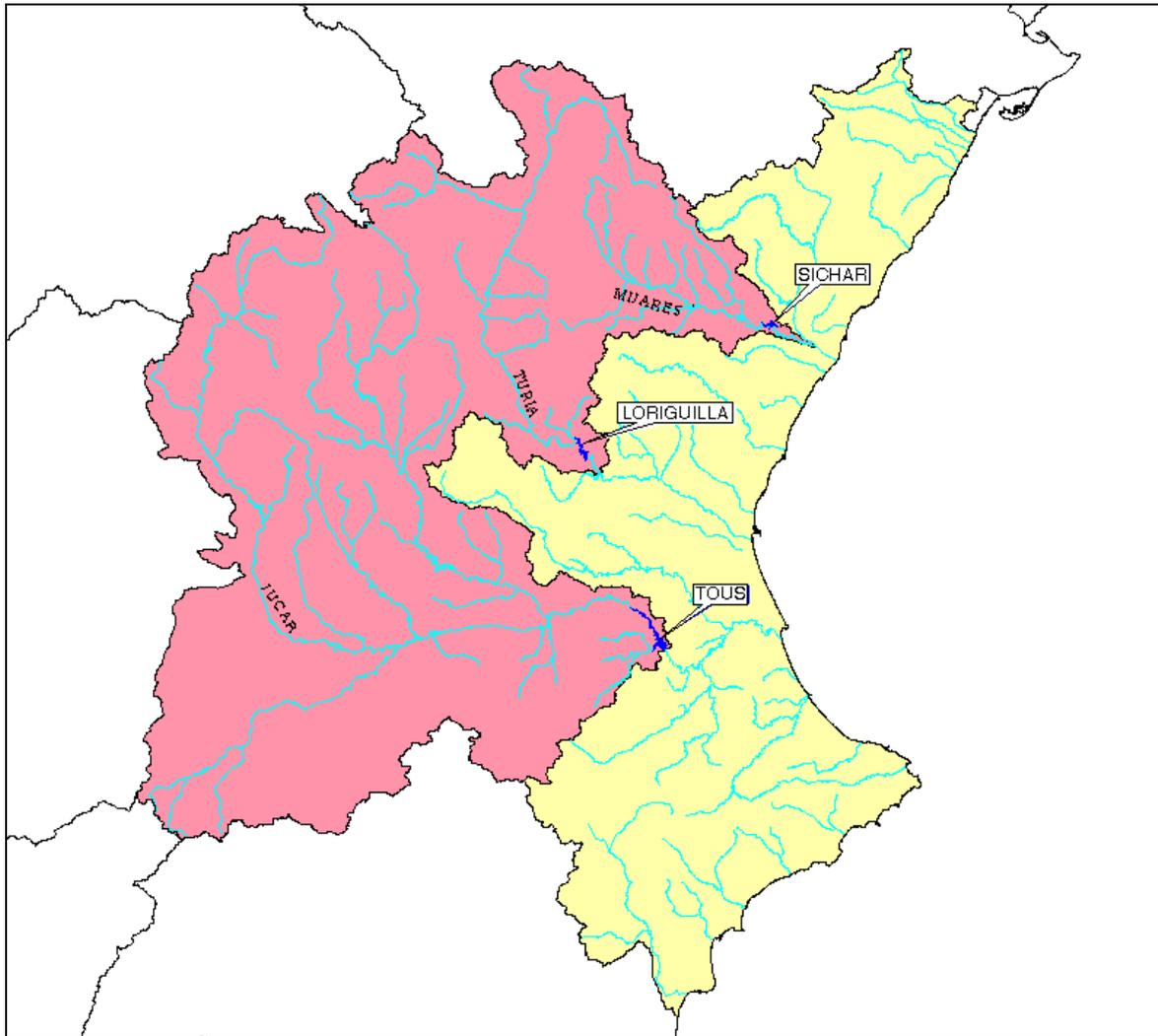


Figura 165. Cuencas vertientes a los principales embales de la cuenca del Júcar

Ámbito de planificación	Cuenca del río	Embalse	Rec. natural (hm ³ /año)	Rec. disponible (hm ³ /año)	Porcentaje de regulación
Júcar	Júcar	Tous	1440	1240	86
Júcar	Turia	Loriguilla	260	200	77
Júcar	Mijares	Sichar	160	140	88

Tabla 90. Porcentajes de regulación en las cuencas vertientes a los principales embalses de la cuenca del Júcar

Es por tanto razonable que el análisis se centre en los acuíferos localizados aguas abajo de los principales embalses de regulación, tal y como se muestra en la siguiente figura.

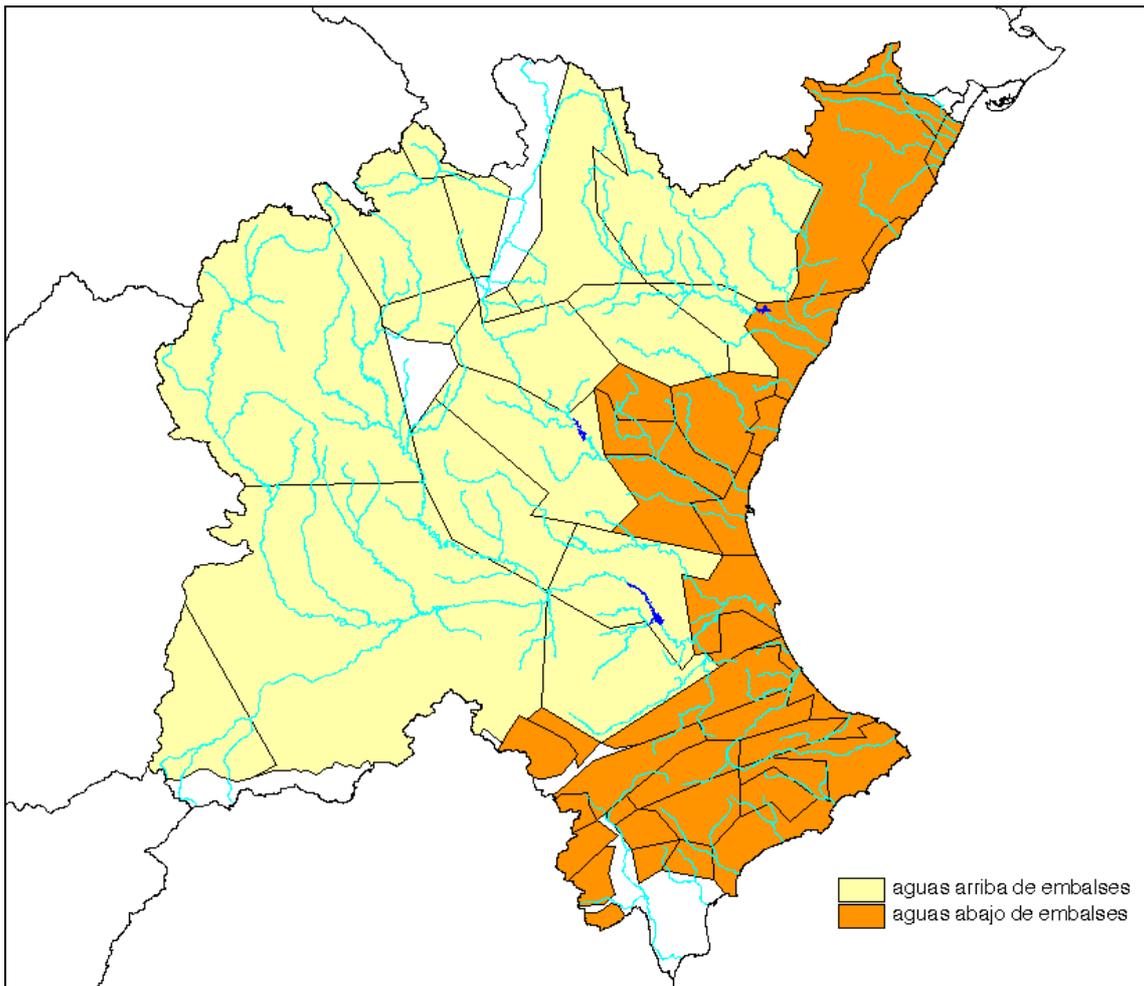


Figura 166. Selección de unidades hidrogeológicas en la cuenca del Júcar

Para realizar este análisis se han considerado dos hipótesis teóricas, las derivadas de asumir, o no, que parte de las extracciones de las aguas subterráneas se utilizan para reducir los problemas de sobreexplotación. En la primera hipótesis el recurso que todavía podría utilizarse sería como máximo igual al sumatorio de la diferencia entre las recargas y bombeos de todas las unidades hidrogeológicas consideradas. En la segunda hipótesis el recurso sería mayor al no considerar que las posibles extracciones adicionales pueden servir para atender en parte la sobreexplotación existente. En este caso el recurso todavía utilizable se ha obtenido como el sumatorio de la diferencia entre las recargas y bombeos en aquellas unidades donde los bombeos son inferiores a las recargas.

Antes de mostrar los resultados obtenidos conviene aclarar que las cifras de bombeo utilizadas, que son las recogidas en el Plan de cuenca, tienden, con carácter general, a infravalorar las extracciones actuales en los acuíferos y deberían tomarse como un límite inferior de éstas. Hay que tener en cuenta, por una parte, que en algunos casos las cifras recogidas en el Plan son de hace ya algunos años y que, por otra, la mayoría de las estimaciones se obtienen indirectamente agregando demandas parciales, con lo cual podrían no haberse contemplado algunas zonas de demanda. Esta posible infravaloración de los bombeos se pone de manifiesto al compararlos con las cifras de

volúmenes de aprovechamiento de aguas subterráneas inscritos o en trámite de inscripción, que son superiores, entre un 30% y más de un 200%, a los bombeos reflejados en el Plan. Estas cifras, obtenidas sumando los caudales del aprovechamiento reflejados en los expedientes administrativos, se están perfeccionando a medida que avanza el proceso de regularización de aprovechamientos subterráneos, pero no se encuentran aún disponibles para todas las unidades hidrogeológicas consideradas.

Hecha esta salvedad, ha de advertirse además que los recursos potenciales adicionales que resultan por este procedimiento deben entenderse como un límite superior máximo absoluto que sirve para acotar las máximas posibilidades teóricas de extracción de agua de los acuíferos en la cuenca del Júcar, y que no corresponde a una situación deseable, dado el presumible impacto adverso sobre las descargas naturales que tales bombeos podrían acarrear.

En la tabla adjunta se muestra una estimación de los incrementos potenciales de esas extracciones en las unidades hidrogeológicas consideradas de la cuenca, observándose que el incremento sería de 498 hm³/año y 617 hm³/año en las dos hipótesis consideradas, lo que representaría un 35% y 44% de aumento, respectivamente, respecto a los bombeos actuales.

Infiltración por lluvia y cauces (hm ³ /año)	Infiltración por excedentes de riego (hm ³ /año).	Recarga (hm ³ /año).	Transferencias (hm ³ /año)	Bombeo actual (hm ³ /año)	Incremento potencial teórico de bombeo (considerando la sobreexplotación).	Incremento potencial teórico de bombeo (sin considerar la sobreexplotación)
938	465	1403	158	1063	498	617

Tabla 91. Incremento en la explotación de las aguas subterráneas. Elaboración propia a partir de información contenida en el Plan de cuenca

Si este mismo análisis se realiza teniendo en cuenta los volúmenes de aprovechamiento de aguas subterráneas inscritos o en trámite de inscripción en aquellas unidades que disponen de esta información, los incrementos potenciales teóricos se reducirían a 298 hm³/año y 504 hm³/año, respectivamente, en las dos hipótesis consideradas. Estos incrementos todavía seguirían siendo un límite superior del real, pues esas cifras, generalmente mayores que las de los bombeos estimados en los planes, no se disponen en unidades tan explotadas como las Planas de Vinaroz-Peñíscola, Sagunto, Valencia Norte, Gandia-Denia o la unidad de Liria-Casinos, acuíferos donde presumiblemente los bombeos serán también mayores que los estimados en el Plan Hidrológico de cuenca.

Todas las cifras globales mencionadas en párrafos anteriores proceden de integrar los recursos adicionales estimados en las unidades hidrogeológicas. Conviene también analizar como se distribuyen esos recursos potenciales a través de la cuenca. Para ello en la figura adjunta se muestran las cifras de infiltración debida a lluvia y cauces y los bombeos. También se ha representado la cifra de la diferencia entre las transferencias subterráneas que entran y salen de una determinada unidad hidrogeológica.

