

## **10. CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA**

### **10.1. INTRODUCCIÓN**

Los análisis realizados en el Libro Blanco del Agua en España muestran a las Cuencas Internas de Cataluña como un territorio en el que hay sistemas de explotación en situación de escasez coyuntural. En este Libro se apunta asimismo que para superar tal riesgo de escasez, los sistemas afectados deben ser estudiados respecto a la posibilidad de reequilibrios internos en el ámbito de su Plan Hidrológico, o a la necesidad de aporte de recursos procedentes del exterior. En consecuencia, las Cuencas Internas de Cataluña, de carácter intracomunitario, deben ser consideradas en el estudio de las posibles transferencias externas a dilucidar por este Plan Hidrológico Nacional, siendo tal estudio el que se desarrolla en las páginas que siguen.

La referencia inicial básica para nuestro estudio es el vigente Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña, complementado con otros documentos posteriores que actualizan o precisan algunas determinaciones del Plan, tal y como se irá indicando en cada caso.

Este Plan Hidrológico identifica en su ámbito territorial un conjunto de cuatro sistemas de explotación de recursos denominados Norte, Centro, Sur y Baix Ebro-Montsià. A efectos de su análisis para la planificación hidrológica nacional, estos sistemas de explotación se han simplificado y agregado en un sistema único, que permite su estudio con la resolución adecuada a esta escala de planificación, y su armonización técnica con el resto de los sistemas estudiados en el presente Plan Nacional. Junto a ello, y con el objetivo de incorporar el periodo de datos más reciente, se ha procedido a la actualización de series hidrológicas, así como a estudiar distintas posibilidades de gestión de la demanda e incremento de las disponibilidades propias y trasvasadas, tal y como se verá en los correspondientes epígrafes.

Tras la descripción de los distintos elementos que integran el sistema, y la previsión de su situación en el futuro, se procederá a su análisis desde el punto de vista de la necesidad y cuantía de posibles transferencias externas, que es el pertinente a los efectos de este Plan Hidrológico Nacional.

### **10.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA**

En síntesis, los elementos y magnitudes fundamentales del sistema de explotación único agregado, definido para todo el ámbito del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña, son los que se describen seguidamente.

### 10.2.1. APORTACIONES

Los criterios para el establecimiento y ubicación de las aportaciones hídricas consideradas son similares a los del resto de sistemas analizados en este Plan Hidrológico, y dan lugar a un conjunto de puntos básicamente coincidente con el empleado en el modelo de ATLL (1996b). Asimismo, y como en el resto de sistemas analizados, las nuevas series de aportaciones mensuales se han extendido hasta el año hidrológico 1995/96 mediante el modelo de evaluación de recursos desarrollado para el Libro Blanco del Agua en España.

En la figura siguiente se pueden observar los puntos de incorporación al sistema de las series mensuales de aportaciones consideradas.

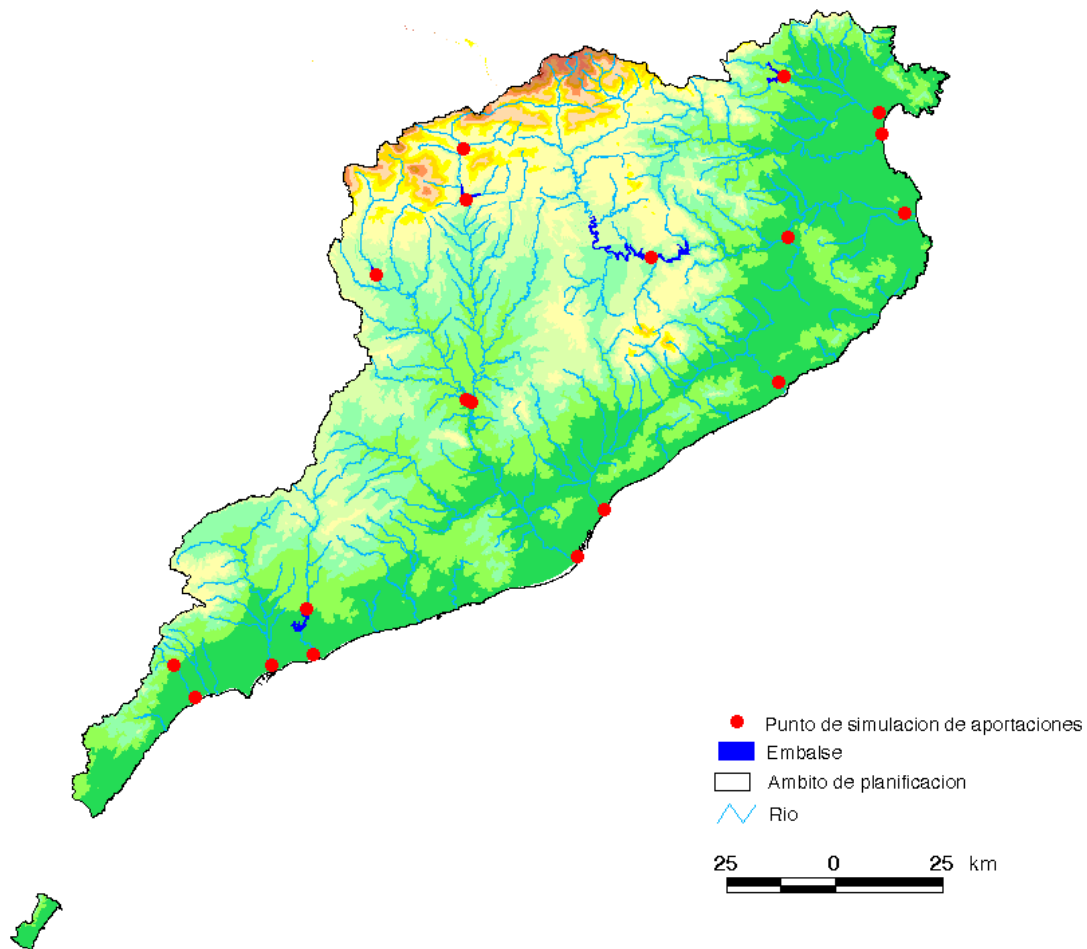


Figura 182. Puntos básicos de evaluación de recursos

La siguiente tabla resume los puntos y cuantías consideradas en nuestro análisis y sus coeficientes propuestos (cuya justificación se irá viendo más adelante), junto con las cantidades totales estimadas en el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña, allí denominadas *recursos brutos*. Esta estimación se basó en trabajos previos sobre evaluación de recursos CHPO (1984), continuación de los pioneros análisis de comienzos de los 70 realizados por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, y en numerosos estudios disponibles sobre los acuíferos en explotación de la cuenca. En el

marco del Plan Hidrológico se realizó una nueva restitución al régimen natural, que es la considerada. Posteriormente, en ATLL (1996b) se ampliaron estas series restituidas hasta el año 1989/90, ofreciéndose también en la tabla sus resultados como contraste. Las medias mostradas permiten comprobar el buen acuerdo global entre las distintas estimaciones.

Punto de aportación	Ap. incr. media (hm <sup>3</sup> /año)	Aportac. Acumulada (hm <sup>3</sup> /año)	PH CIC (hm <sup>3</sup> /año)	ATLL (1996b) (hm <sup>3</sup> /año)	Coef.
Alto Ter	331	331			1,1
Ter en Sau	151	482	496	595 (Susqueda)	1,1
Ter completo	326	808	956	829	0,9
Cardener en Sant Ponç	87	87			1
Cardener en Manresa	127	214			1
Llobregat en Figols	74	74			1
Llobregat en La Baells	106	180		236	1
Llobregat tras Cardener	144	538		592 (Abrera)	0,90
Llobregat en el delta	174	712	742	718 (Martorell)	0,90
Total:	2315	-	-		

Tabla 101. Aportaciones hídricas consideradas en el sistema

Asimismo, la figura adjunta ilustra este buen encaje de las aportaciones mostrando las series anuales en régimen natural empleadas por el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña y extendidas, y las consideradas por este Plan Hidrológico Nacional, en tres puntos básicos del sistema como son el Cardener en Sant Ponç, el Llobregat en La Baells, y el Ter en el Pasteral.

En la misma figura se muestran también las evoluciones temporales del ratio entre las medias de las series PHCIC y PHN.

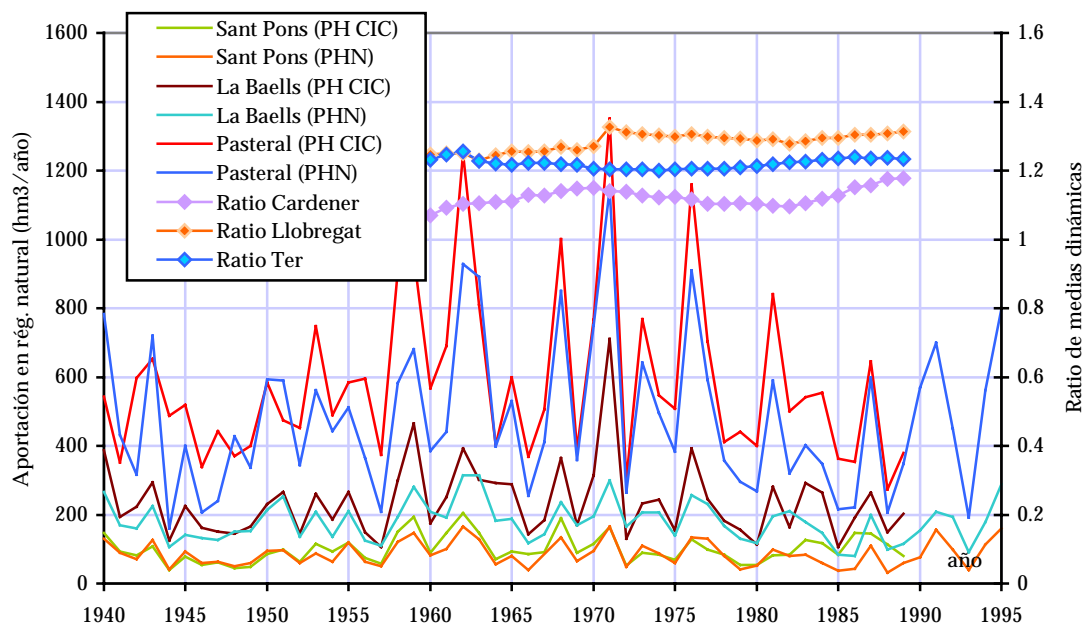


Figura 183. Series de aportaciones anuales en puntos básicos

Puede verse que la concordancia general es buena, se reproduce correctamente el patrón de comportamiento y rachas de las series, y, en el periodo común, las medias de las series del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas son algo mayores que las PHN, lo que coloca nuestra estimación del lado de la seguridad con respecto a aquella. Procede únicamente afectar a las series del Ter en Sau de un coeficiente de 1'2 con objeto de trasladar los datos desde Sau al Pasteral, que es el punto que consideraremos en el modelo, y de conformidad con los valores del PHCIC (la ratio obtenida es 1'23).

Procede asimismo afectar a la serie del Ter en el curso bajo de un coeficiente reductor, estimado en 0'9, con objeto de trasladar ligeramente la serie aguas arriba, hacia un punto dominante de las derivaciones para los riegos del Bajo Ter.

Por último, tal y como muestra la tabla, y por las razones que se verán más adelante, se propone aplicar otros coeficientes reductores de 0'9 a las series del Llobregat en Abrera y el delta.

Además de estas aportaciones propias del sistema, 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, se incorporarían físicamente al sistema por los puntos de Abrera (bien directamente o a través del Anoia), o de Cardedeu. Obviamente, la cuantía de tales aportes no es un dato previo, sino que será un resultado del presente análisis.

### **10.2.2. 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 no incremento de las superficies de riego con cargo a recursos trasvasados, se han calculado las demandas básicas actuales y futuras a considerar en el ámbito territorial de las Cuencas Internas de Cataluña, conforme a las determinaciones globales establecidas en su Plan Hidrológico, y el detalle desagregado de demandas ofrecido en recientes estudios como el de ATLL (1996b) y otros.

La figura adjunta muestra la distribución territorial de los actuales regadíos y poblaciones, y permite apreciar la ubicación relativa de las demandas hídricas en las manchas de riego y la gran concentración urbana del área de Barcelona.

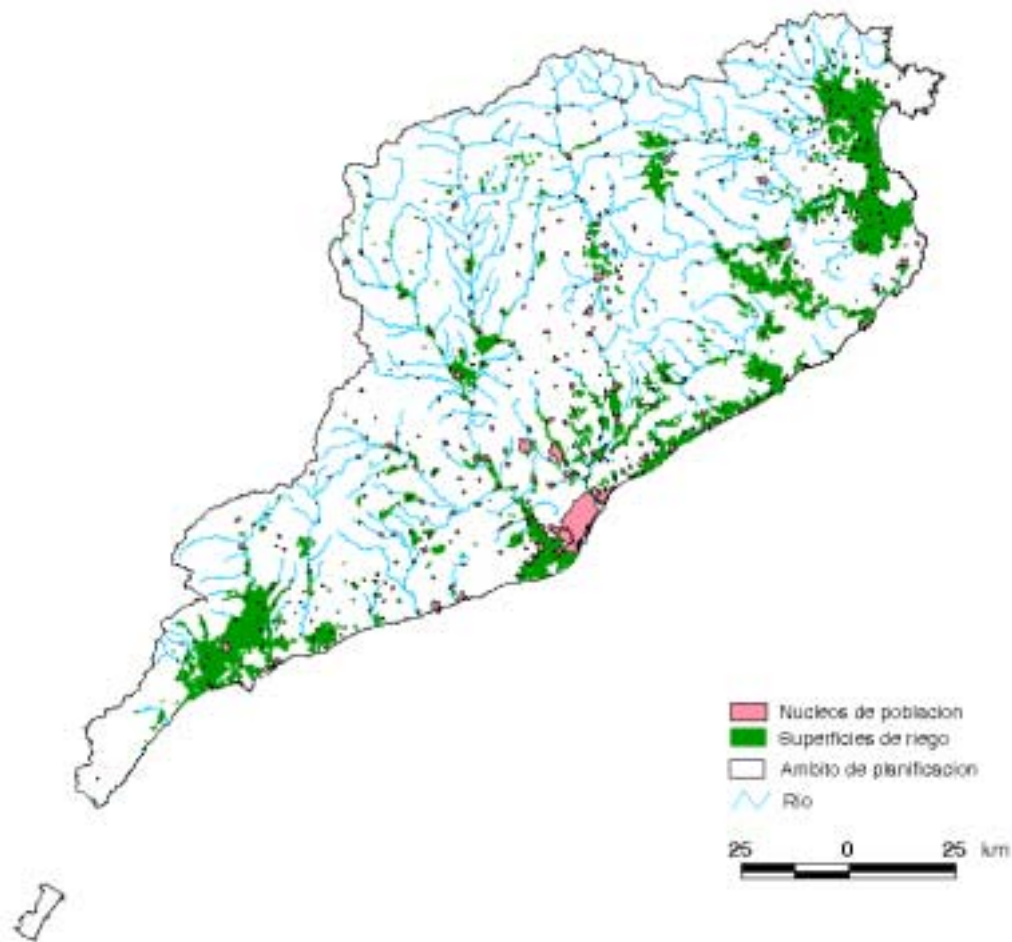


Figura 184. Mapa de situación de poblaciones y regadíos

Seguidamente se describen los criterios adoptados y resultados obtenidos para la estimación de las demandas en situación actual y en los distintos sistemas de explotación, tras lo que se ofrecerá una previsión de las demandas futuras a considerar en este Plan.

#### 10.2.2.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN NORTE

Dentro del sistema de explotación Norte, se han considerado tres subsistemas: el Muga-Fluviá, el Ter, y el Tordera.

Según el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas, en el **subsistema Muga-Fluviá** se dispone actualmente de 156 hm<sup>3</sup>/año, que pueden incrementarse en el futuro hasta 257, básicamente mediante el aumento de regulación debido a la presa de Esponellá en el río Fluviá. Esto supone del orden del 60% de los recursos naturales del sistema (439 hm<sup>3</sup>/año), por lo que se estima un objetivo viable e incluso superable. Si no fuese aconsejable y se desestimase la construcción de Esponellá, el sistema se mantendría con holgura en sus parámetros actuales, sin las ampliaciones futuras.

En efecto, conforme al PHCIC las demandas existentes se elevan a 117 hm<sup>3</sup>/año (24 urbano-industriales, 63 de regadíos, y 30 ecológica), que se elevarían en el futuro a 214 hm<sup>3</sup>/año (36, 148 y 30 respectivamente). Como se observa, el mayor crecimiento se prevé en regadíos (unas 7.500 nuevas has) , y la cifra global es inferior a las disponibilidades previstas, con un remanente futuro de unos 40 hm<sup>3</sup>/año. Si no se desarrollan estas ampliaciones de riego no sería imprescindible la nueva regulación y persistiría un balance positivo. En consecuencia, y a los efectos del análisis global, puede suponerse que el Muga-Fluviá es un subsistema autosuficiente y excedentario, y que lo seguirá siendo en el futuro, aunque en menor medida y con posibles regulaciones complementarias, según el grado de desarrollo de las nuevas demandas en su cuenca.

No obstante, lo relativamente moderado de sus posibles excedentes (un 15% de las disponibilidades totales del subsistema, y un 6% de la actual demanda Ter-Llobregat, que sería la destinataria de los recursos), unido a la necesidad de preservación ambiental (40 hm<sup>3</sup>/año resultan ser un 8-9% de los recursos naturales totales, cantidad inferior al 20% de reserva objetivo propuesta en el Libro Blanco del Agua en España) desaconseja, en principio, plantear la posibilidad de una transferencia interna desde este subsistema hacia el subsistema del Ter, por lo que puede, a nuestros efectos, suponerse autónomo y autosuficiente, e ignorarse en el análisis global.