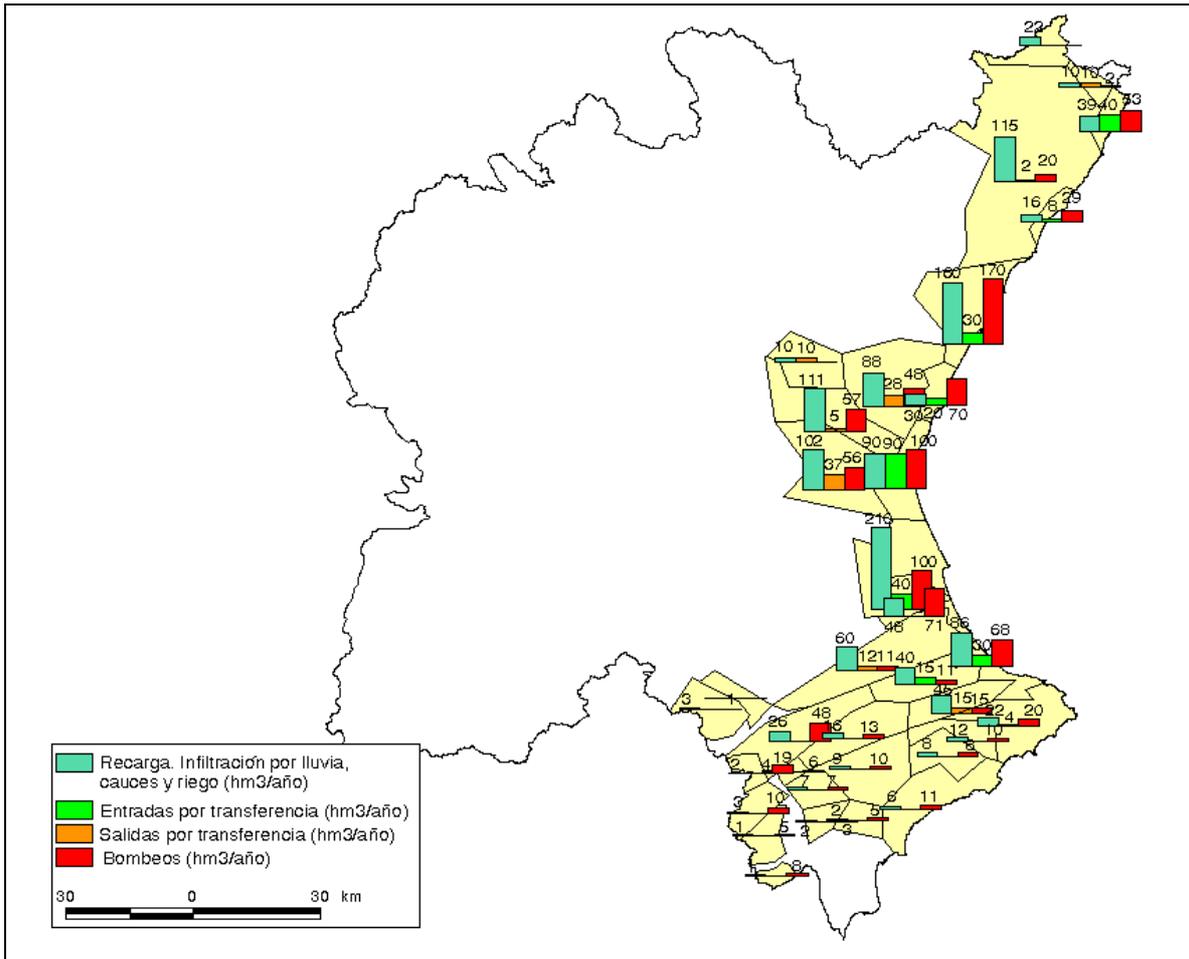


Figura 167. Recargas y bombeos en las unidades hidrogeológicas estudiadas de la cuenca del Júcar

A partir de los datos anteriores se han obtenido las diferencias entre la suma de las recargas más las transferencias, y los bombeos, en las diferentes unidades hidrogeológicas consideradas, tal y como se muestra en la figura.

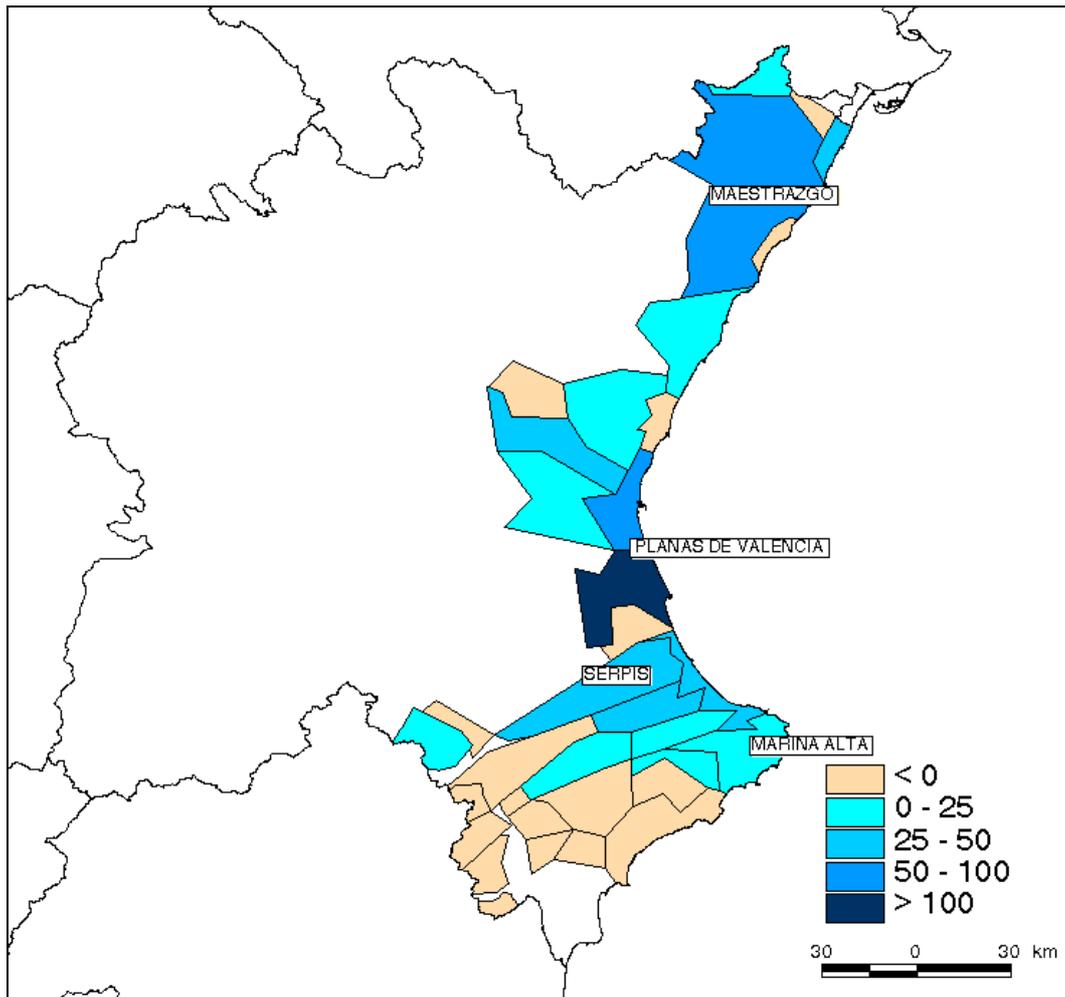


Figura 168. Diferencia entre recargas más transferencias y bombeos (en $\text{hm}^3/\text{año}$) en las unidades hidrogeológicas estudiadas de la cuenca del Júcar

Como complemento del análisis realizado en la figura siguiente se muestra la diferencia entre las recargas más las transferencias, y los bombeos, considerados estos últimos como los volúmenes de aprovechamiento inscritos o en fase de inscripción en las unidades hidrogeológicas en las que tal información esta disponible. Se observa en esta figura que los déficits se extienden a un número mayor de acuíferos que si se consideran las cifras de los bombeos del Plan del Júcar, e incluirían también las unidades hidrogeológicas de la Plana de Castellón, Medio Palancia, Buñol-Cheste, Sierra-Grossa, etc.

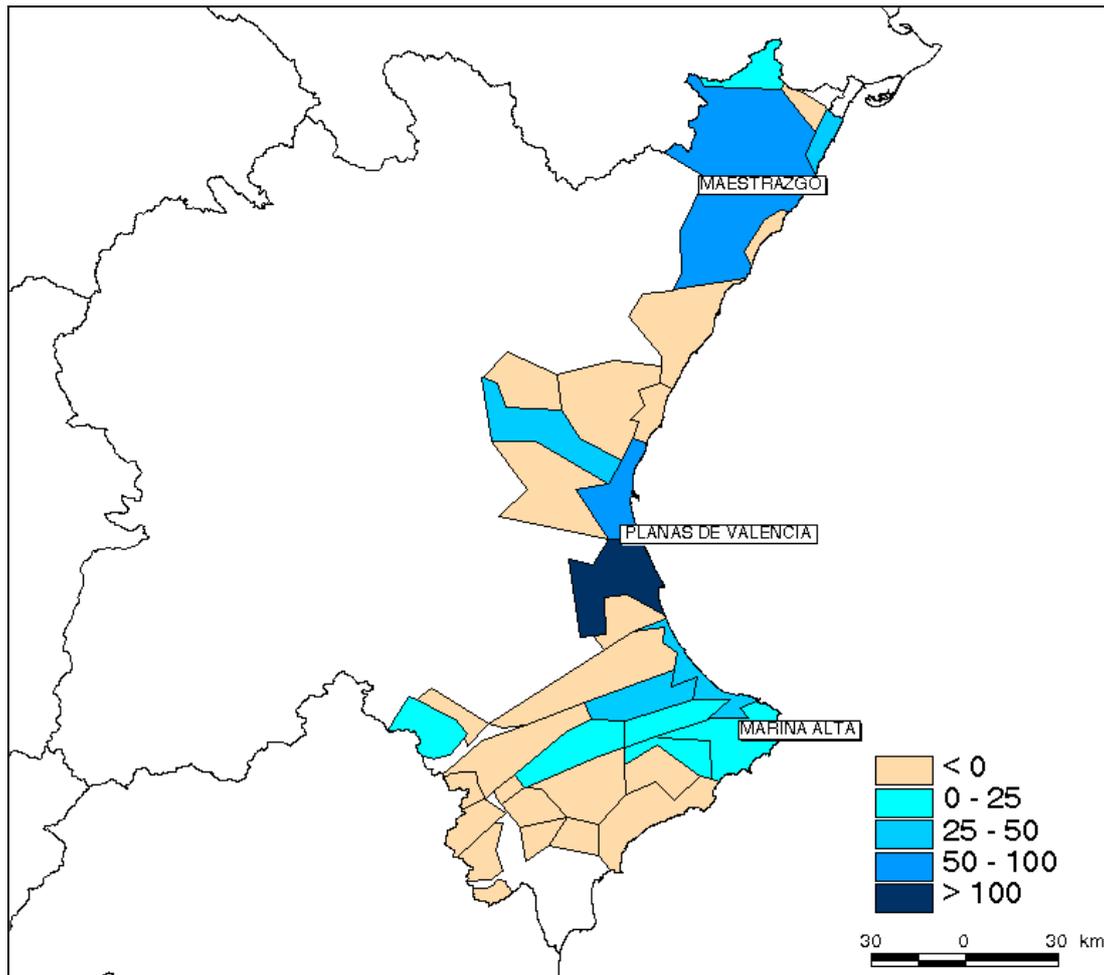


Figura 169. Diferencia entre recargas más transferencias y volúmenes de aprovechamiento (en $\text{hm}^3/\text{año}$) en las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Júcar en la que esta información está disponible

En definitiva, el análisis de las figuras anteriores destaca como principales zonas donde se podrían captar recursos subterráneos adicionales las siguientes:

- La unidad hidrogeológica del Maestrazgo. Sobre esta unidad el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar dice que *Aún cuando los recursos superficiales de los ríos del norte de la provincia de Castellón son reducidos, los subterráneos presentan un potencial importante. En el caso del Maestrazgo y de la Sierra de Irta, al Norte de la provincia de Castellón se están realizando estudios que permitirán evaluar de manera más atinada los recursos disponibles, de gran importancia en la zona que se encuentran por las fuertes demandas que allí se producen. Puede decirse que en la zona Norte de Castellón el conocimiento de los recursos no es suficiente debido a la posible existencia de importantes recursos subterráneos de difícil explotación, que no han sido controlados hasta el momento, aunque la metodología aplicada para la valoración de aportaciones indican la existencia de dichos recursos, no contrastados en la práctica. Aunque los recursos adicionales teóricos están próximos a los $100 \text{ hm}^3/\text{año}$, parece que sólo podría ser utilizada, por consideraciones técnicas y económicas, una cifra bastante inferior.*

- Las unidades de las Planas de Valencia Norte y Sur. En estos acuíferos se estiman unos recursos subterráneos adicionales teóricos del orden de 200 hm³/año, que con toda seguridad serían inferiores si para su estimación se hubiese dispuesto de las cifras de volúmenes de aprovechamiento inscritos o en trámite. Debido al regadío intensivo de aguas superficiales ya existente en la zona, la calidad del recurso no es buena, no siendo recomendable para uso urbano, aunque sí podría ser utilizado para el regadío. Como más adelante se verá se podría aumentar la disponibilidad del recurso mediante una gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas en una cifra del orden de unos 70 hm³/año.
- Los acuíferos de la zona de la Plana de Gandía y de la Marina Alta y de las sierras interiores (como la unidad de Almirante-Mustalla) cuentan con unos recursos adicionales máximos teóricos del orden de 100 hm³/año. En el Plan de cuenca del Júcar se indica que se están realizando estudios en la unidad hidrogeológica de Almirante-Mustalla, con recursos no aprovechados actualmente en su totalidad. Estos recursos adicionales podrían servir para aliviar los problemas locales de suministro existentes en la Marina Alta.

Cabe indicar también que existen zonas, como Castellón Sur, la Marina Baja o el Vinalopó-Alacantí, donde se observa con claridad que las posibilidades de obtención de recursos subterráneos adicionales son muy reducidas o nulas.

En conclusión, el sencillo estudio realizado muestra unas posibilidades teóricas ciertas en algunas zonas (Maestrazgo, Planas de Valencia, Plana de Gandía, Marina Alta y sierras interiores), aunque con cuantías en general moderadas dado el gran uso que ya se hace de las aguas subterráneas en este ámbito, el carácter maximalista de la evaluación realizada, y sus posibles adversos efectos ambientales.