En el **subsistema del Ter**, y conforme a la caracterización para el modelo propuesto en ATLL (1996b), se consideran en situación actual: una demanda de 28 hm<sup>3</sup>/año aguas arriba de Susqueda, correspondiente a los aprovechamientos existentes en ese ámbito del *Alto Ter* (Ribes, Camprodón, S. Joan, Alto Fresser, Ripoll, Ges, Gurri, Vic, Sau, etc.), y con un retorno de 20 hm<sup>3</sup>/año (el 71%). El hecho de que exista tal importante demanda aguas arriba de las regulaciones del Ter sólo puede explicarse por la importante componente de flujo base proporcionada por los acuíferos del área de cabecera (unidad Cadí-Taga-Ripoll), con recarga superior a los 150 hm<sup>3</sup>/año, y bombeos casi inexistentes, lo que permite asegurar su suministro.

Las demandas del *Ter hasta Girona*, excepto su abastecimiento, se agregan en una unidad de demanda única mixta (abastecimientos e industrias de Pardina y Anglés, y riegos de Bescanó-Salt) de 20 hm<sup>3</sup>/año, y el abastecimiento de *Girona y Costa Brava* se agrega en otra unidad de 13 hm<sup>3</sup>/año. Aguas arriba de Girona se considera también la derivación de la acequia de Monar, con 3 m<sup>3</sup>/s continuos (95 hm<sup>3</sup>/año) que se consideran retornados íntegramente al Onyar en la ciudad.

Aguas abajo de la incorporación del Onyar, los aprovechamientos existentes se suponen agregados en dos unidades de demanda, una *mixta del Bajo Ter*, de 46 hm<sup>3</sup>/año, que incluye los abastecimientos e industrias de Girona, Sentmenat, Llemana y Terri (4 hm<sup>3</sup>/año) y los regadíos de Llemana, Cerviá, S. Jordi y Colomes (42 hm<sup>3</sup>/año); y otra demanda de *regadíos del Bajo Ter*, que asigna a estos riegos un total de 42 hm<sup>3</sup>/año. Por otra parte, la demanda del sistema Ter-Llobregat derivada en el Pasteral, con caudales transportados por el canal de trasvase y servidos en alta por Aigües Ter-Llobregat (ATLL), se considera, a efectos de cómputo, conectada al complejo Sau-Susqueda, con unos caudales derivados no predeterminados, y sin más limitación que el máximo continuo derivable de 8 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 252 hm<sup>3</sup>/año (21

hm<sup>3</sup>/mes). Estos caudales asignados actuales se podrían mantener en el futuro con el mismo destino, o reducirse y contribuir al aumento de los flujos ambientales circulantes en el Ter.

Además de estas demandas consuntivas, el PHCIC incluye una demanda ecológica de 107 hm<sup>3</sup>/año, tal y como se describe en el correspondiente epígrafe de caudales mínimos.

El total de demandas apuntadas suma 244 hm<sup>3</sup>/año. Si a ellos se suman los 107 ecológicos se obtiene un total de 351 hm<sup>3</sup>/año, cifra un 20% superior a los 292 del PHCIC, y, en consecuencia, del lado de la seguridad con respecto a las previsiones del Plan. La diferencia puede estar en la diferente consideración de los retornos y los caudales ecológicos como tales o como derivaciones para otros usos, que además cumplen esta finalidad.

En cuanto al **subsistema de la Tordera**, el PHCIC lo identifica como muy problemático, con disponibilidades anuales actuales del orden de 53 hm<sup>3</sup> y demandas totales de 71, lo que lo hace ya deficitario. Para resolver esta situación se prevé que no aumentarán los regadíos actuales (con requerimientos de 24 hm<sup>3</sup>/año), y se deberán recibir en el futuro 30 hm<sup>3</sup>/año del total de los 252 asignados para trasvase desde el sistema norte al sistema centro, a cuyos efectos se conectará al canal de ATLL mediante una toma antes de la llegada a Cardedeu.

Desde el punto de vista de la modelación, el subsistema de la Tordera puede pues considerarse asimilado a un complejo de aprovechamientos equivalente a una demanda que agota todos sus recursos propios sostenibles, y es por tanto irrelevante a los efectos del análisis del sistema global, y otra demanda virtual de abastecimiento urbano-industrial nula en situación actual y de 30 hm<sup>3</sup>/año en el futuro, servida desde la conducción de trasvase de ATLL.

#### 10.2.2.2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN CENTRO

Dentro del sistema de explotación Centro, se consideran 5 subsistemas: Besòs-Maresme, Alto Llobregat, Bajo Llobregat, Anoia y Garraf-Foix.

El subsistema principal, que es el del **Llobregat**, se considera constituido, hasta la confluencia con el Cardener, por una demanda industrial servida por el *Canal de Berga*, con toma aguas arriba del embalse de La Baells, de cuantía estimada en 70 hm<sup>3</sup>/año (máximo de 78 hm<sup>3</sup>/año según la capacidad del canal de 2,49 m<sup>3</sup>/s), y que retorna en su práctica totalidad al río aguas abajo de la presa, y una demanda mixta (urbana, industrial y de regadíos) que denominamos *Berga-Sallent*, y que engloba las existentes desde La Baells hasta el Cardener, con cuantía de 19 hm<sup>3</sup>/año.

Los requerimientos del Cardener se suponen representados por una demanda mixta de abastecimientos, industrias y regadíos (Alto y Bajo Cardener, Cardona, Solsona, y Manresa), que denominaremos *Manresa y otros* por ser ésta la demanda dominante, y que tiene una cuantía total de 25 hm<sup>3</sup>/año con un retorno de 20 (el 80%).

Aguas abajo de la confluencia del Llobregat y Cardener, se supone conectada una unidad de demanda del Llobregat (*Monistrol-Olessa*) que, con cuantía de 20 hm<sup>3</sup>/año, integra todas las existentes hasta Abrera, y otra demanda de 13 hm<sup>3</sup>/año que integra los abastecimientos e industrias de Tarrasa servidos por la *toma de Abrera* (13 hm<sup>3</sup>/año).

Por otra parte, además de identificar estas demandas hídricas ordinarias en la cuenca alta y media del Llobregat, se ha comprobado la existencia de importantes mermas de caudal en el río, a su paso por los aluviales del curso inferior. En los análisis y modelación del sistema realizados en ATLL (1996b), este fenómeno se tuvo en cuenta introduciendo una demanda consuntiva ficticia de  $79 \text{ hm}^3/\text{año}$  para considerar las detracciones totales por infiltraciones en las cubetas aluviales de Sant Andreu y de Abrera (estimadas en  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalentes a  $16 \text{ hm}^3/\text{año}$ ), y en el delta del Llobregat (estimadas en  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalentes a  $63 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

Nótese que estas mermas son, en definitiva, el eco de una demanda o requerimiento funcional que actúa sobre el acuífero, y que se muestra de forma diferida en el espacio y en el tiempo, pero con el mismo valor medio a largo plazo en situación de equilibrio. Indagando sobre tal requerimiento diferido, se concluye que éste no es sino la demanda generada por las captaciones directas de estos acuíferos (los denominados *recursos locales*, fuera de las redes regionales).

En efecto, además de las demandas básicas servidas por las redes regionales ATLL-AGBAR, que se describirán más adelante, existe una parte importante de las necesidades urbano-industriales de la zona que se surte con suministros propios, mediante captaciones subterráneas. En ATLL (1996a), los recursos locales captados de las cubetas de S. Andreu y Abrera y el delta del Llobregat se cifraron en  $86 \text{ hm}^3/\text{año}$  (7, 25 y 54 respectivamente), cifra que coincide sensiblemente con las filtraciones estimadas en el otro estudio, por lo que puede concluirse que, en efecto, se trata del mismo fenómeno, y su cuantificación está bien acotada.

Además de estas captaciones, existen también tomas locales en otros acuíferos de la cuenca del Llobregat (riera de Rubí/Arenes, Penedés y Anoia) que ese mismo estudio evalúa en un total de  $15 \text{ hm}^3/\text{año}$  (5'7, 6'8 y 2'8 respectivamente), y que pueden considerarse como una detracción de los caudales naturales del río, antes de llegar al delta. Si la aportación incremental media en régimen natural entre la confluencia con el Cardener y el delta es de  $174 \text{ hm}^3/\text{año}$ , estas detracciones suponen un 9% de tales recursos.

Puede verse que, conforme a estas cifras, la cantidad total actual de autosuministro con recursos locales en los acuíferos del Llobregat y el ámbito de la red regional sería de unos  $101 \text{ hm}^3/\text{año}$ , cifra similar a la proporcionada por otra estimación disponible (ATLL, 1996b), que los fijó en unos  $92 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Si a éstos se suman los  $55 \text{ hm}^3/\text{año}$  de suministros locales fuera del Llobregat (11 de Garraf, 35 del Besós, 5 del Maresme, y 4 del Tordera), el total de recursos locales aplicados en este ámbito asciende a  $156 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

En definitiva, y a los efectos de nuestro análisis, puede adoptarse el criterio de considerar todas las detracciones locales de las cubetas y el delta del Llobregat ( $86 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) como dos demandas agregadas continuas y sin retornos. La primera de ellas corresponde a las *filtraciones en las cubetas* de Sant Andreu y Abrera, que ciframos en  $32 \text{ hm}^3/\text{año}$ , y la segunda corresponde a las *captaciones locales*, o bombeos locales del delta, estimados en  $54 \text{ hm}^3/\text{año}$ , y que supondremos atendidos desde un embalse ficticio representativo del acuífero del delta, cuya funcionalidad se describirá más adelante, al referirnos a los almacenamientos del sistema.



Además, y como criterio de seguridad para tener en cuenta las detracciones de caudales por extracciones de otros acuíferos, se afectarán todas las aportaciones propias del Llobregat aguas abajo del Cardener de un coeficiente de 0'9, en lugar del 0'91 aplicado solo a la incremental del delta, que sería lo correspondiente a las estimaciones antedichas.

Se incluye también una demanda de *regadíos del Baix Llobregat* (en esencia atendidos con el canal de la Derecha y el canal de la Infanta Carlota), cifrada en 50 hm<sup>3</sup>/año por el PHCIC, que incluye todos los consumos agrícolas del Llobregat desde Abrera hasta el mar, y cuyo retorno contribuye significativamente, como se verá, a la recarga del acuífero del delta.

Además de todas las demandas descritas hasta aquí, existe una de fundamental importancia en la cuenca, que es la generada por la conurbación del área metropolitana de Barcelona y sus zonas próximas. Esta gran demanda urbano-industrial es servida por la red regional de suministro desde tres puntos básicos de distribución, que son las estaciones potabilizadoras de Sant Joan Despí, Abrera y Cardedeu, a las que se aportan recursos procedentes de los ríos Llobregat y Ter. Desde el punto de vista territorial y funcional, puede suponerse que esta gran demanda está integrada por 8 unidades de demanda básicas que son (ATLL 1996b):

1. *Barcelona-Llobregat* o Sant Joan Despí (58 hm<sup>3</sup>/año).
2. *Barcelona Ter-Llobregat*, con servicio desde ambos ríos (83 hm<sup>3</sup>/año).
3. *Barcelona-Ter* o Trinitat, que incluye a Ripollet y Sant Cugat (119 hm<sup>3</sup>/año).
4. *Alella-Masnou*, que incluye Alella, Cabrera, Cabrils, El Masnou, Premiá de Dalt, Premiá de Mar, Tiana, Vallromanes, Vilassar de Dalt y Vilassar de Mar (8 hm<sup>3</sup>/año).
5. *Abrera-Garraf-Penedés*, que incluye 8 hm<sup>3</sup>/año para los abastecimientos e industrias con servicio desde Abrera de Castellbisbal, Martorell, Masquefa, Pallejá, Papiol, Rubí, Sant Esteve, Sant Andreu de la Barca y Tarrasa, además de las demandas urbano-industriales de la zona del Garraf-Penedés, con cuantía de 700 l/s (22 hm<sup>3</sup>/año, similares a los 26 totales del subsistema Garraf-Foix según PHCIC), atendidos desde la depuradora de Abrera tras la entrada en servicio de la Llosa del Cavall (8+22 = 30 hm<sup>3</sup>/año totales).
6. *Vallés Occidental*, que incluye Barberá, La Llagosta, Mollet, Palau de Plegamans, Polinyá, Sabadell, Sant Quirç, Santa Perpetua y Tarrasa (18 hm<sup>3</sup>/año).
7. *Vallés Oriental*, que incluye Canovelles, Granollers, L'Ametlla, La Garriga, La Roca, Les Franqueses, Lliça d'Amunt, Lliça de Vall, Martorelles, Montmeló, Montornés, Parets, Sant Fost y Sta. María Martorelles (9 hm<sup>3</sup>/año).
8. *Cardedeu*, que es la directamente servida desde este punto, y que incluye Argentona, Caldes d'Estrach, Cardedeu, Dos Rius, Llinars, Mataró, S. Andreu de Lllaneres, S. Viçenç de Montalt y S. Antoni Vilamajor (11 hm<sup>3</sup>/año).

Estas 8 unidades básicas del ámbito ATLL suman un total de 336 hm<sup>3</sup>/año atendidos por la red regional, que añadidos a los 156 demandados en su ámbito y atendidos con recursos locales arroja un total para el área de 492 hm<sup>3</sup>/año actuales. Si a éstos se

añaden los 197 (70+19+25+20+13+50) identificados en el resto de la cuenca, se obtienen 689 hm<sup>3</sup>/año de demanda total actual vinculada al subsistema del Llobregat. Tales cifras resultan suficientemente encajadas con los 613 hm<sup>3</sup>/año (586+37-10) de demandas actuales del Alt y Baix Llobregat estimados en el PHCIC, con los 675 estimados por Vilaró (1995) para el Baix Llobregat, Besós y Maresme, con los 449 estimados por Vilaró (1996) para área de Barcelona, o con los 350 estimados por ATLL (1999) para la red Ter-Llobregat, pese a que no siempre coinciden exactamente los ámbitos territoriales referidos. Tal acuerdo nos confirma la razonable bondad de las estimaciones realizadas y de las magnitudes propuestas en el análisis.

Pese a su presumible importancia, no consideraremos por el momento retornos de estas unidades, suponiendo que se producen de forma dispersa y se reciclan, reutilizan o reintegran en la situación actual sin dar lugar a nuevas disponibilidades netas.

Por otra parte, además de estas demandas identificadas existen otros requerimientos de circulación de flujos (ambientales e industriales), tal y como se describirá en el epígrafe de caudales mínimos.

Los otros subsistemas del sistema centro (Besós-Maresme, Anoia y Garraf-Foix) no son relevantes a los efectos de este análisis, y, además, sus demandas urbano-industriales y captaciones locales ya han sido consideradas y están, en buena medida, introducidas en la red regional.

### 10.2.2.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN SUR

En cuanto al **sistema de explotación Sur**, constituido básicamente por las cuencas de los ríos Francolí, Gaià y Riudecanyes, presenta unos recursos totales propios del orden de 120 hm<sup>3</sup>/año, en su práctica totalidad de origen subterráneo, de los que están actualmente disponibles unos 90. No se prevé que sea posible aumentar en el futuro esta cuantía de disponibilidades propias más allá de los 95 hm<sup>3</sup>/año, ya con el sistema técnicamente agotado y alta tasa de reutilización.

Hasta los años 80, las poblaciones e industrias de la zona tenían que utilizar los acuíferos como único recurso, lo que dio lugar a que se produjesen los problemas más serios de intrusión marina en todo el litoral catalán, y a que naciesen una serie de industrias distribuidoras de agua procedente de diversos campos de pozos (Vilaró, 1996). La concentración de núcleos turísticos, la ciudad de Tarragona y el complejo petroquímico, provocaron un déficit de unos 50 hm<sup>3</sup>/año, que se satisfacía en parte con aguas salobres (Batista, 1996).

Tal situación de progresivo agotamiento y degradación de los recursos propios, con aguas de mala calidad, saladas por intrusión marina en los acuíferos costeros sobreexplotados, condujo a plantear una importación de agua desde el Ebro a la provincia de Tarragona, autorizada por la Ley 18/1981, y gestionada por el Consorcio de Aguas de Tarragona. Así, este sistema de explotación cuenta desde 1989 con un aporte externo procedente de ahorros en los canales del delta del Ebro, con cuantía máxima teórica de hasta 126 hm<sup>3</sup>/año (4 m<sup>3</sup>/s continuos previstos en la Ley).

En la actualidad, la demanda del sistema de explotación Sur se atiende con aguas subterráneas propias y con este trasvase, empleándose unos 45-50 hm<sup>3</sup>/año de aguas subterráneas para regadíos en el Campo de Tarragona, y otros 60-65 para abastecimientos urbano-industriales, de los que aproximadamente el 75% (cerca de 50 hm<sup>3</sup>/año) procede del Ebro.

En estos momentos, la población total abastecida con el trasvase es de 411.000 personas, lo que supone el 72% de la población fija de toda la provincia y prácticamente el 100% de la demanda turística, evaluada en unas 500.000 personas más (López Bosch, 1999).

La figura adjunta, elaborada con datos ofrecidos por el Consorcio de Aguas de Tarragona, muestra la evolución de los volúmenes anuales y mensuales servidos por el Consorcio desde el comienzo de su funcionamiento, en agosto de 1989. Si a estos suministros se añaden las pérdidas totales (entre un 5 y un 10%), se obtiene el caudal derivado del Ebro por los canales del delta. Se ha incluido, asimismo, la evolución anual de la tarifa del agua para Ayuntamientos, industrias y media, en pesetas corrientes (López Bosch, 1999).

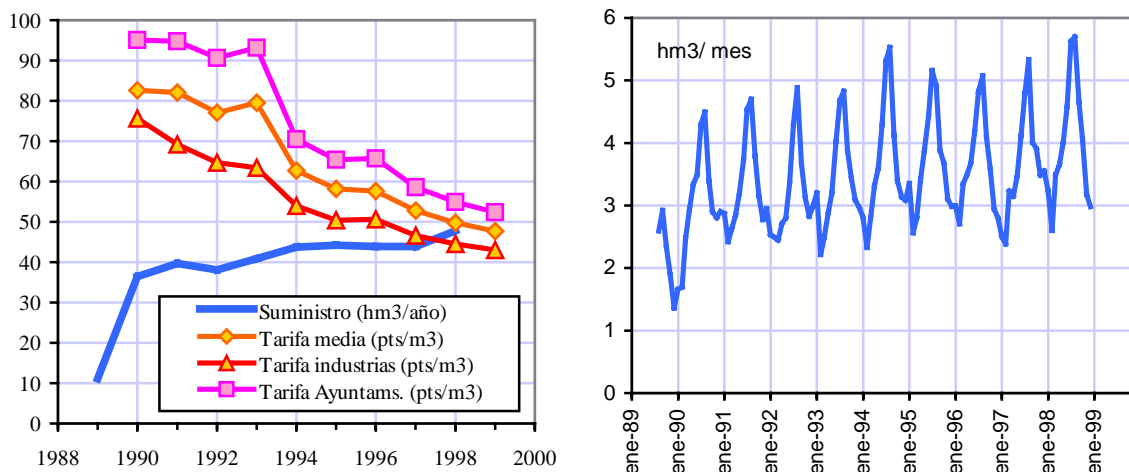


Figura 185. Series anuales y mensuales de volúmenes servidos por el Consorcio de Tarragona y tarifas aplicadas

Puede verse que los recursos anuales suministrados han ido creciendo ligeramente desde 1990 hasta hoy, a una tasa media del 3'6% anual. Se observa también que la estacionalidad de la demanda es muy acusada, con máximos en verano de origen turístico próximos a los 6 hm<sup>3</sup>/mes, frente a mínimos en invierno inferiores a 3 hm<sup>3</sup>/mes.

Asimismo se observa que las tarifas aplicadas han ido disminuyendo con el paso del tiempo a una tasa media del 5'7% anual en pesetas corrientes (11% en pesetas constantes), lo que se debe fundamentalmente a la disminución de los tipos de interés, y al efecto de escala por progresivo aumento de los volúmenes suministrados.

Desde la entrada en servicio del trasvase, los acuíferos muestran una apreciable recuperación, habiendo también disminuido la salinidad de los pozos próximos al litoral.

Es interesante constatar que si se extendiese el servicio de abastecimiento a la totalidad de la población fija de Tarragona y la estacional aumentase en igual medida, esto supondría a lo sumo un 40% de aumento del suministro actual, es decir, aproximarse a los 70 hm<sup>3</sup>/año, con lo que habría aún un margen del orden de 45 hm<sup>3</sup>/año para crecimientos turísticos e industriales futuros.

En definitiva, se trata de un sistema de explotación bien resuelto y recuperado, y en el que, aún suponiendo que el crecimiento del pasado se mantenga igual en el futuro, no cabe esperar problemas de déficit en los horizontes de la planificación hidrológica, por lo que puede ignorarse a los efectos de este Plan.

#### 10.2.2.4. SÍNTESIS DE DEMANDAS ACTUALES

Resumiendo cuanto se ha expuesto, la tabla siguiente muestra las unidades de demanda finalmente consideradas en el esquema (que no son obviamente todas las realmente existentes, sino solo las relevantes a los efectos de modelación de este Plan Nacional), indicando su cuantía actual total anual, su distribución estacional, y el porcentaje de retorno aprovechable en el sistema.

Unidad de demanda	Demanda. (hm <sup>3</sup> /año)	Distribución mensual de la demanda (%)												Ret. (%)
		OC	NV	DC	EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	ST	
Alto Ter	28	7.7	7.4	7.6	7.6	6.9	7.7	8.2	9.5	9.5	10	9.8	8	71
Ter hasta Girona	20	5.8	5.2	5.4	5.4	4.9	5.8	8.1	12	13	14	13	7.4	
Girona-Costa Bava	13	7.2	7	7.2	7.2	6.5	7.2	7	7.2	11	11	11	11	
Acequia Monar	95	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Mixta Bajo Ter	46	5.6	5	5.2	5.2	4.7	5.6	8.1	12	13	15	13	7.4	
Regadíos del Bajo Ter	42	5.3	4.7	4.9	4.9	4.4	5.3	8.1	13	14	15	14	7.3	
Canal de Berga	70	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	100
Berga-Sallent	19	6.1	5.5	5.7	5.7	5.1	6.1	7.5	10	12	14	14	7.8	
Manresa y otros	25	6.5	6	6.2	6.2	5.6	6.5	7.6	10	11	13	13	7.9	80
Monistrol-Olesa	20	5.8	4.8	5	5	4.5	5	6.9	10	14	16	15	7.3	
Filtraciones cubetas	32	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Toma de Abrera	13	8.7	8.1	8.7	8.7	6.9	8.7	8.1	8.7	8.1	8.7	8.7	8.1	
Captaciones locales	54	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Riegos Baix Llobregat	50	7.9	3.7	10	12	11	5.9	7.2	8.1	8	8.6	9.8	8.6	50
Barcelona-Llobregat	58	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Barcelona Ter-Llobregat	83	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Barcelona-Ter	119	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Alella-Masnou	8	7.4	7.3	7.7	7.3	6.5	6.6	7	8	10	12	11	9.5	
Abrera-Garraf-Penedés	30	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Vallés Occidental	18	8.3	8	8.4	8.3	7.5	8.1	8	8.4	8.5	9	8.9	8.4	
Vallés Oriental	9	8.3	8.1	8.4	8.3	7.4	8.2	7.9	8.4	8.6	9.1	9	8.5	
Cardedeu	11	7.9	7.7	8.1	7.9	7.1	7.5	7.6	8.3	9.1	10	9.7	8.9	
Total:	863	7.9	7.3	7.9	8.0	7.2	7.7	8.0	9.1	9.3	9.9	9.7	8.1	

Tabla 102. Síntesis de demandas actuales consideradas

Como puede verse, de los 863 hm<sup>3</sup>/año considerados, 336 (casi un 40%) corresponden a las 8 unidades básicas del abastecimiento urbano-industrial del entorno de Barcelona, servido por la red regional, lo que da una idea de su fundamental importancia a los efectos de nuestro análisis. La distribución estacional media agregada, prácticamente continua, revela también la importancia básica de la componente urbano-industrial de este sistema.

Tras la descripción de la situación actual, procede analizar las previsiones para la situación futura, que es la que debe considerarse a los efectos de este Plan Hidrológico Nacional.

#### **10.2.2.5. PREVISIÓN DE DEMANDAS FUTURAS**

Ha de indicarse, en primer lugar, que la previsión de demandas futuras (y, específicamente, del área y entorno de Barcelona) constituye la cuestión central del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña, desde el punto de vista de la planificación hidrológica nacional.

En efecto, lo usual en las otras cuencas analizadas en este Plan Hidrológico Nacional como posibles receptoras de transferencias externas, es que existan graves déficit en la disponibilidad de agua para riegos ya existentes, y el abastecimiento urbano-industrial ocupe un lugar secundario desde el punto de vista de las cantidades requeridas. Las incertidumbres asociadas a su crecimiento futuro quedan, pues, embebidas en el monto total del déficit de regadíos, y no resultan decisivas para las determinaciones globales.

Sin embargo, en la Cataluña intracomunitaria sucede justamente lo contrario: las demandas de regadío son en general reducidas y sostenibles, y la incertidumbre asociada al desarrollo de los abastecimientos urbano-industriales se torna el elemento decisivo para la posible necesidad de transferencias externas.

En consecuencia, es del mayor interés examinar con algún detalle la evolución de los requerimientos urbano-industriales del área de Barcelona y zonas próximas, asociada al ámbito de la red regional, y que resulta ser, con mucha diferencia, la más significativa de todo el sistema y aún de todo el ámbito territorial de este Plan Hidrológico. Esto nos proporcionará una cierta perspectiva histórica, conveniente para mejor entender el momento presente y su posible evolución en el próximo futuro.

##### **10.2.2.5.1. La evolución del abastecimiento al área de Barcelona**

Arrancando la revisión histórica a mediados del siglo XX, los 100 hm<sup>3</sup>/año demandados en el año 1950 se proporcionaban íntegramente con aguas subterráneas procedentes de pozos principalmente del acuífero del Llobregat y, en menor cuantía, del acuífero del Besós. La calidad de este agua venía experimentando ya entonces un cierto empeoramiento, lo que, unido al crecimiento de la demanda y la consecuente necesidad de mayores caudales, propició la puesta en servicio en 1954, por la Sociedad de Aguas de Barcelona, de la planta potabilizadora de Sant Joan Despí, que captaba por primera vez aguas superficiales del río Llobregat con destino a los abastecimientos del área. Desde esta fecha hasta mediados de los 60, la demanda crece continuamente, y se sirve cada vez menos con pozos del Llobregat, aumentando la captación de aguas superficiales del río.

El enorme crecimiento observado (la demanda se duplica en apenas 10 años) hace necesario recurrir a otras fuentes alternativas, por lo que se autoriza el trasvase de aguas desde el Ter y su tratamiento en la planta de Cardedeu, que entra en servicio en 1967. La demanda continúa creciendo con rapidez, y en pocos años el suministro con aguas trasvasadas desde el Ter y tratadas en la planta potabilizadora de Cardedeu se convierte en la principal fuente de recursos del sistema, con un volumen aportado entre 150 y 200 hm<sup>3</sup>/año, seguida de las aguas superficiales del Llobregat, tratadas en Sant Joan Despí y en la nueva planta potabilizadora de Abrera, inaugurada en 1980, y con valores conjuntos del orden de 100 hm<sup>3</sup>/año. Recientemente se ha conectado la planta de Abrera con Barcelona, disponiéndose en la actualidad de una red mallada que permite satisfacer las demandas del área desde cualquiera de las tres plantas potabilizadoras origen de recursos.

A los requerimientos del área de Barcelona se añaden a su vez demandas propias de las zonas de influencia de Cardedeu y Abrera, hasta llegar a la situación actual en la que el suministro del Besós ha desaparecido por problemas de calidad, las principales fuentes son las aguas superficiales del Ter y el Llobregat, y el suministro de aguas subterráneas bombeadas del delta del Llobregat para estos abastecimientos se ha reducido a cuantías medias del orden de 20 hm<sup>3</sup>/año, pero jugando un papel crucial para la regulación de emergencias y fallos -de cantidad o calidad-, en el sistema superficial. Cuando no hay recursos suficientes o son inutilizables por su contaminación, se capta agua subterránea hasta más de 250.000 m<sup>3</sup>/día, lo que supone un 30% de la demanda total de un día medio (Ferrer Embodas, 1996).

El proceso señalado se muestra en la figura adjunta (Jové Vintrolé, 1995), en la que puede verse la evolución de demandas anuales del área de Barcelona en los últimos 50 años, y el origen de los recursos aplicados.

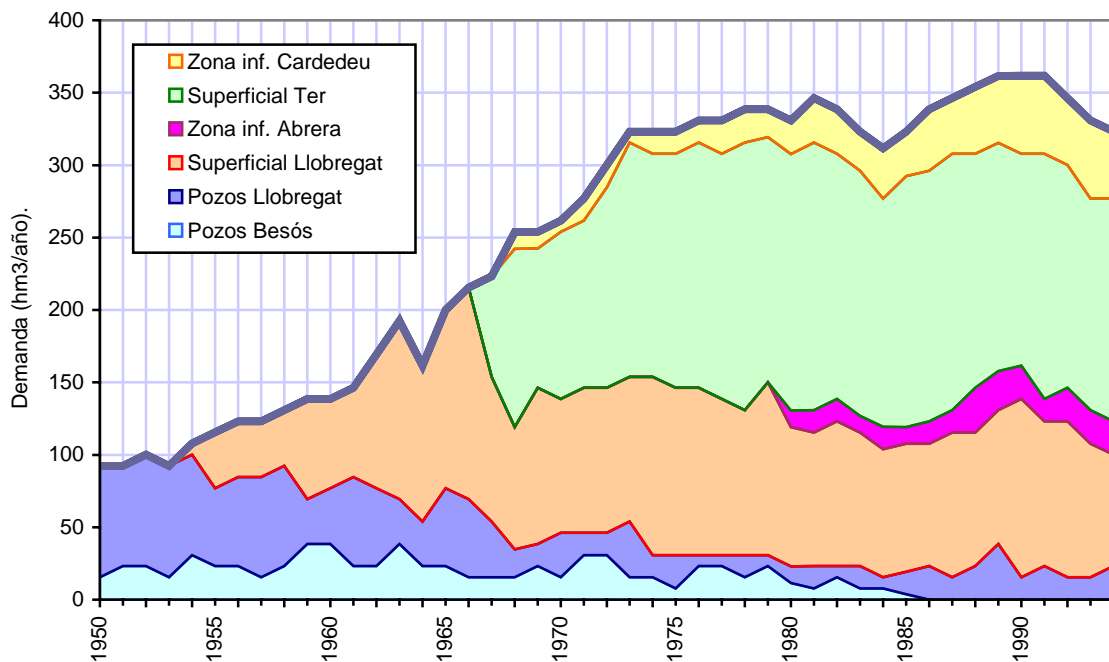
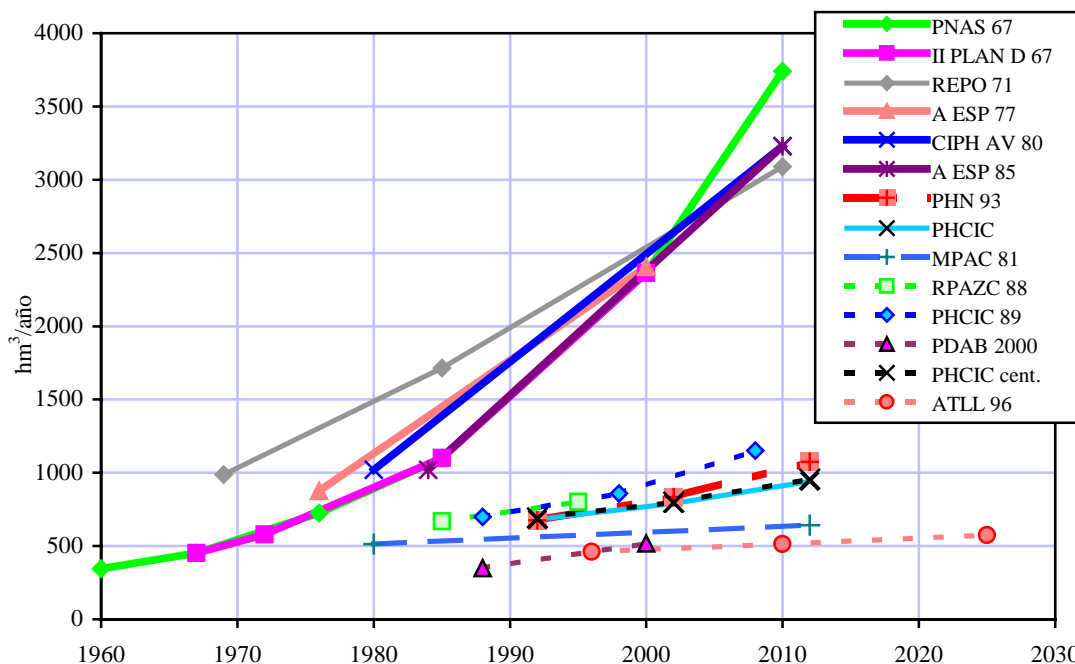


Figura 186. Evolución de las demandas de abastecimiento del área de Barcelona

El examen de esta figura muestra que tras un gran crecimiento a tasas medias próximas al 7% anual en el periodo 1955-75 (años de la gran emigración a Barcelona), la demanda servida por la red regional ha permanecido relativamente estable desde mediados de los 70 hasta hoy, con valores entre 300 y 350 hm<sup>3</sup>/año (como se vió, 336 en nuestro análisis según la estimación actual de ATLL, 1996b), y con fuentes básicas de suministro también sensiblemente estabilizadas y sostenibles. Este relativo estancamiento es el rasgo básico de la actual situación de requerimientos hídricos del área.

#### 10.2.2.5.2. Las previsiones de crecimiento

Es interesante contrastar estos datos con las previsiones históricas de crecimiento de las demandas urbanas realizadas en distintas fechas por diferentes autores, para lo cual la figura adjunta muestra catorce evaluaciones disponibles según las diversas fuentes indicadas. El primer punto es el momento en que se formula la previsión, y las líneas muestran la previsión formulada. Las líneas de trazo continuo se refieren al ámbito territorial de las Cuencas Internas, mientras que las de trazo discontinuo se refieren a la zona central del ámbito de Barcelona y su entorno.



Fuentes: Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento de 1967 (PNAS 67); II Plan de Desarrollo Económico y Social, 1967 (II Plan/D 67); Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental, 1971 (REPO 71); El Agua en España, 1977 (A/Esp77); Comisión Interministerial de Planificación Hidrológica-Avance 80, 1980 (CIPH Av 80); El Agua en España, 1985 (A/Esp85); Documentación básica, 1990 (Doc/Bas 90); Anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional, 1993 (PHN 93); Plan Hidrológico de cuenca (PHC); Marco para el plan de aguas de Cataluña (MPAC 81); Estudio de la Red Primaria de Aguas en la zona Centro (RPAZC 88); Plan de abastecimiento de agua al ámbito de Barcelona para el año 2000 (PDAB 2000); Estudio de la demanda de agua en el ámbito de ATLL (1996).

Figura 187. Distintas previsiones de evolución de la demanda urbana

Sin perjuicio de las distintas interpretaciones, metodologías y objetivos de los diferentes estudios, y de que sus correspondientes ámbitos territoriales no son siempre

coincidentes, la inspección de esta figura muestra nítidamente un resultado básico, y es que todos los estudios realizados con anterioridad a los años 80 muestran una previsión de crecimiento futuro muy elevado, con tasas del orden del 6-7% anual acumulado, mientras que todos los estudios posteriores a esa fecha muestran una previsión de crecimiento de demandas mucho más moderada, con tasas en torno al 1-2% anual. La más reciente y detallada estimación (ATLL, 1996a) obtiene una tasa del 0'85%.