Debe reiterarse, en efecto, que las cifras anteriores son teóricas y acotan superiormente las posibilidades reales del uso conjunto. No tienen en cuenta las dificultades prácticas (técnicas, ambientales o jurídicas) de llevar a cabo estos esquemas, ni los impactos ambientales que podrían producirse sobre las surgencias naturales como consecuencia de los nuevos bombeos requeridos.

Tras este diagnóstico inicial, que permite centrar de forma objetiva las áreas significativas y los órdenes de magnitud del problema, cabe dar un paso más, revisando con mayor detalle las realizaciones concretas de uso conjunto en la cuenca y sus perspectivas de futuro.

La cuenca del Júcar es, en efecto, una de las cuencas españolas donde ya se han implantado un número mayor de esquemas de uso conjunto, tal y como se observa en la figura adjunta.

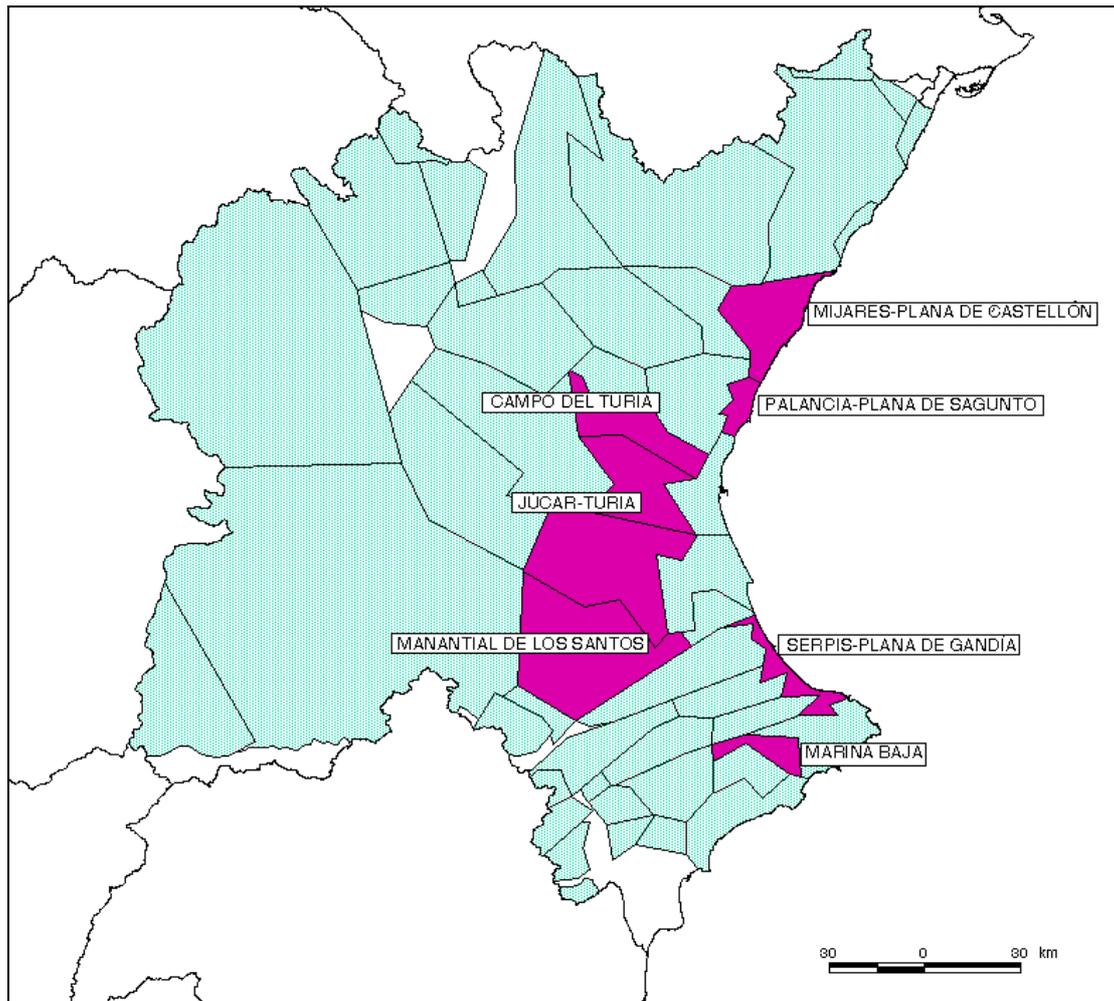


Figura 170. Mapa de situación de acuíferos donde se realiza uso conjunto en la cuenca del Júcar

Un ejemplo muy conocido y estudiado de utilización conjunta es el del sistema río Mijares-Plana de Castellón, donde la variación de agua almacenada en el acuífero, entre el final de un periodo húmedo y el de un periodo seco de varios años de duración, ha llegado a ser del orden de 700 hm^3 . Esta capacidad de almacenamiento del acuífero permite conseguir un porcentaje muy alto de garantía en los suministros. También, la zona de riego del canal Júcar-Turía, especialmente en su margen derecha, utiliza las aguas superficiales del Júcar y las procedentes de pozos de forma coordinada. El uso conjunto tiene una importante componente económica por el mayor coste de los bombeos, pero ha llevado a una elevada garantía de la zona en la última sequía. También en otros sistemas, como el del canal del Campo del Turia, el del río Palancia-Plana de Sagunto, río Serpis-Plana de Gandía, o la Marina Baja, se está realizando uso conjunto.

Además de estas realidades actuales, y pensando en las posibilidades de futuro, en un trabajo reciente () se han identificado 5 esquemas en la cuenca del Júcar donde es posible incrementar el uso conjunto, tras valorar distintos condicionantes naturales, económicos, así como de infraestructura hidráulica existente. En el citado trabajo se definen los estudios y análisis de sistemas necesarios para determinar el incremento de recursos obtenibles en cada uno de los esquemas, y la viabilidad de la integración de

ambos tipos de recursos, tanto en el aspecto económico como en el de gestión y organización por parte de los usuarios. Hasta tanto dichos estudios hayan sido concluidos, pueden avanzarse unas cifras muy preliminares que se ofrecen únicamente con objeto de centrar el orden de magnitud de los recursos adicionales que, según estos trabajos, pueden conseguirse mediante la implantación de los esquemas de uso conjunto.

Los recursos adicionales en toda la cuenca estarían comprendidos entre 90 y 120 hm³/año. Éstos procederían básicamente de los tramos finales de los ríos Júcar y Turia (entre 60 y 80 hm³/año), el Palancia (entre 10 y 20 hm³/año), el Serpis (del orden de 10 hm³/año) y la Marina Baja (del orden de 10 hm³/año). En la figura siguiente se muestran las unidades hidrogeológicas incluidas en esos esquemas.

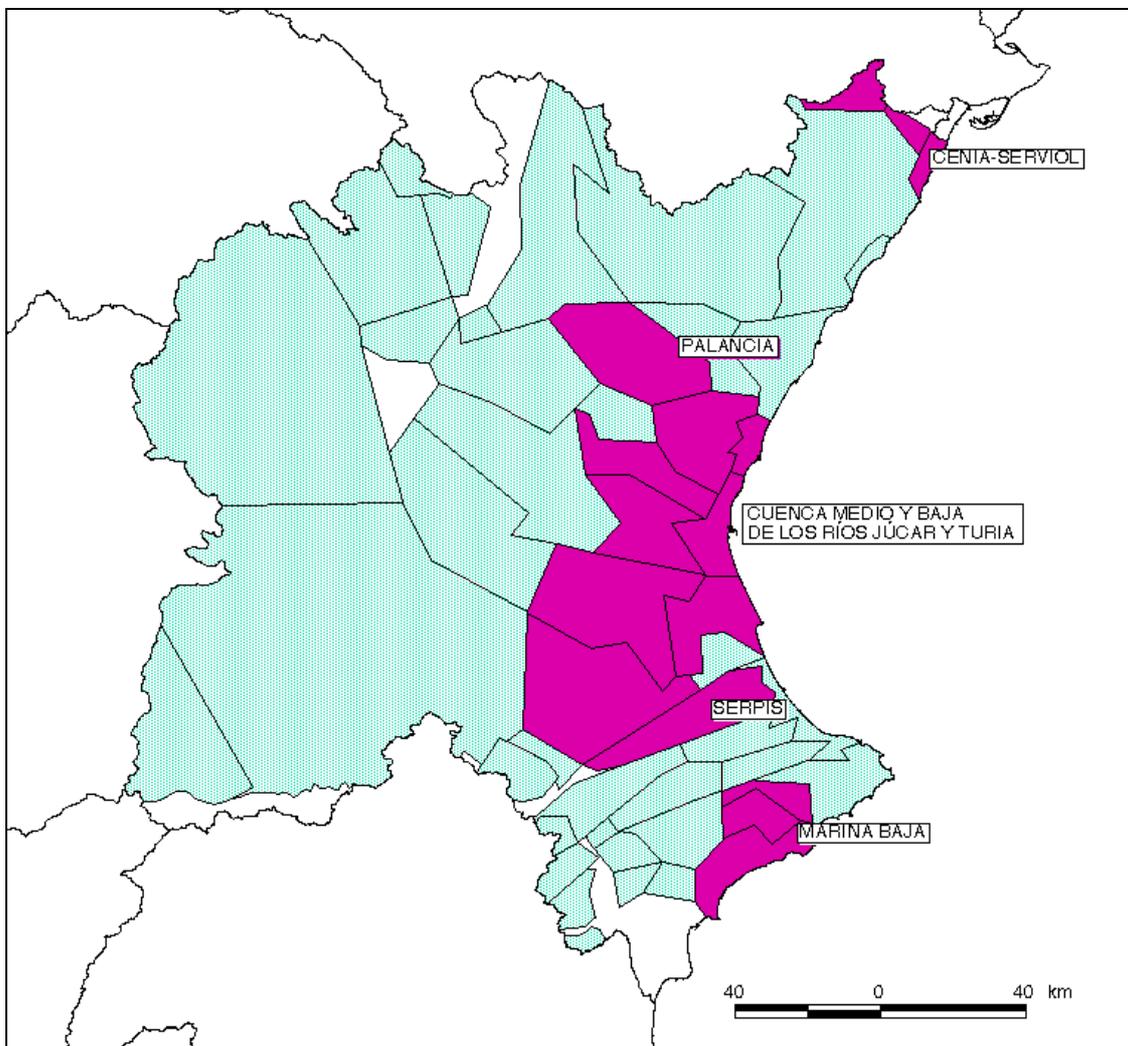


Figura 171. Acuíferos con potencialidad de incorporar en esquemas de uso conjunto en la cuenca del Júcar

Otros estudios disponibles (MOPTMA, 1995) orientados específicamente a investigar la posibilidad de uso de las aguas subterráneas, han analizado las unidades hidrogeológicas considerando que los excedentes actuales sean o no utilizados, que se trate de unidades costeras, o que existan valores ecológicos de deseable conservación relacionados con la unidad. La conclusión para el ámbito del Júcar es existen diversas posibilidades de mejora en algunas unidades (básicamente el Maestrazgo en Castellón, las Planas de Valencia y otras áreas como el Carocho o Sierra Grossa), junto con la necesidad de reducir bombeos en otras (áreas del Vinalopó y Alicante). El balance global arrojaría un saldo positivo (157 de incremento frente a 97 de reducción), aunque de cuantía moderada (60 hm³/año en toda la cuenca).

En conclusión, tanto por lo que se deduce del análisis teórico de balances, como de distintos estudios específicos de algunos sistemas concretos, cabe afirmar que la posibilidad de aumentar las disponibilidades mediante recursos subterráneos es cierta, pero sólo resulta significativa en algunas zonas puntuales de la cuenca del Júcar. Podría disponerse de unos recursos adicionales de unas pocas decenas de hm³ anuales en el Norte de la provincia de Castellón, en concreto en la unidad hidrogeológica del Maestrazgo, y algo menos de 100 hm³/año en las planas de Valencia (Norte y Sur) y de Sagunto, mediante utilización conjunta de las aguas superficiales de los ríos Júcar, Turia y Palancia y las subterráneas de los acuíferos citados. Finalmente cabe mencionar que en la Marina Alta existen recursos subterráneos suficientes como para que no se planteen problemas significativos, mientras que en la Marina Baja, por el contrario, las posibilidades de aumentar las disponibilidades mediante recursos subterráneos son muy escasas, y este incremento, mediante esquemas de uso conjunto podría estimarse en unos pocos hm³ anuales.

Sin perjuicio de las moderadas cuantías reales en que puedan aumentarse las disponibilidades existentes en los distintos subsistemas, estos recursos pueden servir muy eficazmente para elevar la garantía actual de los sistemas de explotación de recursos en situaciones de sequía. En efecto, el hecho de que las mayores posibilidades parezcan situarse en las Planas Norte y Sur de Valencia, en las inmediaciones de unas importantísimas zonas de riego atendidas con recursos superficiales regulados por el sistema Alarcón-Contreras-Tous, permite concebir un esquema de uso conjunto de las aguas subterráneas como seguro de garantía adicional para estos riegos en situaciones de escasez, y del que ya existe un primer precedente en las actuaciones de equipamiento realizadas con motivo de la última sequía.