Ello es explicable si se examina esta figura junto con la anterior, de evolución de suministros observada en las últimas décadas, en la que, como se indicó, se aprecia un periodo de gran desarrollo, a tasas también del 7%, que fué extrapolado hacia el futuro en una proyección que la disminución de natalidad y, sobre todo, la desaparición de flujos migratorios, hizo irreal al cabo de pocos años. La tasa media real observada en el periodo 1973-1994 es del 0'31%, sustancialmente inferior a todas las previsiones disponibles.

Profundizando más en este fundamental asunto, la figura adjunta muestra la evolución histórica reciente (1970-1991) de la población en el ámbito estudiado, según la elaboración de ATLL (1996a), realizada con datos del Instituto Nacional de Estadística, junto con la previsión PHCIC del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas, la previsión LB-INE realizada para el ámbito de las Cuencas Internas de Cataluña en el Libro Blanco del Agua en España, con datos del INE, y la previsión IEC de población futura según el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona, consistente en la adaptación al ámbito de este Plan de las proyecciones demográficas elaboradas por el Institut d'Estadística de Catalunya en su análisis de la población objetivo de Cataluña para el 2026. Resulta de gran interés analizar la población pues, sin perjuicio de las correcciones inducidas por las dotaciones unitarias, es sin duda la principal variable controladora de la demanda urbana, y la que explica una mayor parte de su varianza total.

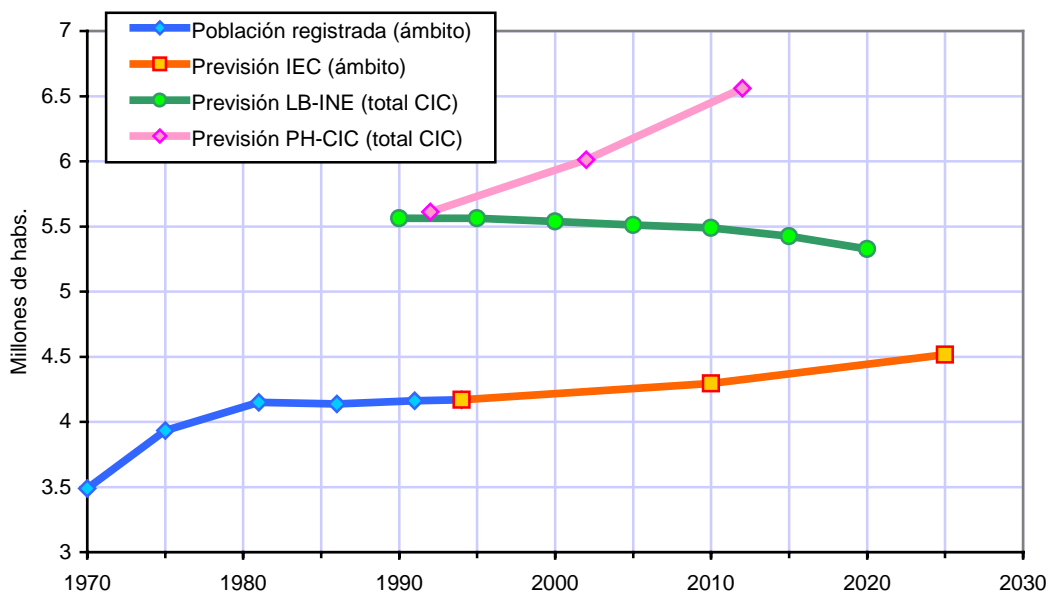


Figura 188. Evolución observada y prevista de la población en el ámbito CIC y el entorno de Barcelona



En primer lugar, puede verse en el gráfico que la población en el área y entorno de Barcelona es del orden del 75% de la de todo el ámbito, lo que reafirma la importancia crucial de esta zona desde el punto de vista de la planificación hidrológica de cuenca y nacional.

Asimismo, se observa que frente al estancamiento demográfico registrado desde comienzos de los 80, la previsión del PH-CIC muestra unas tasas de crecimiento muy elevadas, que no se están dando actualmente y no parecen viables en el futuro, mientras que la previsión IEC supone que se acaba el estancamiento actual y se produce una cierta reactivación del crecimiento de población del área a medio y largo plazo, aunque a tasas inferiores a las del PH-CIC.

En contraste con estas proyecciones demográficas del PH-CIC y del IEC, las previsiones LB-INE, muestran que, al igual que sucederá globalmente en el resto de España, el territorio de las Cuencas Internas de Cataluña no experimentará un incremento de población en el futuro, sino que ésta se mantendrá estable o incluso decrecerá ligeramente. Concretamente, si se producen aumentos de población en este ámbito será en el área del sistema de explotación Sur, y no en el Centro, donde se ubica la gran conurbación urbana cuya demanda futura analizamos. Éste área centro experimentará una variación de población en el periodo 1991-2020 inferior a la media global española, que ya de por sí se prevé negativa (-0,79%).

Descartando la previsión PH-CIC, y centrando la atención en las otras dos, cabe afirmar que, sin perjuicio de que los ámbitos analizados son distintos, la diferencia de resultados es significativa, y solo puede explicarse atendiendo a la naturaleza finalista del análisis IEC (cómo han de comportarse los diferentes componentes demográficos para alcanzar la imagen-objetivo poblacional catalana de 7,5 millones de habitantes en el 2026), frente a la naturaleza puramente descriptivo-predictiva y no finalista del análisis LB-INE. Es claro que la consecución de tales objetivos poblacionales solo podría alcanzarse con políticas que incentiven activamente la inmigración extranjera.

Más aún, incluso este objetivo demográfico no parece posible conforme a las proyecciones más recientes sobre la población en Cataluña, que ofrecen estimaciones para el 2030 en la horquilla entre 5,76 y 7,17 millones de habitantes según se consideren escenarios futuros más o menos optimistas (Módenes Cabrerizo, 1998). Ello supone una reducción media del orden del 15% (entre el 5 y el 23%) respecto al objetivo enunciado, y cinco años después del 2026.

Lo antedicho permite concluir que las demandas futuras PHCIC parecen estar claramente sobrestimadas, e incluso el supuesto adoptado para las previsiones de demanda de ATLL (1996a) resulta ser una cota máxima conservadora, sin riesgo a equivocarse en el largo plazo de la planificación hidrológica. Valores un 10% inferiores parecen razonables como previsión más verosímil, pese a lo cual, y como cautela prudencial, adoptaremos los resultados de ese trabajo, que es la más reciente y completa estimación disponible sobre demandas hídricas futuras de la zona.

### 10.2.2.5.3. Estimación de la demanda futura

La síntesis de tales resultados es que existe una demanda actual en el área servida por la red de ATLL y SGAB de 460 hm<sup>3</sup>/año, que puede considerarse globalmente satisfecha. Nótese que el valor resulta bien encajado con los 492 adoptados en este Plan, máxime si se considera que los ámbitos afectados no son necesariamente idénticos. Esta situación actual se ve no obstante condicionada por un deterioro de la calidad, especialmente de los recursos locales, lo que lleva a que éstos tiendan a ser sustituidos por suministro de la red regional. Ello hace que, empleando la terminología de ATLL, quepa hablar de una *demanda latente* para esta red regional, y que no es sino la resultante de la posible sustitución de recursos locales que presentan problemas de garantía o de calidad, junto con los posibles incrementos reales de requerimientos hídricos en el futuro.

Debe notarse que el concepto es equívoco, pues una mera sustitución de caudales no supone la generación neta de demanda, al liberar al sistema el mismo recurso –bien que de peor calidad- que se había detraído.

Sin perjuicio de tales precisiones, la demanda latente actual se ha evaluado en 25 hm<sup>3</sup>/año, de los que 18 son sustitución de recursos y 7 son incrementos de demanda. Ello supone pues una demanda total de 467 hm<sup>3</sup>/año.

Considerando no la situación actual sino la previsible a corto plazo, la demanda latente para la red regional se estima en 54 hm<sup>3</sup>/año por mayores sustituciones de bombeos, y manteniéndose en los mismos 467 hm<sup>3</sup>/año la demanda total de la zona para este corto plazo.

A medio plazo (2010), la demanda prevista total es de 513 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone un incremento de 53 hm<sup>3</sup>/año respecto a la situación actual. Desde el punto de vista de la red regional, y considerando el efecto de las sustituciones de recursos locales, el incremento de demanda se ha evaluado en 100 hm<sup>3</sup>/año, siendo 47 el total máximo de sustituciones previstas.

En el largo plazo (2025), la prognosis de demanda total es de 574 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone un incremento de 114 hm<sup>3</sup>/año respecto a la situación actual. Desde el punto de vista no del sistema sino de la red regional, y considerando las ya realizadas sustituciones de recursos locales, el incremento de demanda se ha evaluado en 161 hm<sup>3</sup>/año.

La figura adjunta muestra estas previsiones de ATLL (1996a) para la red regional, conjuntamente con la evolución histórica del pasado reciente. Se incluyen también dos proyecciones lineales de las tendencias observadas desde 1973, una considerando todos los datos, y otra ignorando el periodo de disminución 1992-95.

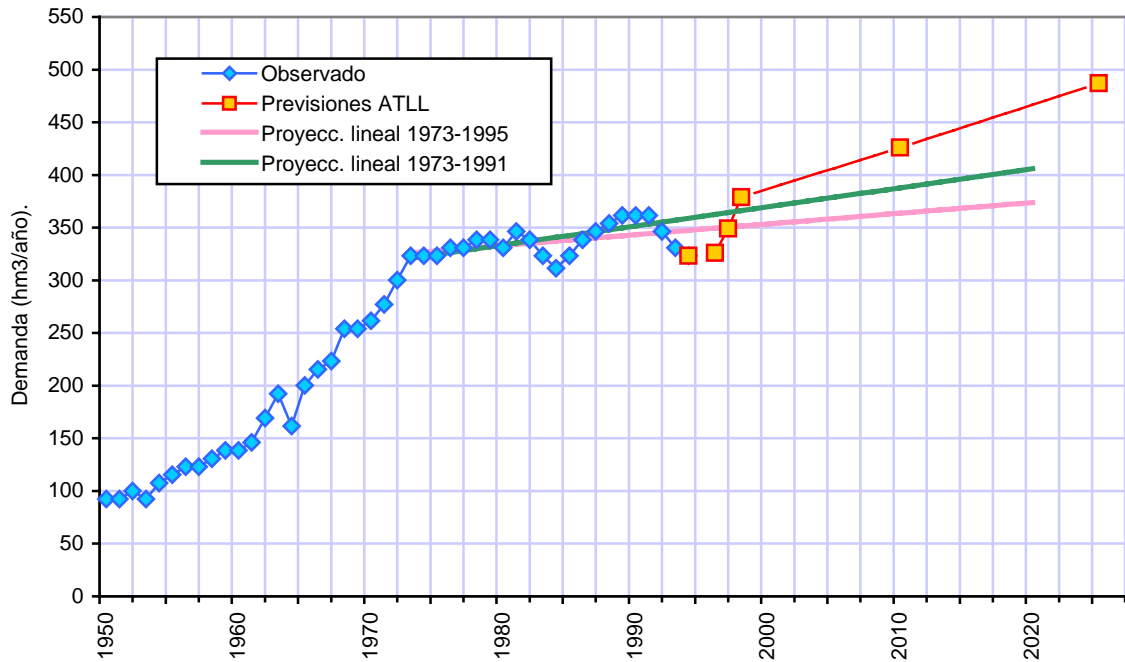


Figura 189. Evolución de demandas de la red regional

Como se observa, tras un rápido aumento debido a la satisfacción de la demanda latente actual y optimización del suministro, los crecimientos de futuro de la previsión ATLL (1996a) son relativamente importantes, y desde luego mayores que las proyecciones de tendencias lineales medias del periodo 1973-1995 y del periodo 1973-1991.

Es importante llamar la atención sobre un hecho subyacente a las estimaciones anteriores, y es el de que las sustituciones son la parte más importante de los incrementos de demanda previstos. Ello implica que una parte significativa de las posibles transferencias externas estaría destinada no a nuevas demandas, sino a la sustitución de caudales actualmente utilizados, desde una perspectiva de mejora de la calidad del agua. Ello conduce a otras cuestiones colaterales como la de los precios resultantes del agua, y su impacto sobre la aceptabilidad de las sustituciones previstas. Precios muy elevados tenderán a desincentivarlas, con lo que la demanda real puede verse disminuida frente a las previsiones realizadas. Cabe también suponer el efecto contrario, por el que una mayor degradación de las aguas superficiales y subterráneas propias acelere los intercambios e incremente su magnitud. Dilucidar tales cuestiones es complejo, y cae fuera del alcance y objetivos de este Plan Hidrológico Nacional.

En consecuencia, y adoptando un criterio cauteloso y conservador, admitiremos las mencionadas previsiones para nuestros análisis, por lo que, homogeneizándolas con los horizontes temporales de la planificación hidrológica, una estimación segura del incremento de demanda de la red regional a largo plazo sería del orden de los 140 hm<sup>3</sup>/año. Las proyecciones de tendencias lineales darían valores de incremento entre 50 y 80 hm<sup>3</sup>/año. Todas estas previsiones son notablemente inferiores a las del PHCIC, que se descarta a estos efectos.

Sintetizando lo expuesto, puede concluirse que, desde el punto de vista de la modelación del sistema, cabe considerar una nueva demanda básica en el ámbito de la red regional de Barcelona y su entorno, que es la virtual integradora de las sustituciones e incrementos futuros de demanda urbano-industrial, y que se cifra en 140 hm<sup>3</sup>/año. Ello supone asimismo la sustitución parcial de captaciones propias del acuífero del delta del Llobregat hasta un nivel sostenido de unos 50 hm<sup>3</sup>/año, y un aumento de los retornos de la zona que, salvo en el caso del Baix Llobregat, que se verá más adelante, supondremos difusos, diluentes, y no generadores de nuevos recursos utilizables.

Desde el punto de vista de la modelación, y dada la topología mallada y redundante de la red regional, la demanda virtual futura puede suponerse conectada tanto a Abrera como a Cardedeu, con servicio indistinto desde ambos puntos.

En cuanto a su distribución estacional, la supondremos igual a la media actual de las 8 unidades básicas antes definidas, lo que da lugar a los valores porcentuales mensuales mostrados en la tabla.

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
8.4	8.1	8.5	8.4	7.6	8.4	8.1	8.5	8.3	8.8	8.6	8.3

Tabla 103. Distribución estacional del incremento de demandas de Barcelona y su entorno

Para el resto de las demandas futuras del sistema, en ATLL (1996b) se estima que en la cuenca del Ter habrá un apreciable aumento de demandas, pues el abastecimiento a Girona y Costa Brava pasa de 13 a 32 hm<sup>3</sup>/año, y los riegos del Bajo Ter pasan de 42 a 73 hm<sup>3</sup>/año, mientras que las demandas del Llobregat se mantienen todas a su mismo nivel actual excepto la correspondiente a Barcelona y su entorno, ya comentada.

Es dudoso que en el futuro se vaya a ampliar el regadío en la cuenca del Ter en las cuantías indicadas, y sin nuevas construir regulaciones específicas, pero, de forma conservadora, se asume esta posibilidad –traducible en todo caso a mejoras ambientales– a nuestros efectos de cálculo. Asimismo, se considera que posibles pequeños incrementos de las demandas del Llobregat, no previstos en estos momentos, quedarían en todo caso absorbidos por el margen cautelar de incertidumbre de la gran demanda futura urbano-industrial de Barcelona. Por último, surge un nuevo requerimiento de recursos para el subsistema del Tordera, de 30 hm<sup>3</sup>/año, que debe atenderse, como se indicó, desde el canal Ter-Llobregat, y con cargo a su máxima derivación actual de 8 m<sup>3</sup>/s.

#### 10.2.2.5.4. Reutilización

En cuanto a la reutilización de aguas regeneradas, a los actuales efectos del Plan Hidrológico Nacional, en sintonía con los objetivos del PHCIC, y en la misma línea de rigor planteada en el resto de sistemas estudiados, se considera exigible el mayor esfuerzo posible de reutilización de retornos en todo el ámbito territorial, si bien dada la componente mayoritaria del abastecimiento urbano-industrial de esta cuenca, no será posible obtener cantidades tan significativas como en el caso de los retornos de

regadíos. Además, el hecho de que gran parte de esta demanda se concentre cerca de la costa dificulta aún más las posibilidades de reuso del agua, que requerirá con frecuencia su impulsión a cotas superiores, aguas arriba.

Desde un punto de vista territorial, y tal y como se vió anteriormente, los principales regadíos de las Cuencas Internas se sitúan en los sistemas Norte y Sur, mientras que los abastecimientos dominan en el sistema Centro. Ello hace que, desde el punto de vista de la demanda, las posibilidades de empleo de aguas regeneradas sean en principio mayores precisamente en aquellas cuencas más autosuficientes, donde no se prevé la necesidad de aporte de recursos externos. Es razonable que la mayor eficiencia en el empleo del agua en estas cuencas vaya en su propio beneficio –mejoras ambientales en los ríos- y no se destinen sus recursos a ser transferidos al área de Barcelona.

Una estimación de las posibilidades de reutilización en Cataluña (Mujeriego, 1995) arroja cifras del orden de los 40-80 hm<sup>3</sup>/año. Ciñéndonos al ámbito de influencia de ATLL, las cantidades estimadas son de 34 hm<sup>3</sup>/año de los que 10 son para regadíos agrícolas -básicamente en el Canal de la Derecha- 4 para riego de zonas verdes, y 20 para refrigeración de industrias (ATLL, 1999a). De estas cifras, solo las de riego agrícola son susceptibles de actuación unitaria generadora de recursos para la red regional (aporte puntual y directo al canal), dado el carácter diseminado de zonas verdes e industrias.

Otras experiencias de interés en el ámbito de las cuencas internas son las llevadas a cabo por el Consorci de la Costa Brava, en el sistema de explotación Norte, que además de emplear la reutilización para el suministro de instalaciones deportivas y riegos, desarrolla una interesante labor de experimentación y difusión de estas técnicas (Sala y Serra, 1998).

Además de las acciones locales y retornos ya enunciados, se da una situación singular en el área metropolitana de Barcelona, en la que próximamente se dispondrá de unos importantísimos caudales regenerados en la nueva estación depuradora del Baix Llobregat. Esta planta tratará 420.000 m<sup>3</sup>/día (unos 150 hm<sup>3</sup>/año), parte de los cuales pueden emplearse, una vez tratados, en atención a regadíos e industrias, lucha contra la intrusión marina, recarga del acuífero, y mejoras ambientales del delta. No se conoce aún la cuantificación detallada de tales posibilidades por lo que, a falta de precisar sus cuantías relativas, cabe suponer estimativamente unos 15 hm<sup>3</sup>/año para sustitución de regadíos, 20 para recarga y mejora del acuífero, y 15 para actuaciones ambientales en el delta. Todo ello supone en definitiva 50 hm<sup>3</sup>/año, que es un tercio del total tratado en la planta.

Considerando las incertidumbres de estas cifras, y con un criterio prudencial, supondremos englobadas aquí las posibles actuaciones unitarias de la previsión de ATLL antes expuesta.

Es importante tener en cuenta que maximizar la utilización de estos retornos con destino a riegos o caudales mínimos en la zona del delta permite liberar parcialmente recursos regulados para estos fines, lo que redundará obviamente en una mayor garantía global del sistema y una menor necesidad de transferencias externas. El 33% global parece en principio un mínimo prudente y razonable, por lo que lo adoptaremos en nuestro análisis.

A efectos de cómputo, esta reutilización puede introducirse como un retorno de las unidades de demanda de Barcelona-Llobregat y Barcelona Ter-Llobregat (demanda conjunta actual de  $141 = 58 + 83 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) del orden de  $50 \text{ hm}^3/\text{año}$  (coef. 0,36), que puede físicamente aplicarse tanto a recargar el acuífero como a riegos y caudal ambiental del delta.

#### 10.2.2.5.5. Síntesis de demandas futuras

Resumiendo todo lo expuesto, la tabla siguiente muestra las estimaciones de demandas futuras consideradas para el sistema, mostrando en color las modificaciones previstas respecto a la situación actual.

Unidad de demanda	Demanda ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	Distribución mensual de la demanda (%)											Ret. (%)	
		OC	NV	DC	EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG		ST
Alto Ter	28	7.7	7.4	7.6	7.6	6.9	7.7	8.2	9.5	9.5	10	9.8	8	71
Ter hasta Girona	20	5.8	5.2	5.4	5.4	4.9	5.8	8.1	12	13	14	13	7.4	
Girona-Costa Bava	32	7.2	7	7.2	7.2	6.5	7.2	7	7.2	11	11	11	11	
Acequia Monar	95	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Mixta Bajo Ter	46	5.6	5	5.2	5.2	4.7	5.6	8.1	12	13	15	13	7.4	
Regadíos del Bajo Ter	73	5.3	4.7	4.9	4.9	4.4	5.3	8.1	13	14	15	14	7.3	
Tordera	30	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Canal de Berga	70	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	100
Berga-Sallent	19	6.1	5.5	5.7	5.7	5.1	6.1	7.5	10	12	14	14	7.8	
Manresa y otros	25	6.5	6	6.2	6.2	5.6	6.5	7.6	10	11	13	13	7.9	80
Monistrol-Olesa	20	5.8	4.8	5	5	4.5	5	6.9	10	14	16	15	7.3	
Filtraciones cubetas	32	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Toma de Abrera	13	8.7	8.1	8.7	8.7	6.9	8.7	8.1	8.7	8.1	8.7	8.7	8.1	
Captaciones locales	54	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Riegos Baix Llobregat	50	7.9	3.7	10	12	11	5.9	7.2	8.1	8	8.6	9.8	8.6	50
Barcelona-Llobregat	58	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	36
Barcelona Ter-Llobregat	83	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	36
Barcelona-Ter	119	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Alella-Masnou	8	7.4	7.3	7.7	7.3	6.5	6.6	7	8	10	12	11	9.5	
Abrera-Garraf-Penedés	30	8.5	8.2	8.5	8.5	7.7	8.5	8.2	8.5	8.2	8.5	8.5	8.2	
Vallés Occidental	18	8.3	8	8.4	8.3	7.5	8.1	8	8.4	8.5	9	8.9	8.4	
Vallés Oriental	9	8.3	8.1	8.4	8.3	7.4	8.2	7.9	8.4	8.6	9.1	9	8.5	
Cardedeu	11	7.9	7.7	8.1	7.9	7.1	7.5	7.6	8.3	9.1	10	9.7	8.9	
Incr. fut. área Barcelona	140	8.4	8.1	8.5	8.4	7.6	8.4	8.1	8.5	8.3	8.8	8.6	8.3	
Total:	1083	7.9	7.3	7.9	8.0	7.2	7.7	8.0	9.1	9.3	9.9	9.7	8.2	

Tabla 104. Síntesis de demandas futuras consideradas

En cuanto a niveles de garantía, se adoptan los criterios estándar de la planificación hidrológica nacional, cifrados en déficit anuales acumulados de cuantías porcentuales [2,3,10] y [50,75,100] para abastecimientos urbano-industriales y riegos respectivamente. Las demandas ficticias de filtraciones o aprovechamientos fluyentes se procurarán satisfacer con la mayor preferencia, sin definir a priori su fallo de suministro. Para las demandas mixtas, relativamente frecuentes en este ámbito, se calcularán sus umbrales ponderados de fallo de forma proporcional a los indicados déficit máximos básicos según los distintos usos.

Además de tales criterios de caracterización del fallo ordinario, el coeficiente de fallo absoluto (umbral de fallo) se fija en un 3'0, dado el gran dominio de usos urbanos para los que se ha adoptado un criterio de fallo muy estricto, del orden de 3 veces inferior al estándar de la O.M. de 1992 sobre coordinación técnica. Ello supone, en definitiva, que el fallo ordinario de la O.M. pase a tener aquí la consideración de fallo absoluto.

### 10.2.3. CAUDALES MÍNIMOS

Siguiendo lo establecido en el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña, y que se recoge por este Plan Nacional, los caudales mínimos circulantes en los distintos tramos fluviales, de relevancia a nuestros efectos, son los enumerados seguidamente.

En el subsistema del Ter, se establece una demanda ecológica, en los horizontes actual y futuro, de 107 hm<sup>3</sup>/año circulantes en desembocadura.

Igualmente, se ha fijado una demanda ambiental en el Bajo Llobregat de 10 hm<sup>3</sup>/año, que asimilaremos a un desagüe mínimo y permanente al mar, de tal cuantía, y en régimen continuo (unos 320 l/s). En el horizonte futuro, estos 10 hm<sup>3</sup>/año se elevan a 100.

Cabe indicar que estos valores futuros en las desembocaduras del Ter y Llobregat son sensiblemente coincidentes con la determinación realizada por la Junta d'Aigües en 1996, que los cifraba en 3 m<sup>3</sup>/s (95 hm<sup>3</sup>/año) en ambos casos (ATLL, 1999a).

Además de estas necesidades ambientales, los ríos de estas cuencas se caracterizan por una fuerte concentración de aprovechamientos industriales y pequeños saltos, al hilo de la corriente, mediante numerosos azudes de derivación, muy pequeños o nulos almacenamientos, y retornos al cauce. Inicialmente en régimen fluyente, la construcción de los embalses de cabecera los ha transformado en usuarios de aguas reguladas, intermedios entre estos embalses y los grandes centros de consumo, situados aguas abajo, a largas distancias de las presas de regulación.

Esta configuración y modo tradicional de aprovechamiento fluvial, de excepcional importancia en la historia económica de Cataluña, constituye un rasgo muy singular de esta cuenca, y se traduce, desde el punto de vista de nuestra modelación, en la necesidad de prever unos desembalses continuos desde cabecera, no tanto para las demandas singulares identificadas aguas abajo, sino para mantener un flujo permanente de mantenimiento y alisado de las pequeñas puntas de estos aprovechamientos dispersos y numerosos. Dado que tal flujo es concurrente con una deseable circulación mínima ambiental, se impondrá en el sistema como si de un caudal ecológico se tratase, sin perjuicio de la posibilidad de su anulación en situaciones críticas, considerando la naturaleza jurídica fluyente de los aprovechamientos afectados.

Con criterio empírico, los desembalses mínimos continuos, desde los embalses de La Baells y Sant Ponç se cifran en 3 y 1,5 m<sup>3</sup>/s respectivamente, valor éste último superior al 1 m<sup>3</sup>/s propuesto en ATLL (1996b). Asimismo, y con igual criterio, supondremos un desembalse mínimo hacia el Ter desde Susqueda de 3 m<sup>3</sup>/s, concordante con lo observado en el aforo del Pasteral.

La siguiente tabla resume los caudales mínimos propuestos que, siguiendo los criterios conceptuales adoptados en el Libro Blanco, se introducirán como restricciones de funcionamiento al sistema global de explotación de recursos.

Punto	Caudal mínimo actual			Caudal mínimo futuro		
	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año	hm <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año	hm <sup>3</sup> /mes
Ter en desembocadura		107	8,9		107	8,9
Baix Llobregat desembocadura		10	0,8		100	8,3
Desemb. Sant Ponç	1,5	47	3,9	1,5	47	3,9
Desemb. Baells (con C.I.Berga)	3	95	7,9	3	95	7,9
Salida del Pasteral hacia el Ter	3	95	7,9	3	95	7,9

Tabla 105. Caudales mínimos

#### 10.2.4. ELEMENTOS DE REGULACIÓN SUPERFICIAL

El cuadro resumen de volúmenes máximos mensuales y volumen mínimo (hm<sup>3</sup>) de todos los embalses considerados en este análisis, es el adjunto. Se considera que los volúmenes máximos útiles se reducen en un 5% con respecto al total, y que, según se expone en ATLL (1996b), por razones de explotación vinculadas al deterioro de la calidad del agua, no es deseable bajar más de un 20% del embalse existente. Con todo ello resultan las capacidades finales (hm<sup>3</sup>) ofrecidas en la tabla, y que han sido, en todos los casos, excedidas en algún momento del registro histórico.

Embalse	Volumen total	Volumen max. útil	Volumen muerto	Mínimo de explotación	Volumen mínimo	Superficie (ha)
Sau	168	160	0	34	34	805
Susqueda	233	221	18	47	47	466
Sau-Susqueda	401	381	18	81	81	1271
La Baells	115	109	20	23	23	365
Llosa del Cavall	91	86	0	18	18	200
Sant Ponç	25	24	1	5	5	256
Llosa-S.Ponç	116	110	1	23	23	456

Tabla 106. Embalses de regulación considerados

Además de estos embalses, se introducen en el esquema tres almacenamientos ficticios: uno para representar al delta del Llobregat, al que nos referiremos más adelante, y dos para modelar posibles aportes externos procedentes del Ebro o Ródano. Estos dos embalses, junto con unas aportaciones también ficticias continuas o en régimen de 8 meses, permitirán simular con versatilidad distintos supuestos de funcionamiento de las transferencias externas.

Aunque el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña prevé la construcción de distintos nuevos grandes embalses, en este análisis del sistema para el Plan Nacional se descarta tal supuesto, y se supone que serían, en todo caso, pequeños depósitos reguladores de maniobra, no construyéndose ninguno que pueda afectar significativamente al sistema global que se analiza. En consecuencia, la infraestructura de regulación futura se considera igual a la actual.



Este supuesto es un criterio razonable de diseño, y no prejuzga, obviamente, las decisiones que puedan adoptarse al respecto por las Administraciones competentes sobre tales infraestructuras.

Asimismo, y 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 existentes respetando sus diferentes prioridades. Este óptimo funcionamiento hidráulico puede conllevar, en su caso, efectos sobre la titularidad de derechos o la imputación de costes mediante las adecuadas figuras impositivas, cuyo análisis queda, obviamente, fuera del alcance de este Plan Nacional.

Estudiados los elementos de regulación superficial de los recursos propios, quedaría por evaluar únicamente las posibilidades de nuevos bombeos de aguas subterráneas y de uso conjunto, cuestión a la que se dedica el siguiente epígrafe.

### **10.2.5. ELEMENTOS DE REGULACIÓN SUBTERRÁNEA Y USO CONJUNTO**

La recarga de las aguas subterráneas representa en las Cuencas Internas de Cataluña una fracción algo superior al 30% de la aportación total de la cuenca. En la actualidad se estiman unas extracciones del orden de 350 hm<sup>3</sup>/año, las cuales suponen un porcentaje superior al 25% de las demandas totales de la cuenca.

El objetivo del presente análisis es estudiar las posibilidades de incrementar las disponibilidades de recursos en la cuenca mediante la intensificación del uso de las aguas subterráneas. Para ello se ha realizado una sencilla estimación de los recursos subterráneos no utilizados en la actualidad. Al no disponer de información del Plan Hidrológico de cuenca sobre recargas y bombeos en los acuíferos, se han utilizado fundamentalmente los datos procedentes del Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA-MINER, 1994) y de otras fuentes de información que los actualizan, y que se indicarán en cada caso. Tras este análisis, se contrastarán sus resultados con los ofrecidos en otros estudios disponibles, extrayendo unas conclusiones básicas pertinentes a nuestros efectos de la planificación nacional.

#### **10.2.5.1. ANÁLISIS BÁSICOS**

Un análisis muy preliminar del posible incremento disponibilidades podría consistir en hallar las diferencias entre las recargas y bombeos a la escala global del ámbito de Cuencas Internas de Cataluña. Sin embargo esta simple estimación distaría mucho de ser rigurosa, pues parte del aumento de disponibilidades debidas a los bombeos quedaría 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.

Puede admitirse en la práctica que, en las Cuencas Internas de Cataluña, la utilización de los acuíferos situados aguas arriba de los embalses no mejoraría significativamente las disponibilidades, tal y como se deduce al analizar los recursos naturales y disponibles en las cuencas vertientes a dos de los principales almacenamientos de la cuenca, el de La Baells en el Llobregat y el de Sau en el Ter, cuyos datos se muestran en la tabla adjunta.

Embalse	Recurso natural ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	Recurso disponible ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	Porcentaje de regulación
La Baells	180	149	83
Sau	482	376	78

Tabla 107. Porcentajes de regulación en las cuencas vertientes a La Baells y Sau

Según estas cifras, las cuencas vertientes a esos embalses (v. figura adjunta) ya tienen una regulación importante, con porcentajes del orden del 80%. 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, tal y como allí se expuso.

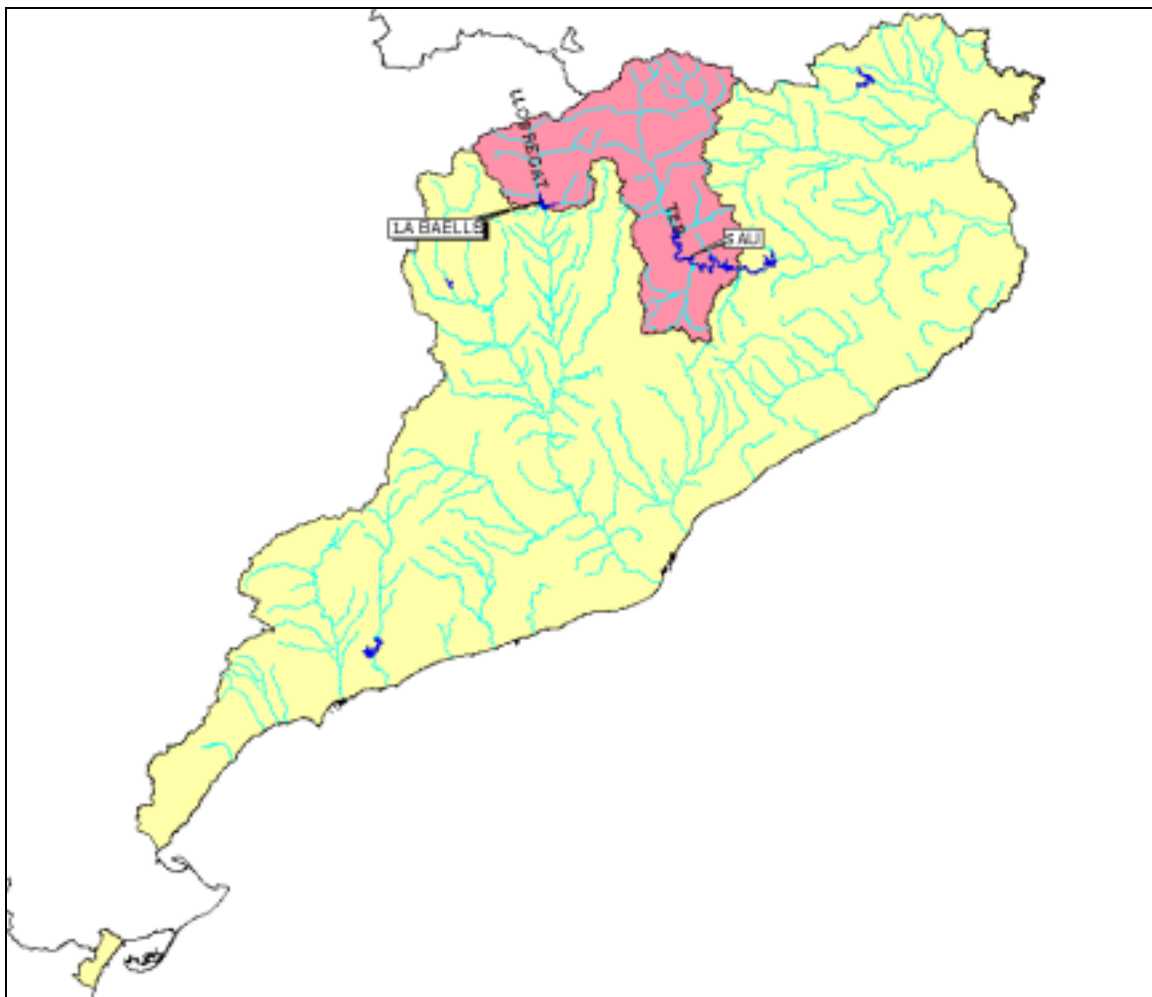


Figura 190. Cuencas vertientes a los embalses de La Baells y Sau

Es por tanto razonable que el análisis se centre en los acuíferos situados aguas abajo de los embalses, configurados en las unidades hidrogeológicas mostradas en la figura.