A los efectos de este Plan Hidrológico Nacional, cabe requerir la necesidad de que, sin perjuicio de las dificultades económicas y administrativas que ello plantea, se desarrollen al máximo todas estas posibilidades, y se asuma en consecuencia la disponibilidad en el ámbito del Júcar de una capacidad extra, para bombeos excepcionales de socorro, estimada tentativamente en unos 100 hm³/año.

9.2.7. CONDUCCIONES

El cuadro adjunto resume las capacidades de las conducciones básicas consideradas en el esquema. Por analogía con los criterios adoptados en los otros análisis de este Plan Nacional, no se impone ninguna limitación de servicio estacional, y a las conducciones propias previstas en el Plan de cuenca se añaden ahora las vinculadas específicamente al Plan Nacional, que son las correspondientes a la posible transferencia desde el Ebro hasta Villena constituida por diversos tramos: Ebro a Castellón Norte, Castellón Norte a Mijares, Mijares a Catellón Sur, Castellón Sur a Turia, Turia a Tous y Tous a Vinalopó. Estas conducciones no existen actualmente, por lo que no se les impone a priori ninguna capacidad, y quedan a expensas de los resultados del análisis.

La conducción Júcar-Vinalopó, prevista en el Plan Hidrológico del Júcar, ha de transportar hasta 80 hm³/año en primera instancia, pudiendo aumentarse esta cuantía hasta 200 hm³/año en el futuro si se generan recursos adicionales como consecuencia de modernización de los riegos tradicionales y otras actuaciones de mejora. Conforme a estos criterios, y considerando la estacionalidad de funcionamiento prevista en los estudios del Plan, el caudal de diseño de la conducción ha de ser, como mínimo, de 7 m³/s (18,5 hm³/mes), por lo que se adopta esta cuantía a los efectos del análisis del sistema.

En cuanto a la conducción del ATS, se concibe en el modelo como by-pass de Alarcón de forma que, en principio, no pueda emplearse este embalse para regular las aguas de trasvase. Este supuesto de operación restringida es el actualmente vigente por las disposiciones reguladoras del trasvase.

CONDUCCIÓN	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} (hm ³ /mes)
Tramo Común Mijares		62,0
Canal Júcar-Turia		82,9
Canal Júcar-Vinalopó	7	18,5
Acueducto Tajo-Segura		68,0
Bombeo Algar		2,0

Tabla 92 . Conducciones consideradas

9.2.8. ESQUEMA GENERAL

Con los elementos descritos en epígrafes anteriores se ha construido el sistema básico de explotación general de la cuenca del Júcar, tal y como se muestra en el gráfico adjunto.



Figura 172. Sistema básico de explotación de la cuenca del Júcar

Este sistema es el que se somete a optimización de la gestión y análisis de la regulación general, con los resultados que seguidamente se exponen.

9.3. RESULTADOS OBTENIDOS

9.3.1. ANÁLISIS BÁSICOS

Establecidos los elementos y configuración del sistema, un primer análisis efectuado consiste en la optimización de combinaciones de aportes externos que, sin prejuzgar su origen, se incorporarían físicamente al sistema desde el Ebro o desde el ATS, a caudal continuo, y que podrían ser transportados por medio del conjunto de nuevas conducciones incluidas en el esquema. La tabla de doble entrada adjunta muestra el número de demandas del sistema que presentan fallos ordinarios, en función del aporte externo que se reciba en cada caso.

		Aporte Ebro (hm ³ /año)										
		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Aporte ATS (hm ³ / año)	0	30	27	20	18	10	3	3	3	1	0	0
	50	25	21	16	3	0	0	0	0	0	0	0
	100	15	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	150	14	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	200	14	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	250	14	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	14	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	350	14	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	400	14	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	450	14	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	500	14	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 93. Número de fallos ordinarios del sistema según aportes externos

Como puede apreciarse, si no se dispusiera de ningún aporte externo el sistema se hallaría en una situación de fallo generalizado (30 demandas de las 34 consideradas), lo que indica que en el futuro no podrían atenderse en absoluto los incrementos de demanda urbana ni los suministros para consolidación de regadíos o eliminación de situaciones de sobreexplotación. Las salidas totales del sistema (al mar y a la atmósfera por evaporación) serían en este caso de unos 400 hm³/año, como se indica en la tabla siguiente, lo que representa del orden del 15% de las aportaciones totales del sistema, y refleja el alto nivel de utilización que se alcanzaría.

		Aporte Ebro (hm ³ /año)										
		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Aporte ATS (hm ³ / año)	0	402	409	430	457	492	526	560	600	639	679	721
	50	423	431	453	483	516	550	592	631	673	718	763
	100	448	455	478	508	545	588	629	672	717	761	807
	150	474	483	510	543	585	628	671	716	761	806	852
	200	516	525	551	585	628	671	716	760	806	851	897
	250	559	568	594	628	671	715	760	805	851	897	945
	300	602	611	637	671	715	760	805	850	896	944	994
	350	646	654	681	715	760	805	850	896	944	993	1043
	400	689	698	725	760	805	850	896	944	994	1043	1092
	450	734	743	771	806	850	896	945	994	1043	1092	1142
	500	780	789	816	851	898	946	994	1043	1093	1142	1191

Tabla 94. Salidas del sistema, según aportes externos

También puede apreciarse que aportes externos procedentes exclusivamente del ATS no resolverían el problema por elevada que fuese su cuantía, requiriéndose un aporte mínimo estructural, por la entrada del Ebro, de unos 150 hm³/año. Ello se debe, obviamente, a la ubicación topológica, en la red de suministro, de las zonas de demanda con fallo. Por el contrario, solo con aportes procedentes del Ebro (unos 450 hm³/año) pueden llegar a eliminarse enteramente los fallos, aunque con menor eficiencia del sistema de transferencias.

Las soluciones más equilibradas consisten en una suma de aportes externos de unos 250 hm³/año, con un mínimo procedente del Ebro de unos 150 hm³/año, es decir, 150 hm³/año de Ebro y 100 del ATS, o 200 hm³/año del Ebro y 50 del ATS. Ambas posibilidades eliminan los fallos del sistema y suponen unas salidas del sistema muy similares.

Por otra parte, si se considera el muy alto coste separable del aporte de aguas al área de Albacete, que podría requerir la movilización de recursos del Tajo Medio o Duero para su atención exclusiva, también es razonable plantear un incremento del aporte del Ebro para, en la medida de lo posible, paliar este efecto y permitir el reequilibrio interno minimizando el aporte por el ATS. Tal aporte podría proceder en el futuro incluso de intercambios con los recursos de cabecera del Tajo actualmente empleados en el Tajo-Segura, pero ello exigiría una sustitución segura, con pleno respeto de las asignaciones y régimen económico actual de las aguas trasvasadas. Volveremos sobre este importante asunto más adelante, cuando se estudie el efecto de relajar la restricción legal de explotación con entradas por salidas, impuesta actualmente al embalse de Alarcón.

En definitiva, este primer tanteo muestra que caben diversas opciones para la funcionalidad y requerimientos internos de la cuenca del Júcar en el ámbito de este Plan Nacional, pero todas ellas se caracterizan por unas cuantías similares de aportes externos (del orden de los 250 hm³/año), existiendo cierto margen de maniobra para el reparto de esta cantidad por las dos posibles entradas al sistema (ATS o Ebro). En todo caso, la mayor eficiencia del sistema del Júcar y del propio sistema nacional puede requerir de una redistribución interna que, manteniendo las asignaciones previstas en la planificación hidrológica, permita a la Administración, sin menoscabo de ningún usuario, modificar los orígenes del recurso conforme a la mayor conveniencia de los intereses globales, y sin perjuicio de la adecuada consideración económica que conlleve tal reordenación. Ello es perfectamente posible, tal y como se ha mostrado en el propio Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar.

Para comprobar la robustez de los resultados obtenidos frente a modificaciones en el régimen de llegada de los aportes externos, se han reiterado los cálculos anteriores pero en el supuesto más desfavorable de transferencia externa continua por el Ebro no todo el año, sino solo en un periodo de 8 meses, entre octubre y mayo. Ello equivale a suponer que las fuentes de recursos para transferencias no aportarán caudales en verano.

Bajo este supuesto, los resultados obtenidos son los resumidos en las tablas adjuntas.

		Aporte Ebro (hm ³ /año)										
		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Aporte ATS (hm ³ / año)	0	30	27	21	18	10	4	4	2	2	1	1
	50	25	21	16	4	1	1	1	1	1	1	1
	100	15	14	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	150	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	200	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	250	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	300	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	350	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	400	14	12	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	450	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	500	14	13	3	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 95. Número de fallos ordinarios del sistema según aportes externos. Transferencia 8 meses

		Aporte Ebro (hm ³ /año)										
		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Aporte ATS (hm ³ / año)	0	402	414	438	468	503	537	572	611	652	691	734
	50	423	436	461	493	527	563	603	642	686	731	777
	100	448	460	487	518	557	598	641	685	730	775	821
	150	474	489	520	554	597	640	684	729	774	820	866
	200	516	531	561	597	640	684	728	774	819	865	913
	250	559	574	603	639	683	728	773	819	865	913	962
	300	602	617	647	683	728	773	818	864	912	962	1011
	350	646	660	691	728	773	818	864	912	961	1011	1061
	400	689	704	735	773	818	864	912	961	1011	1061	1111
	450	734	750	781	818	864	912	961	1011	1061	1111	1160
	500	780	795	826	864	913	962	1011	1061	1110	1160	1210

Tabla 96. Salidas totales del sistema, según aportes externos. Transferencia 8 meses

Como puede verse, los resultados son análogos a los anteriores, por lo que la transferencia a 8 meses no resulta crítica, y las conclusiones expuestas continúan siendo sustancialmente válidas en este nuevo supuesto. Cabe destacar únicamente la aparición permanente de un único fallo puntual estructural correspondiente a la demanda de Castellón Norte, que no resulta significativo, y que podría, en todo caso, resolverse con alguna pequeña regulación complementaria. La viabilidad de tal regulación se analiza en su correspondiente epígrafe.

Una vez encajadas las cifras básicas, y comprobada la viabilidad inicial del régimen de transferencias a 8 meses, procede realizar un nuevo análisis de mayor detalle introduciendo el tránsito de flujos actuales por el existente canal Tajo-Segura (que supondremos iguales al máximo de 620 hm³ circulantes al año para apurar la capacidad del canal); permitiendo la posibilidad de empleo de Alarcón para la regulación conjunta de todo el sistema -incluyendo al trasvase-, introduciendo un pequeño almacenamiento virtual en Castellón para modular su demanda (que denominaremos Alcalá, aunque puede ser este embalse u otros depósitos propios en las zonas de riego); y empleando una resolución más fina que la de los análisis anteriores. Asimismo, la entrada por el Ebro se supondrá en régimen de 8 meses, que es la más desfavorable. Denominaremos a esta hipótesis como no restringida.

Los resultados obtenidos son los mostrados en las tablas adjuntas de fallos ordinarios y fallos absolutos.

		Aporte desde el Ebro (hm ³ /año)																	
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
Aporte desde el ATS (hm ³ /año)	0	32	32	29	29	21	20	18	18	16	12	10	8	4	3	3	3	3	3
	20	25	25	25	25	20	20	18	14	12	9	3	2	2	2	2	0	0	0
	40	25	25	25	24	17	14	14	12	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0
	60	22	22	21	21	16	13	10	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	21	21	20	20	14	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	18	17	14	14	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	120	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	140	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	160	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	180	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	200	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	220	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	240	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	260	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	280	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	320	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	14	14	13	12	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 97. Número de fallos ordinarios del sistema según aportes externos. Situación no restringida

		Aporte desde el Ebro (hm ³ /año)																	
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
Aporte desde el ATS (hm ³ /año)	0	13	13	12	9	6	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	20	12	12	10	8	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	40	12	11	10	8	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	11	11	10	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	11	11	10	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	9	9	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	120	9	9	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	140	9	9	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	160	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	180	9	9	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	200	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	220	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	240	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	260	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	280	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	320	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	9	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 98. Número de fallos absolutos del sistema según aportes externos. Situación no restringida

El examen de la tabla de fallos ordinarios muestra un comportamiento similar al anteriormente estudiado en la hipótesis restringida, con requerimientos mínimos totales del orden de 250 hm³/año, pero con una importante disminución en la

necesidad de aporte por el ATS, que puede ser prácticamente nula (hasta 40 con aporte Ebro de 240, ó 20 con 300). Puede apreciarse también una cierta inelasticidad de comportamiento frente a los mayores aportes desde el Ebro, para cuantías superiores a unos 300 hm³/año, y los del ATS, para cuantías superiores a los 120 hm³/año. El número de fallos muestra claramente que es imprescindible un cierto aporte mínimo por el Ebro, pero no por el ATS.

En efecto, si se analiza la tabla de fallos absolutos, se comprueba mucho más claramente este comportamiento, pues, con una muy reducida aportación por el ATS, los fallos son casi independientes del aporte por el Ebro en un muy amplio rango de caudales (desde 140 hasta al menos 340 hm³/mes). Además, la demanda que presenta fallo absoluto es la de consolidaciones de riegos de Albacete, lo que significa que, si se dispone de un volumen de socorro suficiente para superar las crisis puntuales, podría prácticamente anularse el aporte desde el ATS y concentrar las necesarias transferencias en el aporte desde el Ebro.