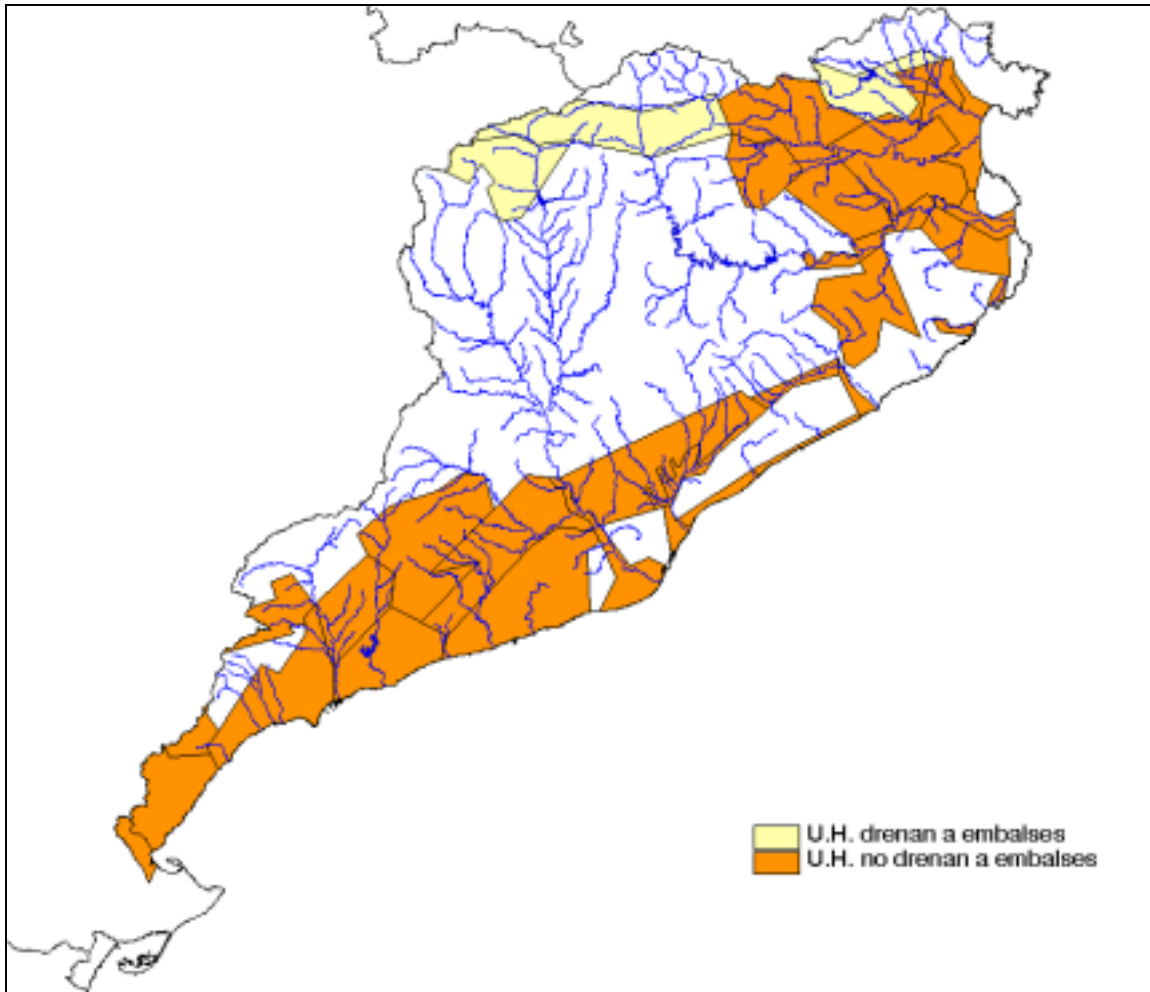


Figura 191. Selección de unidades hidrogeológicas en las Cuencas Internas de Cataluña

Para realizar este análisis se han considerado dos hipótesis: 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 las diferencias 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 las diferencias entre las recargas y bombeos en aquellas unidades donde los bombeos son inferiores a las recargas.

Evidentemente, el procedimiento empleado hace que estos teóricos recursos potenciales adicionales deban entenderse como un límite superior absoluto que sirve para acotar las máximas posibilidades de extracción de agua de los acuíferos en las Cuencas Internas de Cataluña, y no como el verdadero valor objetivo al que debe

dirigirse la gestión de la cuenca. Consideraciones medioambientales y de calidad del agua requerirán una reducción a la baja de tales máximos potenciales.

En la tabla adjunta, de elaboración propia a partir de información contenida en el Plan de cuenca y otras fuentes, se muestra una estimación de los incrementos potenciales de esas extracciones en las unidades hidrogeológicas consideradas de la cuenca, observándose que el incremento máximo teórico sería de unos 330 hm<sup>3</sup>/año en lo que representaría casi un 100 % de aumento respecto a los bombeos actuales. Las dos hipótesis tienen valores muy próximos al ser la sobreexplotación de acuíferos muy baja.

Infiltración por lluvia y cauces (hm <sup>3</sup> /año)	Infiltración por excedentes de riego (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Transferencias (hm <sup>3</sup> /año)	Bombeo actual (hm <sup>3</sup> /año)	Incremento potencial teórico de bombeo (considerando la sobreexplotación)	Incremento potencial teórico de bombeo (sin considerar la sobreexplotación)
614	70	684	6	357	333	338

Tabla 108. Incremento en la explotación de las aguas subterráneas

Las cifras globales anteriores proceden de integrar los recursos adicionales estimados en las unidades hidrogeológicas, sin hacer ninguna consideración locacional. Conviene también analizar como se distribuyen esos recursos potenciales a través del territorio de la cuenca, para lo que en la figura adjunta se muestran las cifras de infiltración debida a lluvia y cauces, los bombeos, y la diferencia entre las transferencias subterráneas que entran y salen de una cada unidad hidrogeológica.

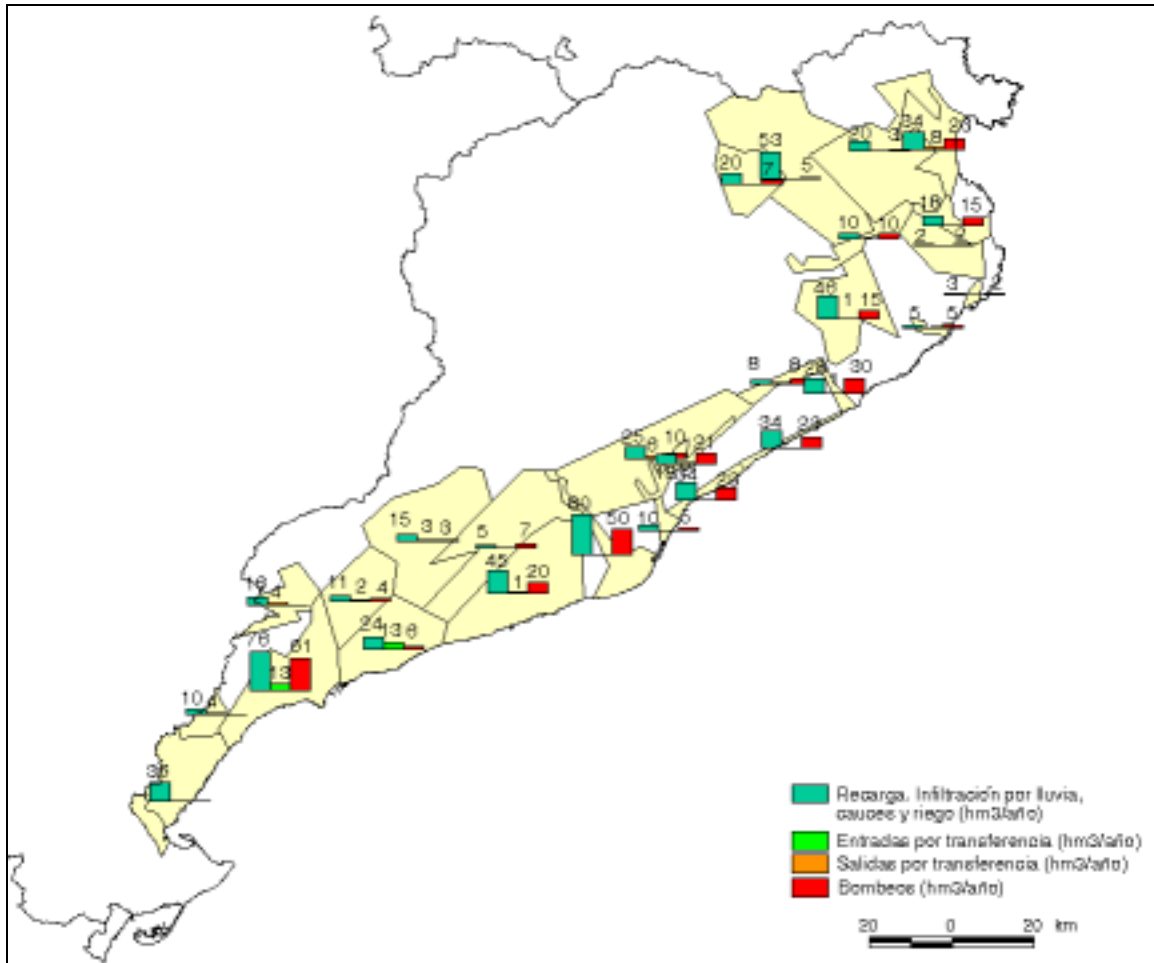


Figura 192. Recargas y bombeos en las unidades hidrogeológicas consideradas de las Cuencas Internas de Cataluña

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, mostrándose los resultados de forma sintética en la siguiente figura.

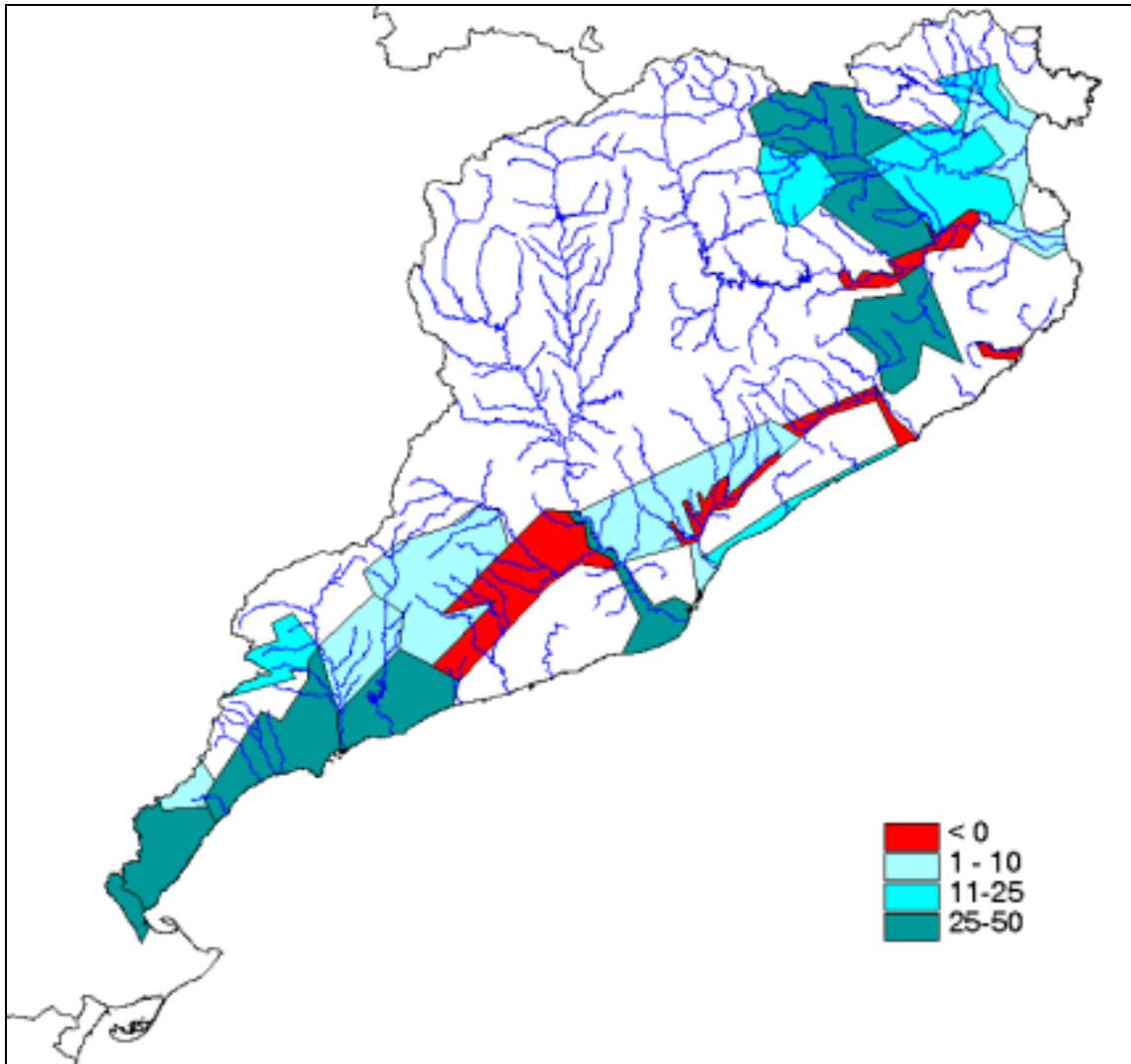


Figura 193. Diferencia entre recargas más transferencias y bombeos (en  $\text{hm}^3/\text{año}$ ) en las unidades hidrogeológicas consideradas de las Cuencas Internas de Cataluña

El análisis de las figuras anteriores muestra con claridad que las principales zonas de las Cuencas Internas de Cataluña donde se podrían captar recursos subterráneos adicionales son las siguientes.

- En las unidades hidrogeológicas costeras del Sur, en las proximidades de Tarragona, podrían extraerse, teóricamente, del orden de  $100 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Sin embargo, conviene recordar que, como se indicó al describir la situación del sistema de explotación Sur, en los últimos años se han reducido de forma importante los bombeos al disponer de una fuente alternativa, la aportación procedente de los canales del delta del Ebro. En la práctica, y dados los antecedentes existentes, no debería contarse con unos recursos adicionales de estos acuíferos superiores a unos pocos  $\text{hm}^3$  anuales.
- El Delta del Llobregat es uno de los principales acuíferos de la cuenca. Aunque en los años 70 las extracciones alcanzaron los  $130 \text{ hm}^3/\text{año}$ , en la actualidad éstas se han reducido a algo menos de  $50 \text{ hm}^3/\text{año}$ , debido básicamente a la importantísima disminución de los usos industriales (Vilaró, 1996). Teniendo en cuenta que la suma

de la recarga natural y artificial puede estimarse en unos 80 hm<sup>3</sup>/año, todavía podrían utilizarse unos recursos adicionales teóricos de 30 hm<sup>3</sup>/año. Debe tenerse en cuenta, en cualquier caso, que esto significaría volver a aumentar los bombeos en el acuífero. Dada su importancia y situación estratégica, volveremos sobre este acuífero más adelante.

- En los acuíferos del Alt y Baix Maresme, que se encuentran bastante equilibrados en cuanto a las recargas y bombeos, teóricamente podrían extraerse del orden de unos 20 hm<sup>3</sup>/año a lo sumo. En la actualidad, en el área costera del Baix Maresme, desde Barcelona a Mataró, las aportaciones de aguas subterráneas se completan por ejemplo con agua derivada del acueducto Ter-Llobregat (Batista, 1996).
- Entre la cabecera del Tordera y la cuenca intermedia del Ter se localiza la unidad hidrogeológica de la Selva, donde se estima que podrían aprovecharse unos recursos adicionales teóricos de unos 30 hm<sup>3</sup>/año. No es, en cualquier caso, un acuífero que haya sido objeto de referencias sobre las posibilidades de una mayor explotación, por lo que habría que tomar con cierta cautela la cifra anterior.
- Los acuíferos de la zona Norte, en las cuencas de los ríos Ter, Fluvià y Muga, cuentan con unos recursos adicionales teóricos del orden de 100 hm<sup>3</sup>/año, destacando la unidad hidrogeológica de Banyoles, con casi 50 hm<sup>3</sup>/año. Conviene mencionar sin embargo que este acuífero tiene un tiempo de respuesta rápido, lo que significa que el efecto de las extracciones en el acuífero se transmite rápidamente a los caudales del río, provocando una disminución similar de éstos y, por tanto, no aumentando significativamente la regulación. En principio, los acuíferos del Ter, Fluvià y Muga son los que permitirían una mayor explotación adicional en todo el ámbito de las Cuencas Internas de Cataluña, con ciertas reservas en el acuífero del Bajo Ter, donde existen datos discrepantes sobre los bombeos según las distintas fuentes de información (MOPTMA-MINER [1994]; Batista [1996]; Molist [1996]), y donde se tiene constancia de la formación de conos de bombeos locales muy acusados en el abastecimiento de las poblaciones de Pals y Palafrugell, así como la existencia de problemas de contaminación por metales pesados (hierro y manganeso). Con relación a los acuíferos del Muga-Fluvià, conviene mencionar que el Plan Hidrológico de cuenca dice que *se considera conveniente la regulación de la explotación del acuífero de Muga-Fluvià, a fin de ordenar los aprovechamientos que localmente pueden ser importantes, en especial los destinados al abastecimiento.*

#### 10.2.5.2. OTROS ANÁLISIS DISPONIBLES

Los resultados anteriormente expuestos han sido obtenidos mediante un análisis básico de balances hidrogeológicos de las unidades del ámbito. Es oportuno contrastar tales resultados con otros estudios previos disponibles (MOPTMA, 1995) orientados específicamente a investigar la posibilidad de intensificación del uso de las aguas subterráneas. En estos trabajos se han analizado las unidades hidrogeológicas considerando el hecho de que los excedentes actuales sean o no utilizados, de que se

trate de unidades costeras, o de que existan valores ecológicos de deseable conservación relacionados con la unidad.