Para dilucidar esta situación y fijar unas cuantías de diseño razonables, estudiaremos el supuesto de aporte nulo desde el ATS desde el punto de vista de los volúmenes de socorros anuales requeridos. Así, para cada volumen anual aportado al sistema desde el Ebro, el primer gráfico muestra el índice ponderado de comportamiento del sistema (IPOC), el número de demandas con fallos ordinarios, el número de demandas con fallos absolutos, y la tasa de circulación (relación porcentual entre el aumento de las salidas del sistema y el aumento de sus entradas). El segundo gráfico muestra los volúmenes anuales de socorro (VAS, suma de los socorros requeridos por todas las demandas del sistema) máximo y medio, junto con el número de años en que se requiere este socorro medio.

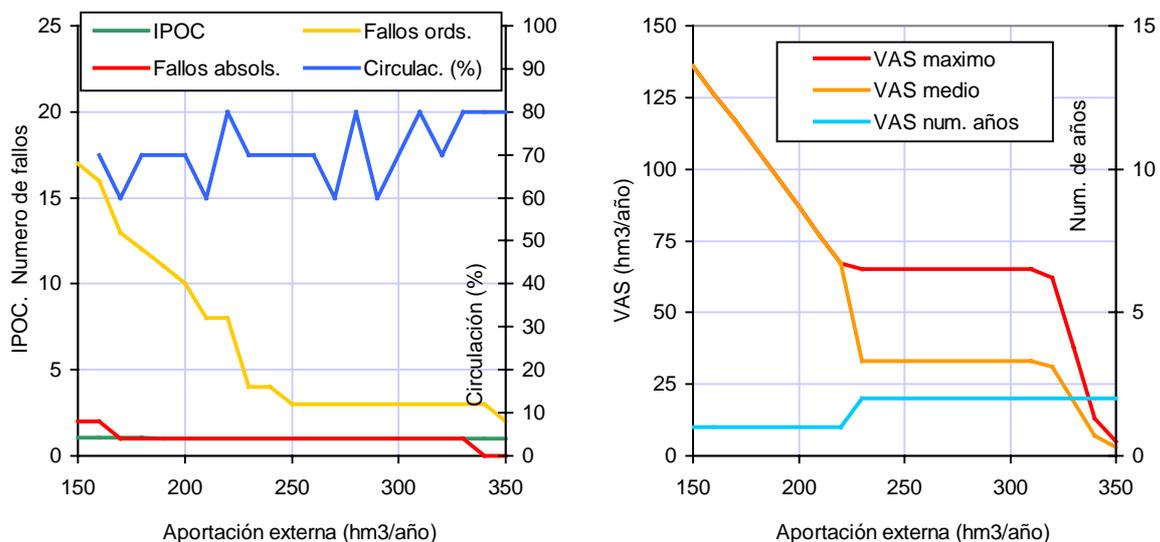


Figura 173. Indicadores de comportamiento según el volumen de aportación externa

Como puede verse, todos los indicadores muestran una situación inicial (aporte Ebro en torno a los 150 hm³/año) inadmisibles, que mejora rápidamente a medida que se va

incrementando esta aportación externa hasta valores asintóticos cerca de los 250 hm³/año, y con un segundo escalón de mejora a partir de los 320. La tasa de circulación es relativamente alta (60-80%), y el índice IPOC siempre muy próximo a 1.

El máximo volumen global suma de todos los socorros necesarios para todas las unidades de demanda del sistema es de unos 70 hm³/año, y el medio anual de unos 30 hm³/año durante 4 años, con independencia de cual sea el aporte desde el Ebro a partir de un mínimo de 230 hm³/año. Como se ha señalado, en torno a los 250 la situación de fallos se estabiliza en 3 fallos ordinarios y 1 absoluto, por lo que cifras mínimas de esta magnitud serían, en principio, las requeridas para esta transferencia. La cuantía de los socorros es perfectamente concordante con los valores obtenidos en el análisis de uso conjunto, por lo que ésta es una situación claramente factible.

Si se considera que la demanda crítica, con fallo residual, es la de consolidación de regadíos en Castilla-La Mancha, estimada en 100 hm³/año a expensas de las modernizaciones de los regadíos tradicionales, es interesante comprobar la sensibilidad del sistema frente a la cuantía que pueda adoptar esta demanda. El valor de asignación de recursos consolidado fijado por el Plan Hidrológico es, como se vió, de 65 hm³/año, siendo el resto el resultado de la futura modernización.

Suponiendo, por tanto, un valor fijo tentativo de aportes desde el Ebro holgado -de 300 hm³/año-, y nulo desde el ATS, la figura adjunta muestra que hasta 80 hm³/año de demanda no hay ningún fallo ordinario ni absoluto del sistema, entre 90 y 130 hay 3 fallos ordinarios y 1 absoluto, y a partir de 140 aparecen 6 fallos ordinarios y 2 absolutos. El volumen máximo de socorro requerido está entre 70 y 80 para demandas entre 100 y 130 hm³/año, y el medio oscila entre 20 y 50, requiriéndose solo 2 años hasta demandas de 110 hm³/año. Puede verse que con el valor actual del Plan de 65 hm³/año, no se presentan problemas en ninguna circunstancia, y existe un apreciable margen de desarrollo.

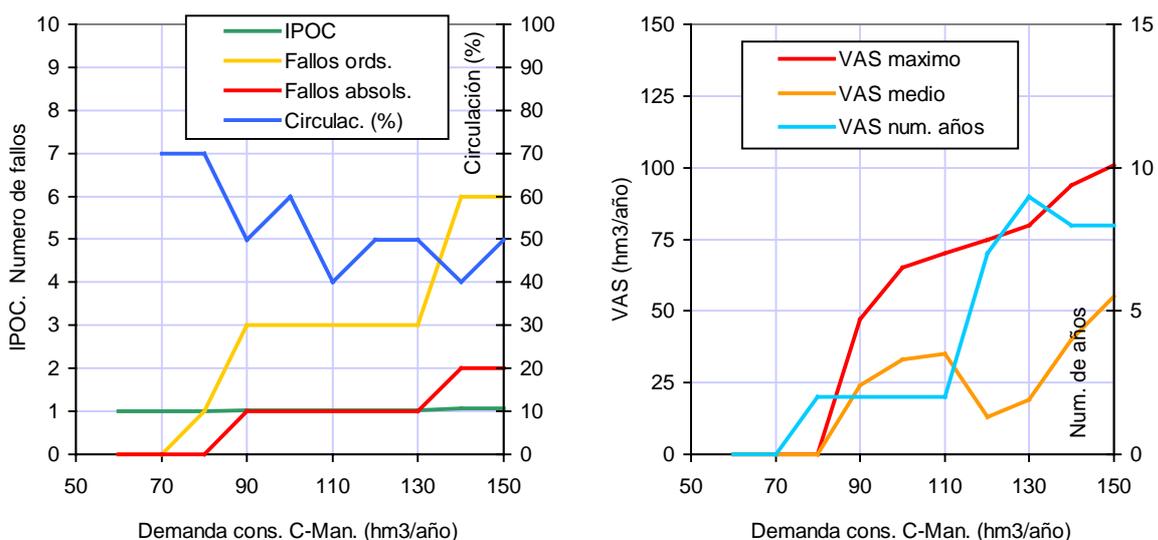


Figura 174. Indicadores de comportamiento según demanda C-M.

En definitiva, considerando estos resultados y la incertidumbre asociada a la modernización de los regadíos tradicionales, los valores de aportes indicados pueden considerarse ajustados aunque perfectamente asumibles.

Si la cuantía final futura de los ahorros y consecuentes requerimientos en La-Mancha así lo requiriese, los aportes externos podrían modificarse ligeramente hasta unos 50-100 hm³/año por el ATS y 250-150 por el Ebro, suprimiéndose así todos los fallos y socorros del sistema. Este régimen podría requerir intercambios de recursos y modificaciones de explotación cuyo análisis de detalle no procede abordar en este Plan Nacional.

Volviendo de nuevo al examen de las tablas de fallos, pero centrando ahora la atención en la otra parte de estas tablas -cuadrante inferior izquierdo, correspondiente a los mayores aportes del ATS-, se observa que, a diferencia de lo que sucede con el aporte desde el Ebro, no es posible anular, ni aún apurando al extremo, el aporte procedente del Ebro, ya que el número de demandas que fallan, tanto de forma ordinaria como absoluta, es siempre muy elevado hasta valores de al menos unos 100 hm³/año. Una combinación factible sería, por ejemplo, la de 120 por el Ebro y 120 por el ATS.

En definitiva, cabe integrar todos los resultados anteriores en un criterio simple y sintético, que sería el de que la suma de aportes externos por Ebro y ATS al ámbito territorial del Júcar ha de ser al menos unos 250 hm³/año, y el mínimo aporte por el Ebro ha de ser al menos 100.

Es importante advertir que este resultado básico se refiere al sistema global completo, en el que se permite la circulación e intercambio de caudales entre subsistemas sin ninguna restricción.

Ello quiere decir que, además de los recursos externos, pueden transferirse recursos internos entre los subsistemas de Castellón Norte y Sur, Mijares, Turia, Júcar y Alicante, lo que constituye un supuesto ciertamente comprometido desde el punto de vista tanto ambiental como jurídico-administrativo. No obstante, el supuesto contrario de subsistemas rígidos completamente aislados tampoco resulta por entero satisfactorio, pues debiera ser admisible un cierto nivel de intercambio en casos de muy altas aportaciones propias, en las que las conducciones de transferencia podrían funcionar como aliviaderos, o incluso, sin necesidad de cesión neta de agua, podría admitirse un empleo conjunto y coordinado de los almacenamientos disponibles, evitando la ineficiencia de tener ociosa una capacidad de embalse que podría ser útil para el sistema.

La opción correcta es, pues, la de mantener básicamente el principio de independencia de subsistemas, pero no de forma rígida, sino permitiendo ciertos intercambios orientados a optimizar la gestión global, sin afecciones ambientales ni perjuicio para usuarios.

Para evaluar este modelo de funcionamiento de extrema independencia, en lugar de analizar el sistema global no restringido -como se ha hecho hasta ahora-, se estudiarán por separado los subsistemas que lo integran, y que son claramente separables dada la morfología de este ámbito territorial, con distintos ríos principales independientes. Los

subsistemas considerados son Castellón (que incluye Norte, Sur y cuenca del Mijares), río Turia, río Júcar, y Alicante (que incluye el Vinalopó, Alacantí y Marinas).

Para el análisis se ha supuesto un aporte externo por el Ebro a 8 meses individualizado en cada caso, y se ha observado la evolución de los principales indicadores de comportamiento (fallos y volumen anual de socorro máximo) según fuese la cuantía de este aporte. Los resultados que se obtienen son los mostrados en los gráficos adjuntos, en los que las escalas verticales son iguales en todos los casos para permitir comparaciones visuales, y se ha limitado a 100 hm³/año el socorro por ser esta la cantidad indicativa máxima obtenida en los análisis previos.

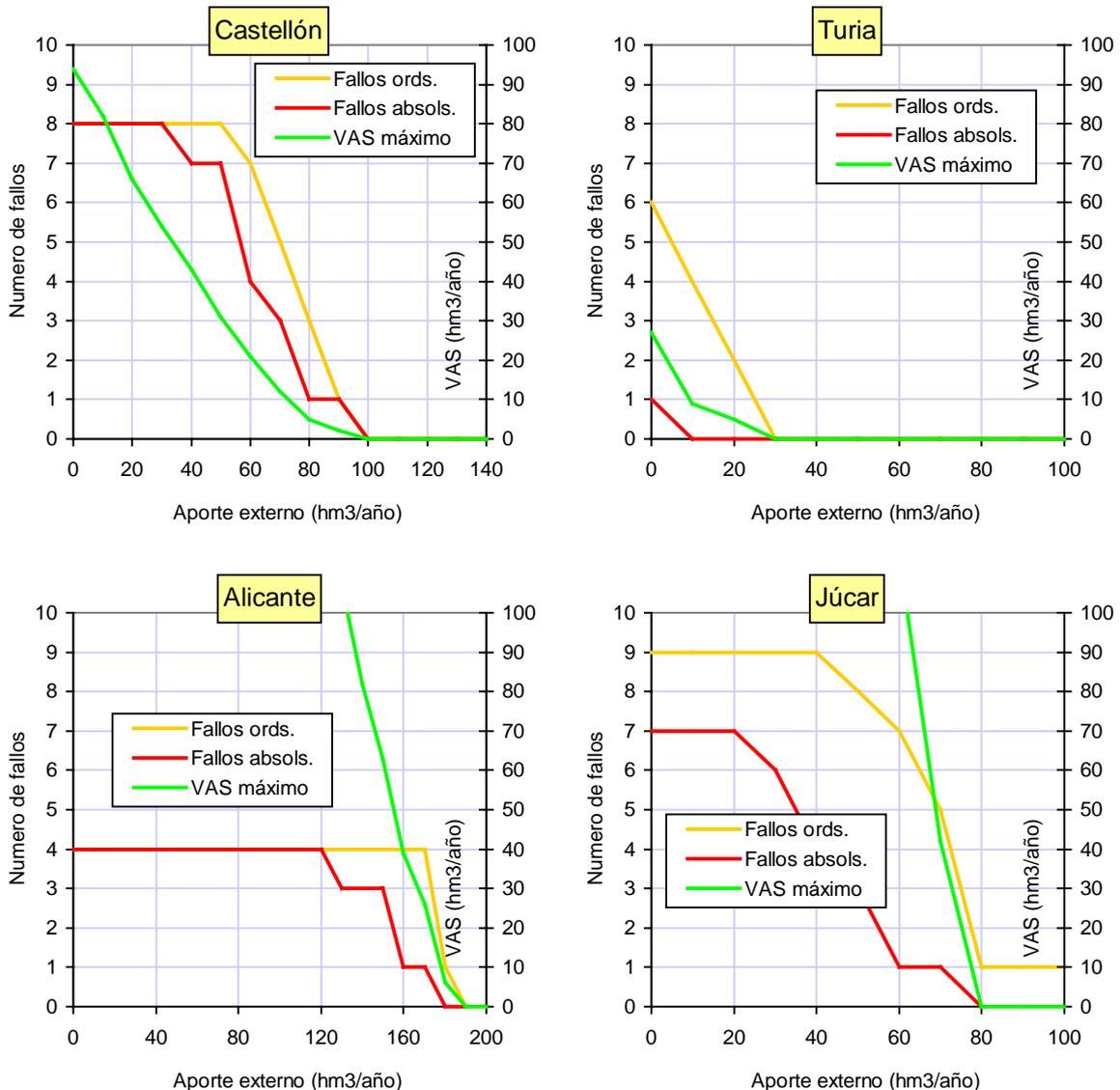


Figura 175. Indicadores de comportamiento para los subsistemas aislados con entradas desde el Ebro

Esta hipótesis de subsistemas independientes es claramente representativa de una cota máxima de los aportes externos requeridos, tanto por lo estricto de la completa prohibición de intercambios de sobrantes, como por la completa independencia de regulación.

Como se observa, la completa eliminación de déficit con aportes por el Ebro, en esta hipótesis extrema, requeriría hasta 400 hm³/año (100+30+190+80) de transferencia si se pretende la anulación de todo fallo y socorro, y hasta 300 hm³/año (80+0+160+60) si, de forma más ajustada, se considera admisible a lo sumo 1 fallo absoluto siempre y cuando los socorros máximos no superen los 100 hm³/año considerados disponibles.

Debe recordarse que el análisis conjunto no restringido arrojaba valores de unos 250 hm³/año de transferencia, por lo que, contrastando todas las cifras de los distintos supuestos manejados, parece razonable admitir el resultado de 300 hm³/año entrantes desde el Ebro y nulos desde el ATS como una estimación muy robusta y encajada.

Considerando ahora las posibilidades de la otra posible entrada al ámbito del Júcar, desde el ATS, los resultados ofrecidos para los subsistemas pueden aplicarse en este caso considerando que, por razones topológicas, Castellón y Turia han de atenderse obligadamente desde la conducción del Ebro, mientras que Júcar y Alicante podrían atenderse completamente desde el ATS. Ello supone que todos los resultados son idénticos a los anteriores excepto en el caso del subsistema Júcar, que es el único que admite las dos posibles entradas. Anulando la posibilidad del Ebro, los resultados obtenidos para la entrada ATS son los mostrados en la figura.

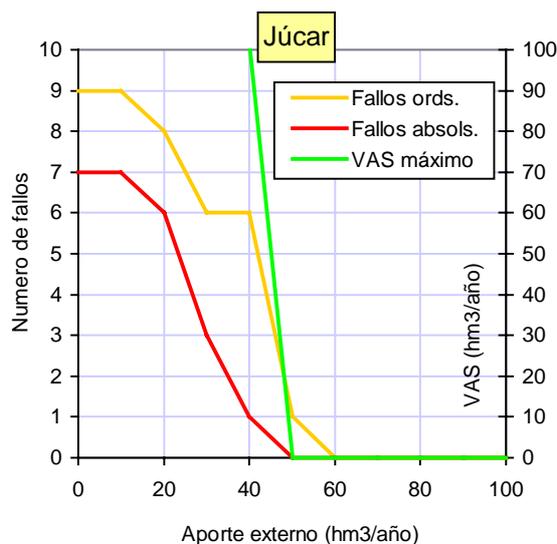


Figura 176. Indicadores de comportamiento para el subsistema Júcar con entradas exclusivas desde el ATS

Como puede verse, aportes requeridos son más favorables (menores) que en el caso anterior, lo que resulta lógico considerando la posición dominante de Alarcón sobre Tous. El aporte mínimo requerido oscila entre 60 ó 40 hm³/año según el criterio que se escoja.

Con ello, las entradas totales por el Ebro serían de 130 ú 80 hm³/año según se adopte uno u otro supuesto de los anteriormente enunciados, y de 240 ó 200 por el ATS también según el criterio adoptado.

Recordando los resultados del análisis conjunto no restringido (250 totales con un mínimo de 100 desde el Ebro), y ponderando los resultados de los distintos supuestos,

cabe proponer finalmente el criterio ajustado y robusto de al menos 80 hm³/año entrantes por el Ebro, y 220 por el ATS.

Cuanto hasta aquí se ha expuesto, lo ha sido bajo la hipótesis de un aporte externo fijo anual, cual si de una aportación fluvial constante se tratase. Un paso más en el análisis es el de considerar que no hay un suministro anual permanente, sino que se permite al sistema tomar del exterior lo que necesite en cada momento para satisfacer sus demandas, sin limitación alguna más que la prohibición de captar agua en el periodo estival, de junio a septiembre. Los resultados obtenidos bajo este supuesto son los mostrados en la figura.

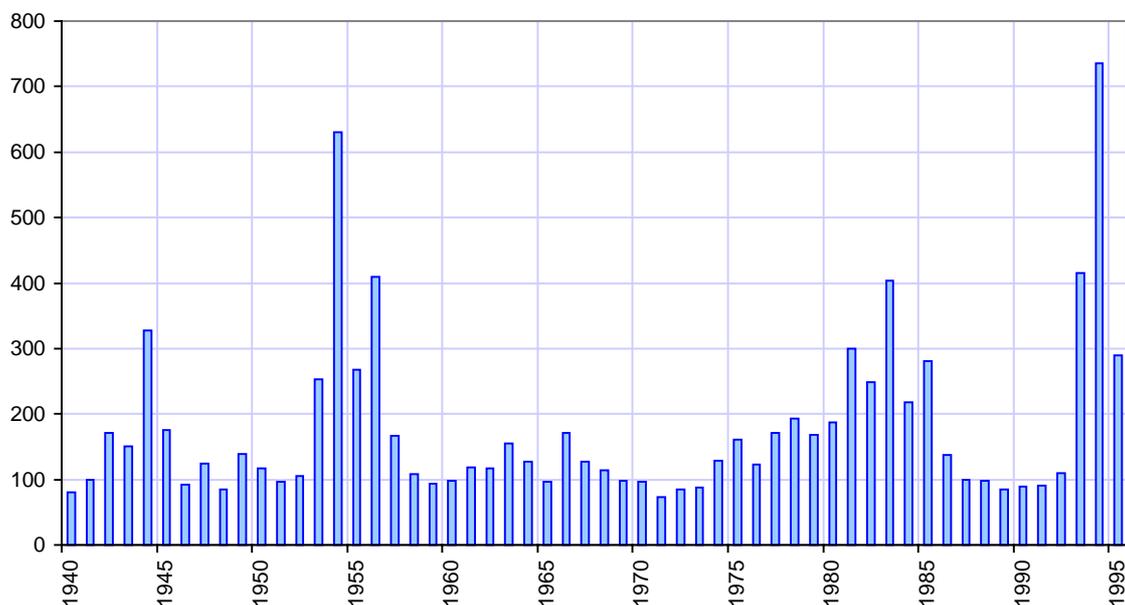


Figura 177. Volúmenes anuales tomados por el sistema en situación de no limitación

Como se observa, la mayoría de los años se captarían volúmenes inferiores a los 200 hm³, y no hay ningún año de todo el periodo en que no se requiera captar mínimos del orden de los 100 hm³/año. La media global es próxima a los 200 hm³/año, y ocasionalmente se pueden requerir cantidades superiores a los 400 hm³/año para suplir crisis de servicio a las que se llega sin reservas.

Ello muestra la necesidad de recibir un aporte externo permanente y moderado, que lamine tales crisis, y, junto con esta componente de fondo, otros aportes más irregulares, y que llegan a alcanzar valores muy altos, controlados por las rachas secas de aportaciones en la propia cuenca.

Resulta interesante comparar estos resultados con los obtenidos realizando el mismo análisis para el Segura y para las Cuencas Internas de Cataluña: ambos casos ilustran patrones de comportamiento extremos, entre los que se sitúa claramente el régimen del Júcar.

9.3.2. ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS

Una vez realizados los análisis básicos del sistema, y evaluada la necesidad de aportes externos, procede realizar otros análisis, complementarios de los anteriores, con objeto de estudiar la sensibilidad y el impacto sobre estos aportes de efectos como los posibles ahorros de suministro y el cambio climático. Otras posibilidades de intensificación de disponibilidades propias como la reutilización o el uso conjunto ya han sido introducidas en los anteriores análisis básicos.

Las posibles disminuciones de las necesidades hídricas de la cuenca como consecuencia de programas de gestión de la demanda y ahorros por mejoras y modernizaciones en las infraestructuras de suministro, tanto de los abastecimientos urbanos como de los regadíos, pueden suponer, en efecto, una disminución de las necesidades de aportes externos cuya cuantía debe ser evaluada. Asimismo, y en sentido contrario, la posible disminución de aportaciones naturales como consecuencia del cambio climático podría tener un efecto intensificador de estas necesidades externas.

La resultante de estos efectos contrapuestos es incierta, pero puede ser calculada estimativamente, debiendo interpretarse estas evaluaciones como un análisis de sensibilidad y de robustez de los resultados básicos obtenidos.

A tales análisis de sensibilidad se dedican los epígrafes siguientes.

9.3.2.1. POSIBILIDADES DE AHORRO EN ABASTECIMIENTOS URBANOS

Atendiendo a a las posibilidades de reducción de la demanda por medidas de gestión y ahorro en los abastecimientos urbanos, cabe indicar que, como se mostró en el Libro Blanco, en los últimos años se ha observado un descenso global de las dotaciones medias empleadas en el país, tal y como se muestra en la tabla adjunta, en la que se incluyen también las pérdidas medias.

Año	Dotación media (l/hab/día)	Agua no registrada (%)
1987	309	30
1990	313	32
1992	302	29
1994	265	28
1996	289	29

Tabla 99. Evolución reciente de la dotación de abastecimientos y volúmenes no registrados medios en España

En el descenso de la dotación de los años 1992 y 1994 debe tenerse en cuenta la presencia de una fuerte sequía, con su correspondiente moderación de la demanda, y las medidas de ahorro y de reducción de fugas llevadas a cabo en un buen número de poblaciones. En 1996 la dotación se recupera, pero a niveles más contenidos que los del comienzo de la década, permaneciendo el buen efecto de moderación de consumos inducido por la sequía. Como se observa, un valor encajado de la máxima reducción es del orden del 8%.

En lo que se refiere a pérdidas y agua no controlada, una parte del agua distribuida no es registrada por las entidades suministradoras. Estos volúmenes suelen corresponder

a la limpieza de calles y riego de jardines, errores de medición y pérdidas, tanto en tratamiento como en distribución. El valor medio de estas cantidades no registradas oscila entre un 34% en el caso de las grandes áreas metropolitanas y un 24% en las poblaciones inferiores a 20.000 habitantes. Las cuantías observadas oscilan entre poco más de un 10 y algún caso excepcional que alcanza el 50%. En las poblaciones superiores a 20.000 habitantes la evolución temporal de este valor medio se sitúa relativamente estable, en torno al 30%, según se muestra en la tabla. En poblaciones inferiores a 20.000 hab., el porcentaje es algo mayor (en torno al 31% en 1996).

Sin duda, una de las fuentes más importantes de posibles ahorros es la reducción de las pérdidas que se producen en las redes, fundamentalmente en las más antiguas. Existe, sin embargo, un límite técnico y económico para las pérdidas, que algunos especialistas sitúan entre el 10 y el 15%. Alcanzar estos límites requiere disponer de sofisticados sistemas automáticos de control que permitan conocer en tiempo real el estado de la red, y detectar los posibles incidentes para poder actuar con la necesaria rapidez.

Contrastando estos mínimos técnico-económicos con el ahorro máximo registrado en sequía, y con los valores medios actuales del país, se concluye que puede haber un margen máximo de maniobra en torno al 10-15%, siendo esta cifra, en consecuencia, una estimación encajada del ahorro medio máximo teórico que puede conseguirse en los abastecimientos urbanos. En circunstancias especiales, y desarrollando complejos y exhaustivos programas integrados de gestión de la demanda urbana, como el planificado de forma experimental en Alicante (modificaciones tarifarias, nuevos modelos de contratación, programas de mejoras de eficiencias en los distintos usos específicos, reutilización de residuales por el propio abastecimiento, uso de recursos alternativos no potables, campañas de información, etc.), los ahorros máximos teóricos alcanzables son del orden del 25% (MIMAM, 1996). Una estimación más verosímil situaría estas cuantías en un 12%, lo que constituye una cifra ciertamente elevada considerando que las posibilidades de ahorro por mejora de la gestión de la red están prácticamente agotadas.

En el caso concreto de la cuenca del Júcar, recientes estudios (MOPTMA, 1995) han mostrado la posibilidad de desarrollar actuaciones de mejora y modernización de las redes urbanas en 52 municipios. Estas actuaciones sobre las redes, junto con una cierta moderación de consumos por los usuarios, pueden permitir alcanzar un ahorro total real del orden del 6%, inferior a la horquilla media para el país dada anteriormente.