La conclusión obtenida para el ámbito de las Cuencas Internas de Cataluña es que los posibles incrementos de explotación (unos 21 hm<sup>3</sup>/año) se concentran básicamente en el sistema Norte y se basan en la explotación por bombeo de acuíferos aluviales. A largo plazo, y tras su completa recuperación, se propone incrementar la explotación del Campo de Tarragona. No se propone mejorar los aprovechamientos de La Selva con objeto de no afectar las numerosas fuentes termales y manantiales y los valores naturales relacionados con esta unidad. Las reducciones más importantes se proponen en el sistema Centro, y son del mismo orden de magnitud que el incremento de extracciones, por lo que el saldo global de todo el ámbito es sensiblemente equilibrado. Este trabajo supone la existencia de los embalses de Santa Coloma, La Llavina, Carme, Jorba, Esponellá, Sant Jaume, etc., previstos en el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña. Dado que la viabilidad de estos embalses es muy dudosa, los resultados de extracciones sugeridas podrían ser revisados al alza, especialmente en el sistema Norte.

### **10.2.5.3. RESULTADOS BÁSICOS**

En definitiva, sintetizando cuanto se ha expuesto, cabe extraer como conclusión básica que aunque en una primera aproximación, de carácter global, podrían utilizarse unos recursos subterráneos adicionales teóricos máximos del orden de 300 hm<sup>3</sup>/año, cuando se realiza este análisis de forma territorial, y se tienen en cuenta otras consideraciones como los antecedentes en la explotación, los problemas de calidad e intrusión marina, las características y tiempos de respuesta de los acuíferos, las afecciones ambientales por secado de manantiales, etc., la cifra anterior se reduce significativamente a valores que, en un análisis preliminar, podrían ser del orden de hasta unos 100 hm<sup>3</sup>/año, y situados preferentemente, tal y como se ha expuesto, en el sistema de explotación Norte.

Los efectos de tales bombeos máximos sobre la regulación del sistema podrían estudiarse analizando la diferencia de circulaciones entre el régimen actual y el nuevo régimen con mayor bombeo, y estudiando la modulación de estos flujos en relación con los requerimientos del sistema. Tales análisis pueden realizarse con relativa facilidad mediante modelos de simulación detallados, obviamente fuera del alcance y objetivos de este Plan Nacional. Nótese que el hecho de que las mayores posibilidades se prevean en el sistema Norte hace que su utilidad relativa desde el punto de vista de las posibles transferencias externas se vea muy reducida, ya que serían básicamente las cuencas del Muga, Fluviá y Ter las que mejorarían su situación hidráulica, pero no la del Llobregat, en el sistema Centro, que es donde se concentra masivamente la demanda hídrica actual y futura.

Por otra parte, cabe también concebir la cuantía de 100 hm<sup>3</sup>/año no como una disponibilidad continua, sino como una reserva disponible que puede movilizarse a voluntad en periodos críticos. Ello conduce a que tal caudal pueda ser considerado una primera estimación del volumen máximo adicional movilizable como socorro excepcional ante crisis de suministro del actual sistema de explotación, y así se tendrá en cuenta en nuestro análisis.



Debe señalarse que tal concepto es muy apropiado con el carácter costero de muchos acuíferos de la zona, cerca de las áreas de demanda, y que pueden jugar un importante papel como almacenamientos de reserva para proporcionar puntas de explotación y suministros de emergencia.

#### 10.2.5.4. EL DELTA DEL LLOBREGAT

Como ya se indicó, existe un acuífero -de entre todos los descritos- de excepcional importancia en el sistema global de explotación de las Cuencas Internas, que es el del Bajo Llobregat, estratégicamente situado en las inmediaciones de la gran concentración de demandas de Barcelona, muy estudiado, y con buenas posibilidades para uso conjunto, por lo que lo analizaremos seguidamente con algún mayor detalle.

Desde el punto de vista de su funcionalidad como elemento de almacenamiento de agua, la capacidad de embalse de este acuífero se ha estimado en 230 hm<sup>3</sup>, de los que el año 1976 se llegaron a movilizar 110, con un descenso piezométrico de 17 mts. (Molist Sagarra, 1996).

La evolución de sus extracciones es la ofrecida en la figura adjunta, en la que se muestran las extracciones totales del acuífero según ATLL (1996a), los bombeos totales, las extracciones totales netas (totales menos la recarga artificial), y las extracciones totales netas del delta propiamente dicho, sin incluir las del valle bajo, tomadas de Bocanegra y Custodio (1994).

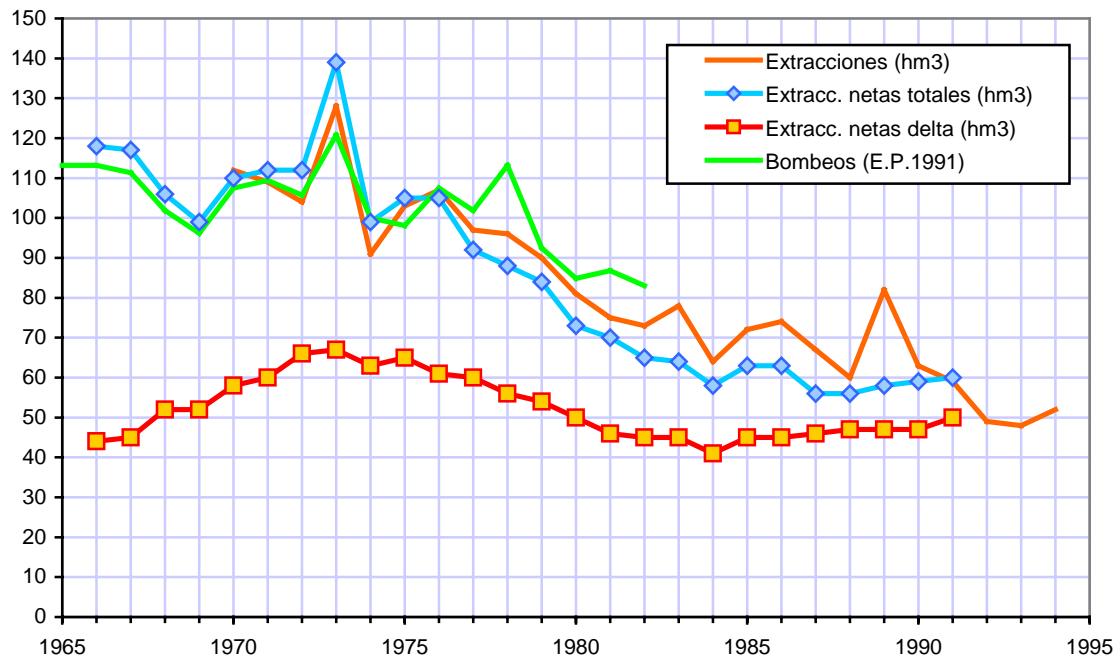


Figura 194. Evolución de extracciones anuales del acuífero del delta del Llobregat

Como puede verse, las estimaciones de las distintas fuentes son sensiblemente coincidentes, y todas apuntan hacia un descenso progresivo de las extracciones desde mediados de los años 70, hasta situarse en valores actuales en torno a los 50 hm<sup>3</sup>/año.

La figura adjunta muestra la pasada evolución de los componentes del balance hídrico en el acuífero, deducidos de un modelo de simulación del flujo desarrollado para el Plan Hidrológico del Pirineo Oriental (Bocanegra y Custodio, 1994), y en el periodo donde aún no había descendido significativamente el nivel de extracciones.

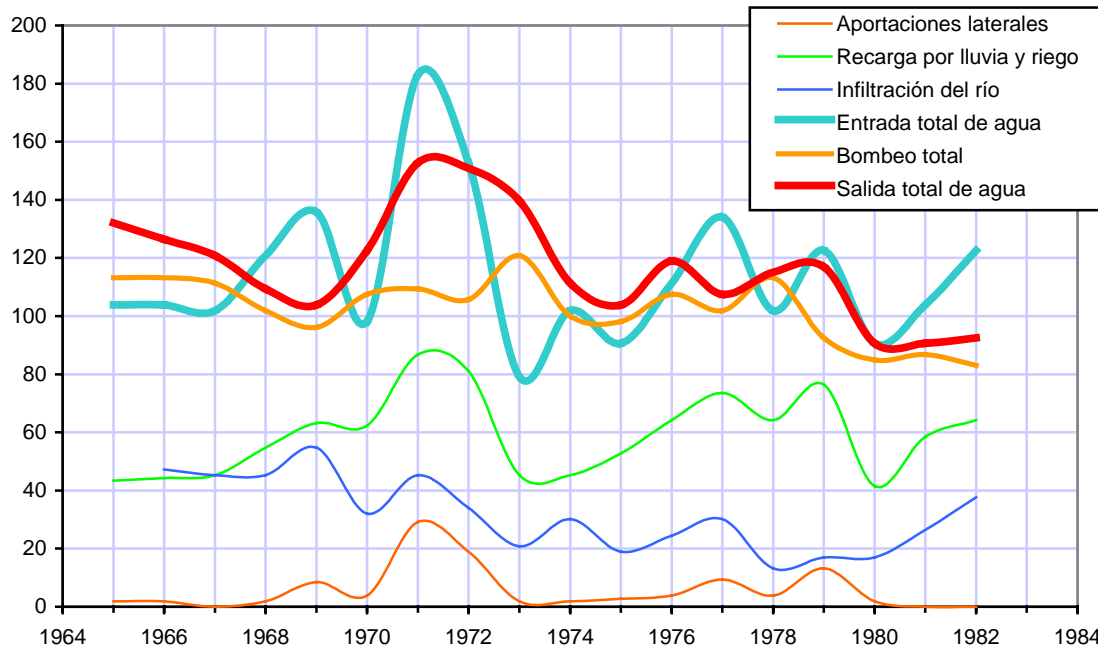


Figura 195. Evolución del balance de agua ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) en el acuífero del delta del Llobregat

Como puede verse, una parte importante de la recarga es debida a la infiltración del río, aunque ha ido disminuyendo con el paso del tiempo debido a la construcción de encauzamientos para defensa contra avenidas, disminución de crecidas por mayor regulación aguas arriba, merma de caudales por derivaciones, etc. Una estimación razonable de la merma fluvial actual podría estar en torno a los  $20\text{-}30 \text{ hm}^3/\text{año}$ , con un máximo estimado del orden de  $60$ , lo que equivale a  $5 \text{ hm}^3/\text{mes}$  de capacidad máxima de recarga natural por infiltración fluvial. Si a ello se añade la posible recarga artificial con aguas procedentes de la depuradora del Baix Llobregat, estimada inicialmente en unos  $20 \text{ hm}^3/\text{año}$ , la capacidad total máxima de recarga resulta ser del orden de  $80 \text{ hm}^3/\text{año}$  (unos  $7 \text{ hm}^3/\text{mes}$ ). Asimismo, la recarga fluvial mínima observada es del orden de  $13 \text{ hm}^3/\text{año}$ , equivalente a  $1 \text{ hm}^3/\text{mes}$ .

Además de ésta, la otra componente fundamental de la recarga, más importante aún, es la debida a la lluvia y riegos sobre el acuífero, de las que la lluvia es despreciable frente al excedente del riego. Los regadíos del Baix Llobregat emplean en general dotaciones elevadas (hasta  $20.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ , con una media del orden de  $10.000$ ), con lo que se consiguen efectos positivos de limpieza y lavado sin fungicidas, y de recarga del acuífero. Con unos excedentes de regadío del orden de  $600 \text{ mm}/\text{año}$  (Bocanegra y Custodio, 1994), la recarga inducida por este concepto sería del orden de los  $35 \text{ hm}^3/\text{año}$ , magnitud encajada con la estimación mostrada en la figura. Puesto que la superficie regada en el delta se encuentra en retroceso debido a la creciente ocupación urbana, una estimación prudencial de esta recarga en el futuro podría estar en torno a

los 25 hm<sup>3</sup>/año, lo que viene a suponer del orden del 50% de la aplicación de 50 hm<sup>3</sup>/año que se ha supuesto como demanda de riego del Baix Llobregat (coeficiente de retorno de 0,5).

En definitiva, desde el punto de vista de nuestra modelación del sistema el acuífero del delta del Llobregat puede considerarse simplificada como un embalse de capacidad 110 hm<sup>3</sup> (máximo movilizadado en 1 año), con recargas fluvial natural y artificial entre 13 y 80 hm<sup>3</sup>/año, recarga por excedentes de riego del orden de 25 hm<sup>3</sup>/año, y una capacidad de bombeo para alertas de 4 m<sup>3</sup>/s en Martorell, lo que supone unos 10,5 hm<sup>3</sup>/mes en punta, que reduciremos a 8 hm<sup>3</sup>/mes en régimen continuo.

Obviamente, una representación detallada del sistema río-acuífero requiere de estudios específicos y modelación distribuida del sistema subterráneo conectado al sistema de superficie. Tales simulaciones de detalle, de las que existen numerosos trabajos, corresponden, en su caso, a la planificación hidrológica de cuenca y quedan, obviamente, fuera del alcance y objetivos de este Plan Nacional.

### 10.2.6. CONDUCCIONES

El cuadro adjunto resume las capacidades de las conducciones básicas consideradas en el esquema, adoptadas básicamente de ATLL (1996b). 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 las posibles transferencias desde el Ebro y el Ródano.

CONDUCCIÓN	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> (hm <sup>3</sup> /año)	Q <sub>max</sub> (hm <sup>3</sup> /mes)
Canal de Berga	2.49	78.5	6.5
Canal de Manresa	1	31.5	2.6
Trasvase Ter-Llobregat	8	252.3	21.0
Toma de Abrera	8	252.3	21.0
Toma de S. Joan Despí	4.76	150.1	12.5
Abrera-Vallés Occidental	2	63.1	5.3
Abrera-S. Joan Despí	7	220.8	18.4
Abrera-Trinitat	10	315.4	26.3
Sant Joan -Barcelona	5	157.7	13.1
Trinitat-Barcelona	8	252.3	21.0
Alella-Vallés Oriental	1	31.5	2.6
Vallés Occ.-Alella	2	63.1	5.3
Cardedeu-Alella	10	315.4	26.3
Alella-Trinitat	10	315.4	26.3

Tabla 109 . Conducciones consideradas

### 10.2.7. ESQUEMA GENERAL

Con los elementos descritos en epígrafes anteriores se ha construido el sistema básico de explotación general de las Cuencas Internas de Cataluña, tal y como se muestra en el gráfico adjunto.

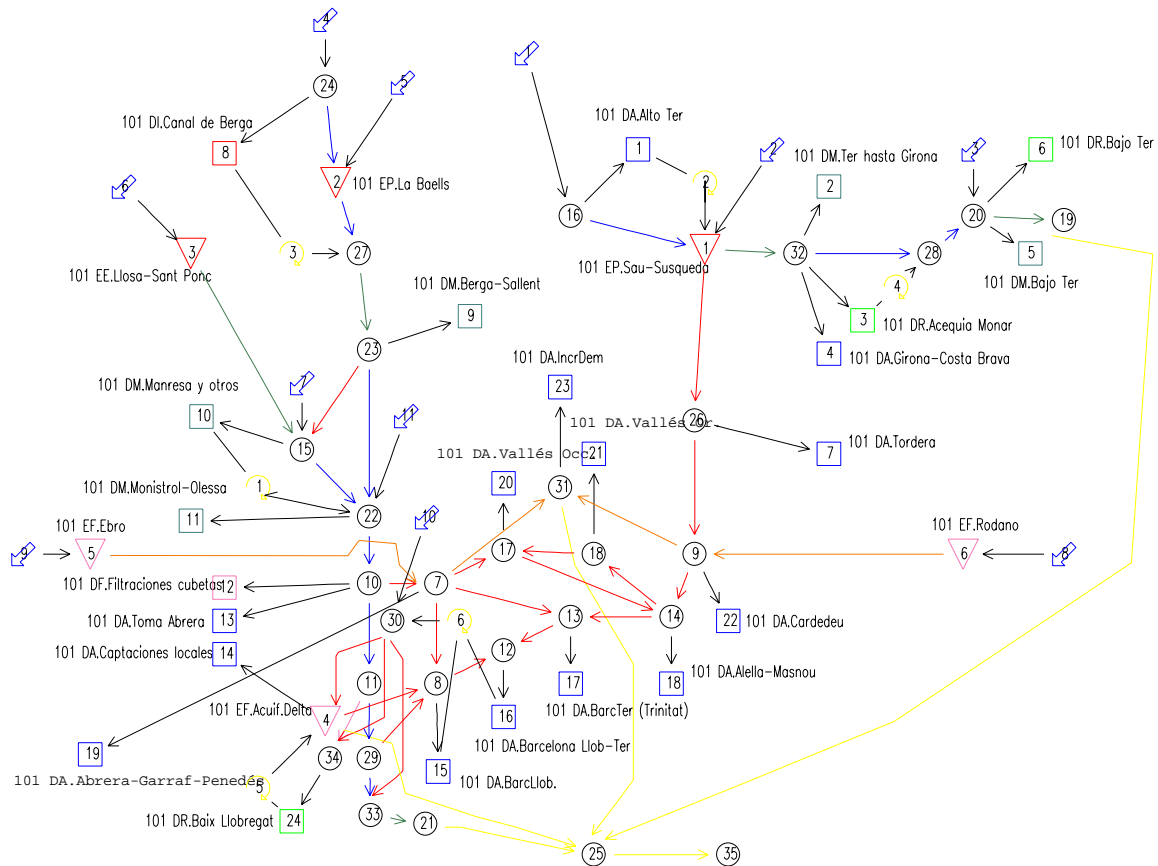


Figura 196. Sistema básico de explotación de las Cuencas Internas de Cataluña

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.