En cualquier caso, y sea cual sea la cifra de ahorro finalmente alcanzable, para evaluar su impacto en la cuenca del Júcar, y analizar su incidencia sobre la necesidad de recursos externos, se ha estudiado la sensibilidad de comportamiento del sistema global frente a distintas variaciones globales de todas sus demandas de abastecimiento, obteniéndose los resultados ofrecidos en los gráficos. En ellos se muestran familias de curvas con el número de fallos ordinarios, número de fallos absolutos, volumen medio anual de socorro (hm^3) y número de años requeridos, volumen máximo total anual de socorro (hm^3), y salidas medias anuales del sistema (hm^3), en función del aporte externo recibido (entre 150 y 300 $\text{hm}^3/\text{año}$), y con una curva para cada nivel de ahorro medio en las demandas de abastecimiento (6 curvas, del 80 al 105% del requerimiento previsto).

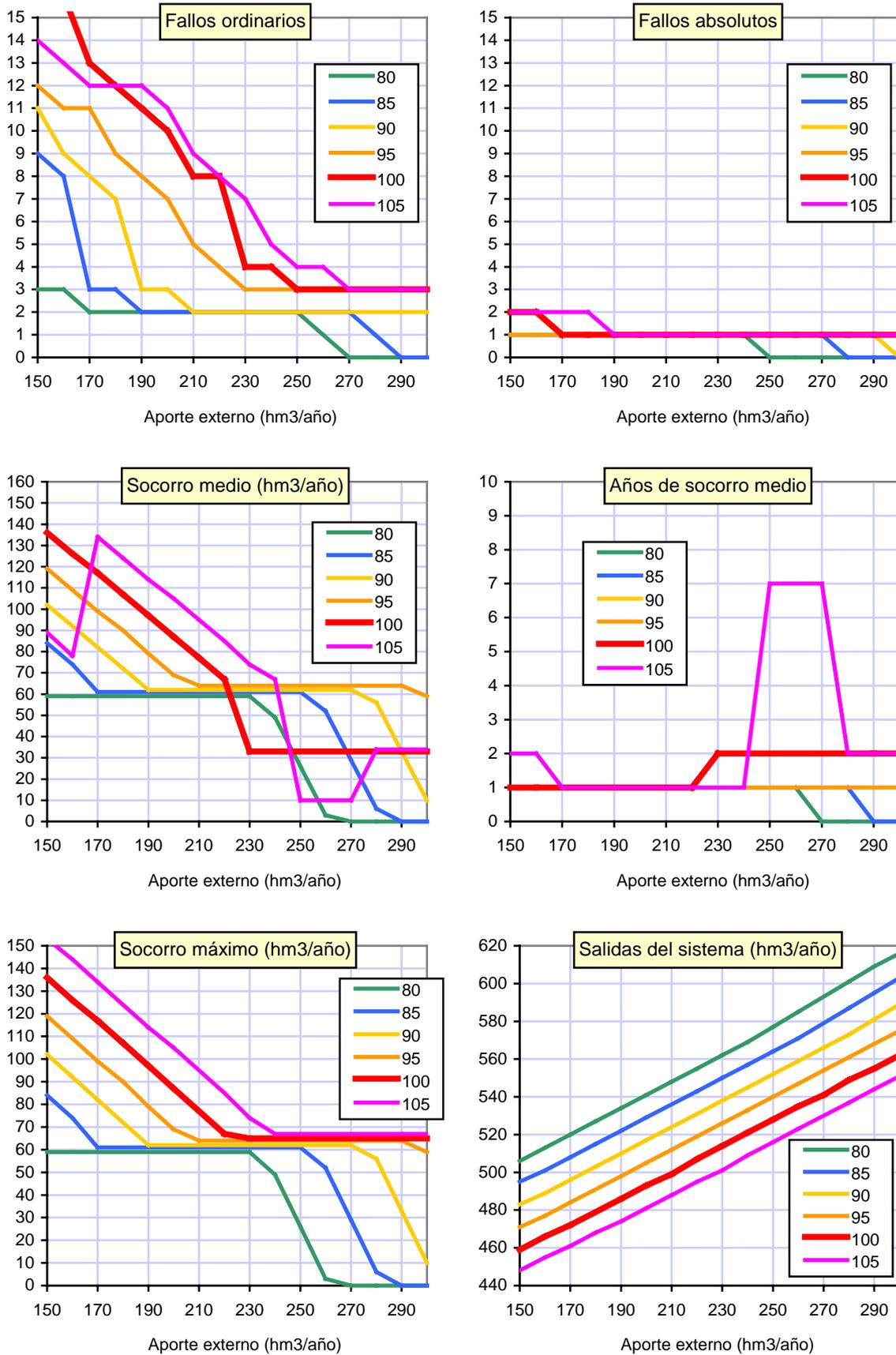


Figura 178. Indicadores de comportamiento según ahorros en los abastecimientos urbanos

Como se observa, el número de fallos ordinarios se reduce para ahorros del 10-15% (máximos previsible), pero no llega a anularse en ningún caso hasta alcanzar los 290 hm³/año de aporte para el 15%, y ni siquiera con los 300 previstos para ahorros del 10%. Con ahorros del 6% la situación es idéntica a la nominal a partir de 250 hm³/año trasvasados. La figura de fallos absolutos revela la persistencia de un fallo para trasvases de hasta 280 ó 300 según se considere el 15 ó el 10% de ahorro respectivamente, y un comportamiento idéntico al nominal para ahorros del 6%.

Por otra parte, si se inspecciona el gráfico de volúmenes máximos de socorro anual, se observa que trasvases inferiores a 250 hm³/año generan la necesidad de socorros de al menos 60 hm³/año, que pueden llegar a superar los 100 hm³/año máximos admisibles si las transferencias son inferiores a 170 hm³/año, y ello aún cuando se consiguiesen objetivos de ahorros del 15%. Si el ahorro conseguido es del 6%, no hay diferencia práctica con la situación nominal. Además, los socorros medios son similares a los máximos, ya que los fallos suelen darse solo un año.

Finalmente, las salidas medias del sistema muestran un comportamiento muy regular, con tasas de circulación similares y sin efectos de quiebra para los distintos niveles de ahorro.

Puede concluirse, en definitiva, la imposibilidad no ya de suprimir las transferencias, sino ni siquiera de eliminar plenamente los fallos residuales de suministro y suprimir socorros, aunque se desarrollase un exhaustivo plan de ahorro y mejora de redes urbanas con objetivos globales medios de reducción del 15% en todas las demandas de abastecimiento de la cuenca del Júcar.

Si los ahorros alcanzables son del 6% -cifra más próxima a la realidad de la cuenca del Júcar-, la situación es prácticamente indistinguible de la nominal tanto desde el punto de vista de los fallos de demandas como de los volúmenes de socorro necesarios, y, en consecuencia, sigue requiriéndose un aporte externo de similar cuantía que en esta hipótesis.

9.3.2.2. POSIBILIDADES DE AHORRO EN REGADÍOS

Los ahorros de agua como consecuencia de las actuaciones de mejora y modernización de los regadíos son una de las fuentes potenciales más importantes para disminuir la demanda hídrica y, en consecuencia, los posibles aportes externos requeridos.

En el marco del Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 1998) se han llevado a cabo algunos estudios básicos orientados a la caracterización de los regadíos existentes, y a la evaluación de estas posibilidades de ahorro en distintas áreas de riego. Sus análisis se centran fuera de las conducciones principales, y se diferencia entre consolidación (eliminación de la infradotación actual) y mejora (ahorros en regadíos bien dotados o sobredotados).

Tales estudios resultan de interés para este Plan Hidrológico Nacional, en el que, puesto que ya se ha considerado la eliminación de la sobreexplotación como objetivo básico, y se han computado las correspondientes necesidades en la definición del

sistema, queda por indagar el posible efecto de ahorros como consecuencia de la mejora de los regadíos existentes con dotaciones suficientes o abundantes, a los que se aplican mejoras de eficiencia o sistemas de riego susceptibles de traducirse en menores suministros de agua.

Según los estudios de tipificación de regadíos del PNR, la superficie de actuación de mejora supera el millón de hectáreas, y podría generar un ahorro global de agua de 1876 hm³/año de los que 261 corresponderían a la cuenca del Júcar. Ello supone del orden de un 11% del total demandado en la cuenca con destino a regadíos, por lo que esta es una primera estimación de los niveles alcanzables por este concepto.

Ha de tenerse presente, en todo caso, que para ofrecer estas cifras el Plan Nacional de Regadíos considera las áreas de riego de forma aislada, y suma los totales obtenibles en las distintas áreas. Ello es lógico considerando los objetivos de este Plan, pero puede introducir alguna distorsión a nuestros efectos teniendo en cuenta el carácter no acumulativo de los sistemas hídricos, en los que hay situaciones de reuso de retornos que pueden alterar apreciablemente estas cifras. No obstante, se considera que este 11% es un primer orden de magnitud adecuado para nuestro análisis.

Por otra parte, se dispone de otros trabajos previos (MOPTMA, 1995) en los que se ha realizado también una estimación del ahorro alcanzable en los regadíos tanto por mejora de las infraestructuras principales de conducción, como de las aplicaciones en parcela. En el caso del Júcar, estos estudios muestran una cuantía total de ahorro efectivo, por suma de ambos conceptos, de 273 hm³/año, lo que supone del orden del 12% de la demanda, cifra perfectamente encajada con la del Plan de Regadíos aunque los conceptos manejados no son plenamente coincidentes (ahorro suma de áreas en un caso, ahorro efectivo en otro, no conducciones primarias en un caso, actuaciones completas en el otro).

Con estos órdenes de magnitud presentes, se ha evaluado el efecto que tendría sobre las transferencias de recursos la puesta en marcha de todas las actuaciones de modernización previstas, para lo que se ha estudiado la sensibilidad de comportamiento del sistema global frente a distintas variaciones de todas sus demandas de regadío, obteniéndose los resultados ofrecidos en los gráficos. En ellos se muestran, como antes con los abastecimientos, familias de curvas con el número de fallos ordinarios, número de fallos absolutos, volumen medio anual de socorro (hm³) y número de años requeridos, volumen máximo total anual de socorro (hm³), y salidas medias anuales del sistema (hm³), en función del aporte externo recibido (entre 150 y 300 hm³/año), y con una curva para cada nivel de ahorro medio previsto en las demandas de regadío (6 curvas, del 80 al 105% del requerimiento previsto).

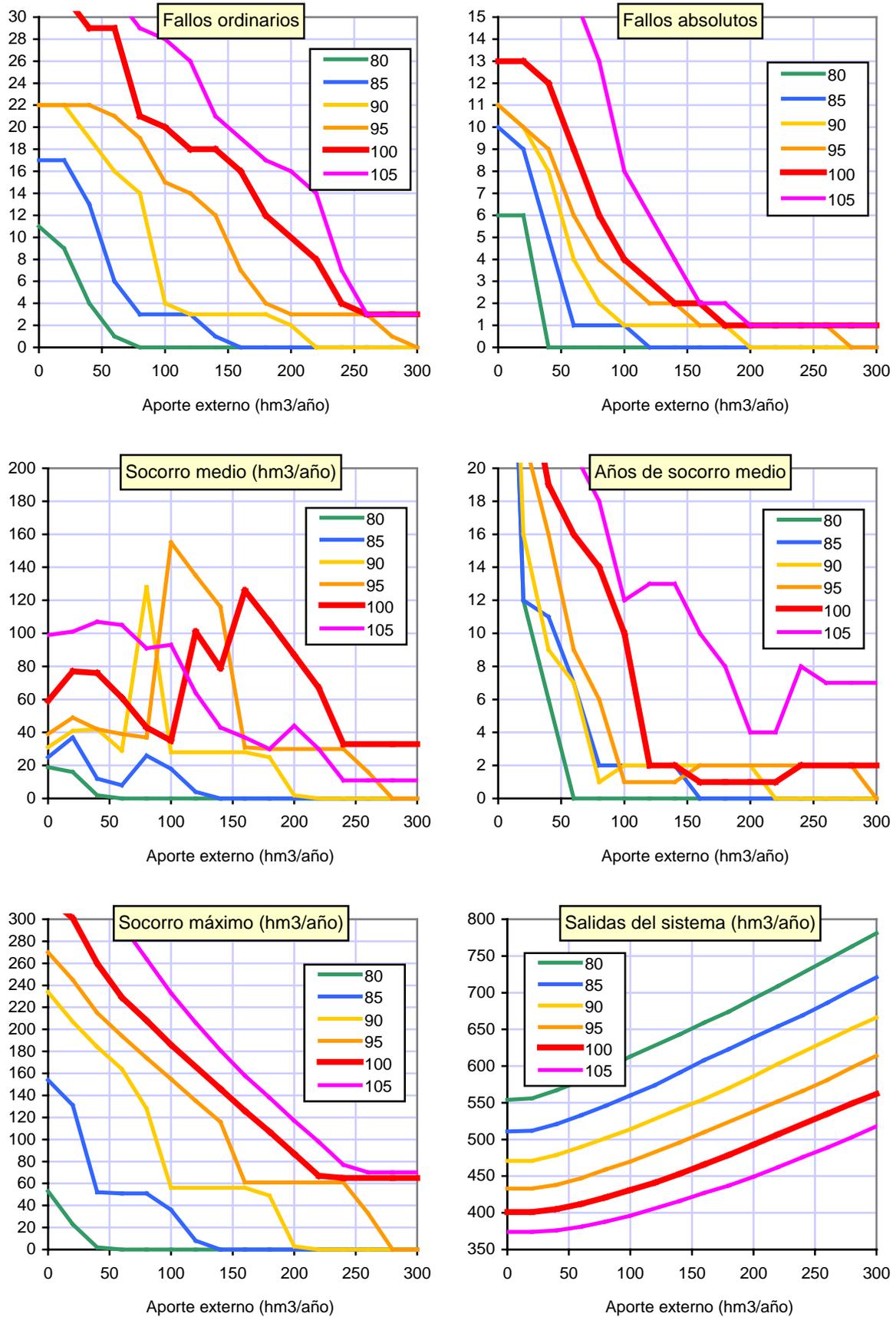


Figura 179. Indicadores de comportamiento según ahorros en los regadíos

Como se observa, el número de fallos ordinarios se reduce apreciablemente para ahorros del orden del 10%, pero no llega a anularse hasta alcanzar los 220 hm³/año de aporte. Si el aporte externo es nulo, fallarían 22 demandas de las 34 consideradas. La figura de fallos absolutos revela la persistencia de un fallo para trasvases de hasta 180 hm³/año con el 10% de ahorro. La reducción sensible de los fallos absolutos requiere aportes externos mínimos de 100 hm³/año, y un aporte nulo implica fallos absolutos de 11 demandas del sistema.

Por otra parte, si se inspecciona el gráfico de volúmenes máximos de socorro anual se observa que trasvases inferiores a 180 hm³/año generan la necesidad de socorros de al menos 60 hm³/año, que pueden llegar a superar los 100 hm³/año máximos admisibles si las transferencias son inferiores a 90 hm³/año, y ello aún cuando se consiguiesen los objetivos de ahorro del 10%. Además, el examen de los socorros medios muestra valores muy sostenidos en torno a los 40-100 hm³/año durante uno o dos años, según el nivel de ahorro alcanzado. Con el 10%, se requieren 200 hm³/año de aporte externo para suprimir el socorro. Es interesante observar el fuerte agravamiento de una situación de incremento del 5% en los actuales requerimientos para regadío.

Finalmente, las salidas medias del sistema muestran un comportamiento muy regular, con tasas de circulación similares y sin efectos de quiebra para los distintos niveles de ahorro. Los suaves cambios de curvatura revelan tasas de circulación progresivamente moderadas a medida que aumenta el aporte externo.

Puede concluirse, en definitiva, que el desarrollo de todas las medidas de mejora y modernización previstas en el Plan Nacional de Regadíos y otros estudios previos, que harían posible un ahorro máximo de recursos para riego en el ámbito del Júcar del orden del 10-12%, pueden reducir la necesidad de aportes externos en alguna medida, pero no alcanzan no ya a suprimirla, sino a rebajarla a niveles inferiores a los 100 hm³/año.

Debe tenerse presente, además, que, tal y como sucede en la cuenca del Segura, las dotaciones empleadas en el Plan de cuenca han sido evaluadas con criterios ajustados. Ello hace que estas cifras de aporte mínimo deban contemplarse con la necesaria cautela, pues pueden encubrir duplicidades que reduzcan ficticiamente las verdaderas necesidades de los aportes externos.

9.3.2.3. EFECTOS DEL POSIBLE CAMBIO CLIMÁTICO

Además de las posibilidades de ahorro y gestión de la demanda, es interesante comprobar la sensibilidad del sistema frente a posibles efectos de cambio climático. Tales efectos sobre los sistemas hidráulicos han sido analizados en el Libro Blanco del Agua, cuya conclusión al respecto puede resumirse en que no procede modificar las demandas hídricas previstas, pero sí cabe reducir las aportaciones en cuantías que son inciertas, pero que pueden tentativamente cifrarse, a efectos de diseño, en un 5% medio global al segundo horizonte del Plan (la horquilla correspondiente al Júcar está en el 6-12% de disminución de aportaciones). Asimismo, se prevé también un aumento de irregularidad de las aportaciones, cuya cuantificación se ignora.

Con objeto de tener una idea del impacto que este fenómeno podría tener sobre el funcionamiento del sistema y su necesidad de aportes externos, se ha estudiado el supuesto de programas de ahorro en abastecimientos y regadíos hasta los niveles globales antes indicados, del 6% y el 12% respectivamente, junto con una reducción de aportaciones por cambio climático, de cuantía variable. Se excluye de esta reducción global la actual aportación del ATS destinada al Segura, que se limita a circular por el sistema Júcar sin servir sus demandas propias. Para conseguir tal efecto de mera circulación, esa aportación se igualará a la demanda externa que atiende.

Nótese que, a diferencia de otras aproximaciones anteriores, que estudian de forma simple los efectos de la regulación sobre almacenamientos aislados, y con disminuciones de recursos fijas y predeterminadas, el análisis aquí ofrecido introduce la disminución de aportaciones de forma rigurosa, considerando en toda su complejidad el funcionamiento del sistema hidráulico completo, y no se limita a algún escenario específico, sino a toda la gama de posibilidades, de forma continua.

Los resultados obtenidos, según el nivel de reducción de aportaciones considerado, son los mostrados en la figura adjunta.

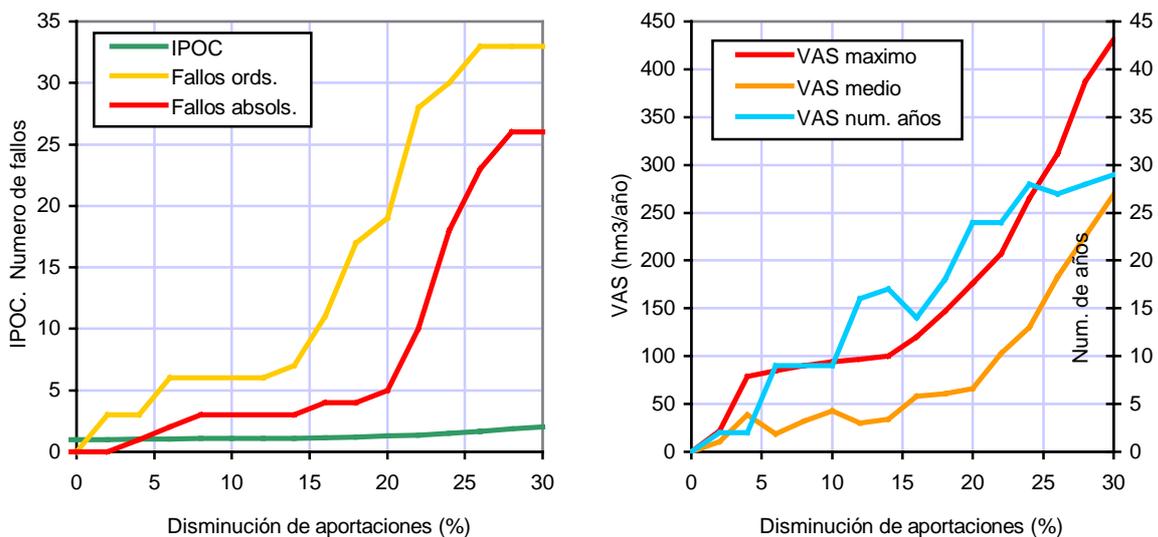


Figura 180. Sensibilidad del sistema frente a efectos de cambio climático

Como puede verse, si las aportaciones disminuyesen entre un 6 y un 12% como consecuencia del cambio climático, los posibles ahorros totales, tanto de abastecimientos urbano-industriales como por modernizaciones y mejoras de regadío, no podrían llegar a compensar tal merma de recursos, y el sistema comenzaría a presentar fallos y a requerir socorros. Con el criterio de diseño global del 5%, todos los ahorros previstos no pueden compensar la disminución de aportaciones, y el sistema presentaría 5 fallos ordinarios y 2 absolutos, requiriendo socorros máximos próximos a los 100 hm³/año, y socorros medios de unos 20 hm³/año durante 10 años de la serie. Este funcionamiento no resulta muy estricto, por lo que sería necesario reducir las demandas o aumentar las transferencias externas.

El sistema del Júcar es, pues, sensible a posibles disminuciones de aportaciones por el cambio climático, lo que subraya la necesidad de desarrollar todas las posibilidades de ahorro e incremento de las disponibilidades propias existentes, y recibir un aporte externo de un orden de magnitud al menos similar al obtenido en los análisis básicos.

9.3.3. CONCLUSIONES

Considerando cuanto se ha expuesto en epígrafes previos, puede concluirse que, a los efectos de este Plan Hidrológico Nacional, el ámbito de la cuenca del Júcar puede suponerse, de forma conceptual y simplificada, como un sistema agregado en el que los aportes externos pueden entrar, sin perjuicio de su origen, por la conducción del ATS o por una conducción desde el bajo Ebro, en cuantía total de 300 hm³/año.

Para el cálculo de esta cifra se han considerado las posibilidades de reutilización existentes, y la intensificación del uso de aguas subterráneas del sistema. Asimismo, se ha comprobado que la aplicación intensiva de medidas de ahorro y modernización, tanto de las redes de abastecimiento urbano como de regadíos, no alcanza a eliminar la necesidad de aporte externo, aunque puede reducirla moderadamente. La decisión final sobre el nivel relativo de uno u otro tipo de actuación ha de venir dado por las condiciones económicas y ambientales de las distintas alternativas existentes. En sentido contrario al de los ahorros opera una hipotética disminución de aportaciones propias como consecuencia del cambio climático. La resultante sobre los aportes externos de ambos efectos contrapuestos sugiere mantener las cuantías obtenidas en niveles similares a los obtenidos en los análisis anteriores.

La incorporación de los aportes externos al sistema puede concebirse como realizada en varias áreas virtuales de entrega, o macrounidades de demanda, que denominamos como Castellón Norte, Mijares-Castellón, Castellón Sur (que integran el subsistema de Castellón), Turia, Villena (topónimo de la toma con el que designamos al subsistema de Alicante), Tous (topónimo que designa a la parte del subsistema Júcar dominada desde el Ebro) y La Roda (topónimo de toma que designa al área de Albacete y parte del subsistema Júcar no dominada por el Ebro), tal y como se muestra en el esquema adjunto.

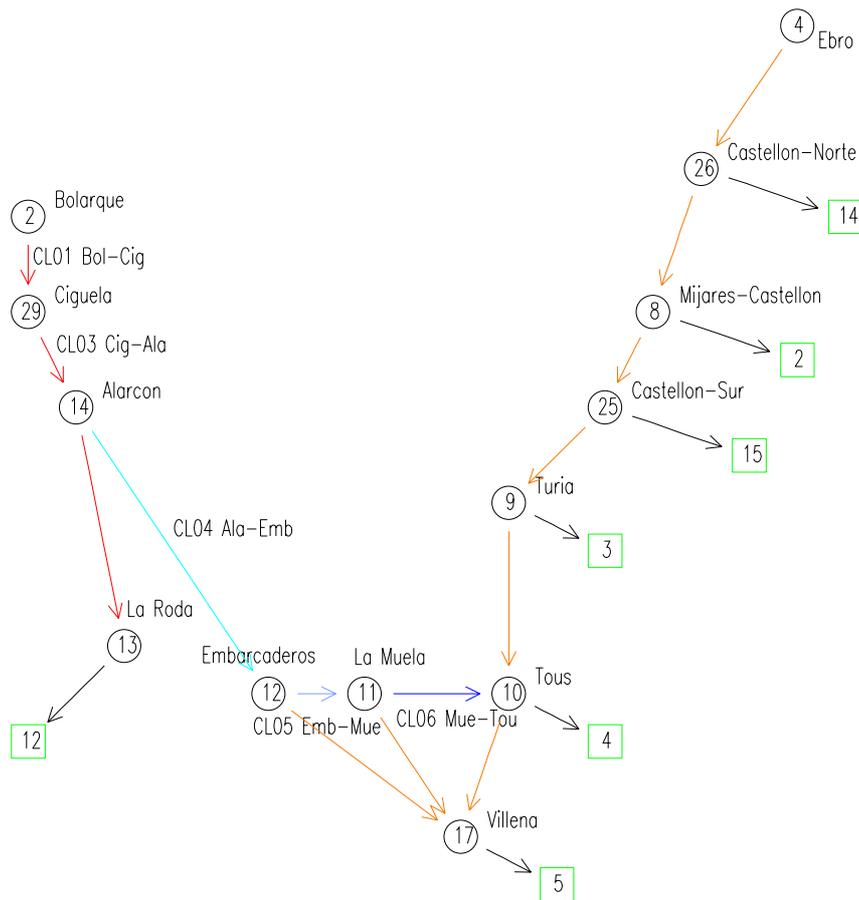


Figura 181. Puntos de entrega de aportes externos y esquema de circulación general en el ámbito del Júcar

Los análisis realizados permiten asimismo evaluar las entregas necesarias en cada macrounidad de demanda, debiendo encontrarse en la horquilla definida por el máximo aporte desde el ATS y el máximo aporte desde el Ebro. Estas dos hipótesis extremas, que acotan el espacio factible de aportes externos al sistema, dan lugar a las cantidades mostradas en la tabla siguiente, y que son las pertinentes a efectos de la optimización global de transferencias de la planificación nacional.

Unidad	Hipótesis de Aporte max. por ATS ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Hipótesis de aporte max. por Ebro ($\text{hm}^3/\text{año}$)
Castellón Norte	20	20
Mijares-Castellón	40	40
Castellón Sur	20	20
Turia	0	0
Tous	0	60
Villena	160	160
La Roda	60	0
Total:	300	300

Tabla 100 . Demandas agregadas

A su vez, el sistema del Júcar es de tránsito hacia el Segura y Sur, con posibles aportes por los dos mismos ejes antedichos del ATS y el Ebro. Bajo esta consideración, se limitaría a proporcionar la función de transporte hacia estas cuencas, sin perjuicio de alguna posible modulación de los caudales de tránsito.