### 10.3. ANÁLISIS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Establecidos los elementos del esquema para la situación actual y futura, puede abordarse el análisis del sistema básico de explotación de las Cuencas Internas de Cataluña, examinando en primer lugar la situación actual, y estudiando después el horizonte a largo plazo desde el punto de vista de la posible necesidad de transferencias externas a este ámbito.

### 10.3.1. SITUACIÓN ACTUAL

Comenzando por el estudio de la situación actual, tras un somero ajuste del modelo se han comprobado, como meros elementos de contraste, algunos flujos significativos del sistema: los caudales circulantes por el Llobregat en el curso medio y bajo, los desembalsados desde el Ter para su cuenca propia, y los derivados del Ter hacia el Llobregat mediante el canal de trasvase.

Hay que indicar que este contraste atiende al aspecto general de los flujos principales, y no supone una calibración del modelo propiamente dicha, ya que el objetivo que se persigue no es reproducir el comportamiento del pasado, sino obtener cual es el mejor comportamiento posible en las condiciones de infraestructuras y demandas existentes y futuras, y cual es el rendimiento y garantías del sistema bajo este supuesto de explotación óptima, que es el de obligada consideración en este Plan Hidrológico Nacional.

Con este concepto del contraste, la figura adjunta muestra los aforos del Llobregat en el curso medio, tras la confluencia con el Cardener (estación del Castellbell), y los aforos cerca de desembocadura, en Sant Joan Despí. El primero es un punto representativo de los recursos desembalsados desde cabecera con destino a los consumos del curso bajo, y el segundo, ya en el tramo final del río, es representativo de la entrada al delta, en cabeza del sistema superficial de suministro de Aguas de Barcelona e indicativo de sus caudales superficiales disponibles (Ferrer Embodas, 1996). El hecho de que, como se vió, el suministro haya permanecido sensiblemente constante desde mediados de los 70, hace que las series puedan considerarse como estacionarias y comparables, salvo en lo relativo a las nuevas regulaciones desarrolladas en ese periodo.

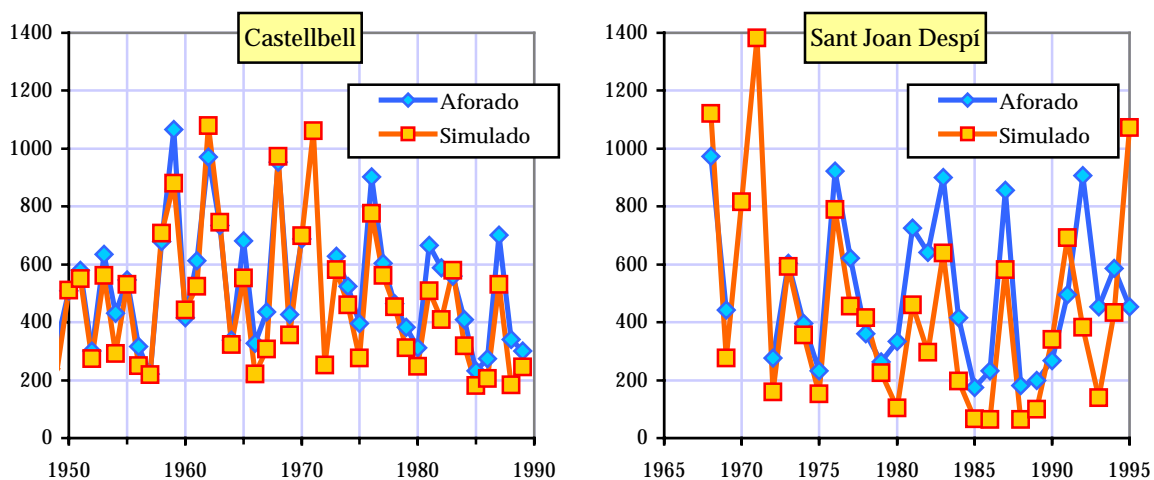


Figura 197. Aportaciones anuales aforadas y simuladas en el Llobregat ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )

Como puede apreciarse, las aportaciones simuladas y observadas en Castellbell muestran un excelente acuerdo, lo que revela que los flujos descendentes desde el Llobregat y Cardener (suma de sueltas de los embalses y caudales no regulados) hacia los grandes aprovechamientos situados aguas abajo están muy bien caracterizados. Asimismo el flujo simulado en Sant Joan Despí presenta un comportamiento similar al

aforado, con rachas y extremos sensiblemente coincidentes, aunque mostrando un cierto efecto de reducción sistemática desde comienzos de los 80, explicable sin duda por la contribución a la satisfacción de la demanda metropolitana de Barcelona. En definitiva, el modelo queda del lado de la seguridad, reproduciendo bien los rasgos básicos de la circulación fluvial en la zona incluso en puntos tan complejos y de régimen tan alterado como el curso bajo del río.

Del mismo modo, y atendiendo ahora al río Ter, la figura adjunta muestra las salidas anuales hacia el Ter desde el Pasteral, y el flujo circulante por el canal de trasvase al Llobregat.

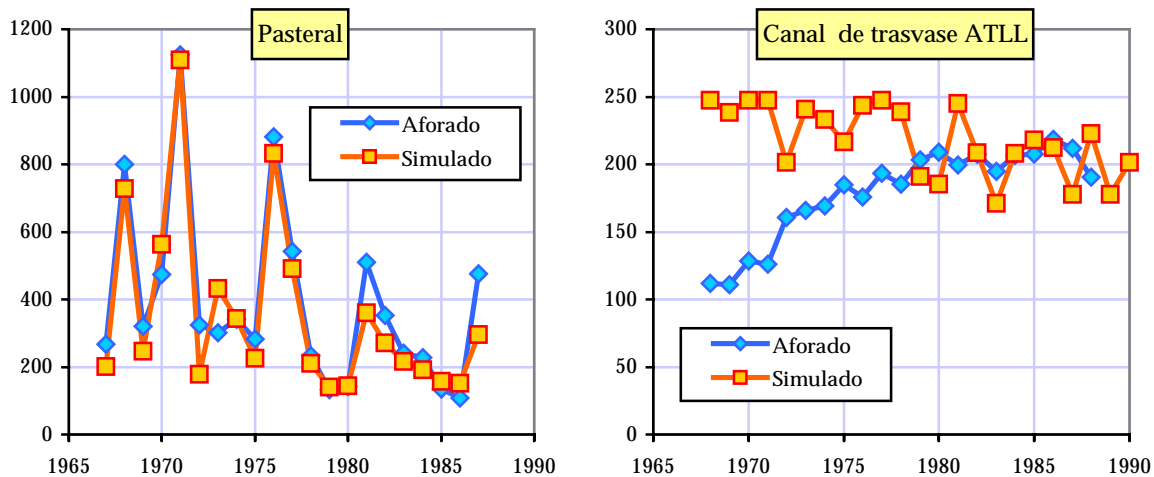


Figura 198. Aportaciones anuales aforadas y simuladas en el Ter ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )

Como se observa, las aportaciones simuladas y observadas en el Pasteral muestran un excelente acuerdo, lo que revela que los flujos descendentes desde los embalses del Ter (suma de sueltas de los embalses y caudales no regulados) hacia aguas debajo de este río están muy bien caracterizados.

Por otra parte, el flujo circulante por el canal del trasvase al Llobregat está también bien encajado (prácticamente constante en torno a los  $200 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) desde finales de los años 70, y mal en el periodo anterior. Ello se explica simplemente considerando que desde su puesta en marcha a finales de los 60, hasta estos años, se produce un comportamiento transitorio de suministros crecientes que el modelo, que considera la situación actual estacionaria, obviamente ignora.

Nótese que es en torno a 1980 cuando se produce esta buena concordancia, coincidiendo con el ligero decalaje en Sant Joan Despí, que antes se comentó, lo que refuerza la tesis apuntada de que ambas circunstancias están relacionadas entre sí.

En síntesis, y contemplando los 4 puntos básicos de control, el modelo muestra un muy buen ajuste general, reproduciendo bien los rasgos esenciales de la circulación fluvial anual en el Ter y Llobregat, y el trasvase entre ambos.

Tras el examen de los flujos, es interesante observar los almacenamientos del sistema. Para ello, se han representado en la figura adjunta la serie de reservas históricas en el Ter (suma de Sau y Susqueda), la serie de reservas históricas en el Llobregat (suma de

Sant Ponç y La Baells, pues la Llosa entró en servicio muy recientemente y no es significativa a estos efectos), y la serie de reservas históricas totales sumando Ter y Llobregat. Junto con ellas se ha representado la serie artificial de reservas totales (Sau, Susqueda, S. Ponç, La Baells y la Llosa) obtenida en la simulación.

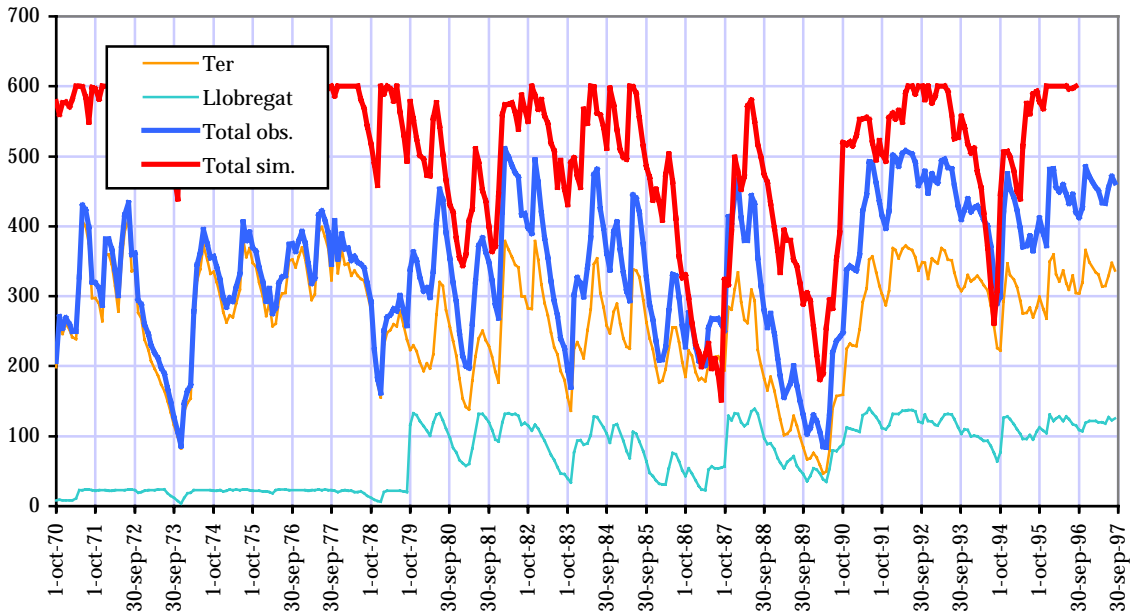


Figura 199. Existencias embalsadas (hm<sup>3</sup>)

Como se observa, dejando a salvo el efecto de desplazamiento vertical debido básicamente a los distintos almacenamientos considerados (la simulación supone incluida la Llosa del Cavall, con casi 100 hm<sup>3</sup>), el comportamiento de las dos series básicas totales es similar, con el mismo patrón de subidas y bajadas de almacenamiento. La mayor diferencia se observa en el primer periodo de datos (hasta comienzos de los 80), y se debe a las distintas disponibilidades de embalse existentes a lo largo del tiempo, que la modelación supone estacionarias e iguales a las actuales. Se aprecia también claramente el ciclo intraanual de los embalses y su carácter hiperanual, con rachas de llenado y vaciado de varios años de duración.

Puede verse que el periodo más crítico de finales de los 80 (con un mínimo de reservas en el año 1989-90) se presenta en ambos registros, mientras que el del año 1973-74 aparece muy atenuado en la simulación, debido, entre otras cosas, a los ya comentados diferentes almacenamientos. Esta crisis de finales de los 80, y el bajo nivel de reservas alcanzado, resulta indicativa de la vulnerabilidad del sistema, aunque no llegase estrictamente a producirse un fallo de garantías. El análisis de optimización del sistema confirma, en efecto, que no se producen fallos apreciables de suministro para ninguna de las demandas consideradas.

En definitiva, el diagnóstico de la situación actual se resume en ausencia de fallos de garantía, pero con la posibilidad de descensos de las reservas hasta niveles alarmantes, próximos a los mínimos de explotación, lo que indica que esta situación actual es positiva aunque ajustada, existiendo un cierto riesgo de presentación de crisis del

sistema, que podrían resultar especialmente graves dada su componente fundamental de abastecimiento urbano. La posibilidad de problemas puntuales relacionados con la calidad del agua, muy a tener en cuenta en un ámbito territorial tan fuertemente industrializado, refuerza este diagnóstico básico.

Intensificar adecuadamente las capacidades de uso conjunto, y considerar un posible equipamiento de desalación, como apoyo a las otras fuentes de suministro del sistema, parece en principio la mejor estrategia ante estas posibles crisis.

## **10.3.2. SITUACIÓN FUTURA**

### **10.3.2.1. ANÁLISIS BÁSICOS**

Considerando ahora la situación futura, en el horizonte a largo plazo, el análisis del sistema muestra que de las 24 demandas consideradas 20 presentarían fallos ordinarios de suministro, y 15 presentarían fallos absolutos. La garantía volumétrica global sería del 94%, llegaría a requerirse un volumen de socorro (el necesario para cumplir estrictamente el criterio de garantía) agregado máximo de 173 hm<sup>3</sup>/año, y la suma de socorros de todas las demandas alcanzaría un máximo de 283 hm<sup>3</sup>/año, requiriéndose socorros medios de 82 hm<sup>3</sup>/año durante 21 años de los 56 de la serie. Como es obvio, esta situación resulta completamente inadmisibles, y, dadas las cuantías indicadas, no puede superarse recurriendo a una mayor explotación de acuíferos ni reutilización, por lo que cabe analizar la posibilidad de transferencias externas.

Tales transferencias pueden proceder bien de desalación del mar, o bien de otros ámbitos territoriales de planificación, siendo el coste y las consideraciones ambientales las que deben dilucidar entre ambas posibilidades.

Atendiendo únicamente a las cuantías requeridas, y sin entrar por el momento en su procedencia, se ha estudiado el efecto de estos aportes externos sobre distintos indicadores de comportamiento del sistema, obteniéndose los resultados que se resumen en las figuras adjuntas.



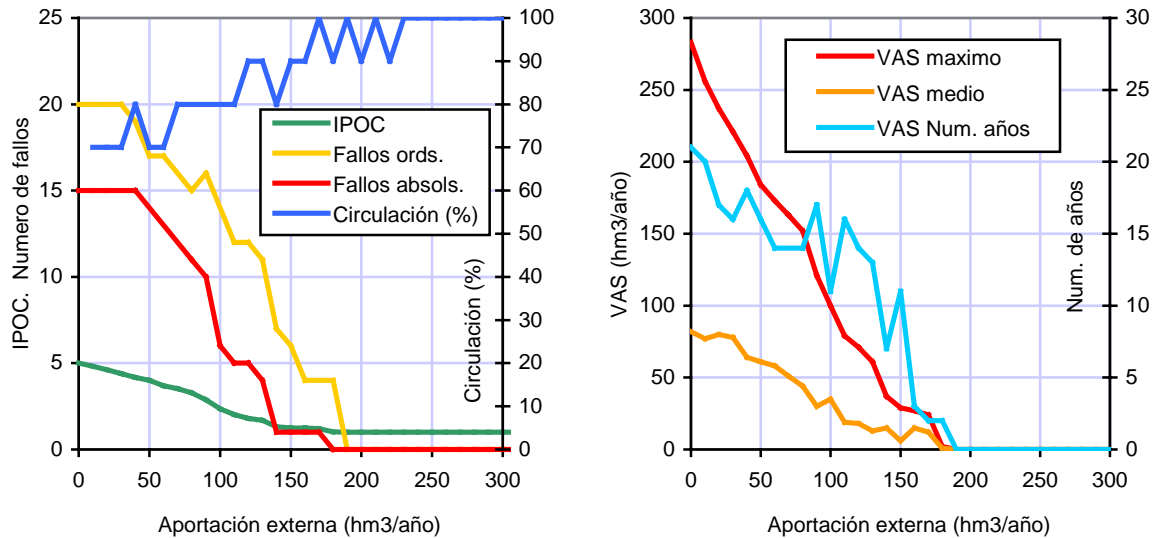


Figura 200. Indicadores de comportamiento según el volumen de aportación externa (régimen continuo a 12 meses)

Para cada volumen anual aportado al sistema en Cardedeu o Abrera, a caudal continuo todo el año, la primera figura 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 del sistema (relación porcentual entre el aumento de las salidas del sistema y el aumento de sus entradas). La segunda figura 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.

Como puede verse, todos los indicadores muestran una situación inicial (aporte nulo) inadmisibles, que mejora rápidamente a medida que se va incrementando la aportación externa. Así, el número de fallos ordinarios y absolutos decrece rápidamente y se anula para aportes del orden de los 180-190 hm³/año, para los que el índice IPOC se hace igual a la unidad (ausencia de fallos). La tasa de circulación alcanza el 100% para aportes de unos 160 hm³/año, lo que revela que, a partir de estas cuantías, todo el aumento de aportaciones externas es devuelto al exterior del sistema (salidas al mar) sin retener internamente nada.

Asimismo, los volúmenes anuales de socorro tanto máximo como medio se reducen muy sensiblemente a medida que aumenta la aportación exterior, y llegan a su práctica anulación para aportes externos de unos 180 hm³/año. Si se considera que el máximo socorro disponible hidrogeológicamente (capacidad máxima de nueva movilización de aguas subterráneas en un año seco) es de unos 100 hm³/año, la aportación externa mínima necesaria, contando con este socorro, sería de unos 100 hm³/año.

Repitiendo ahora los análisis anteriores pero en el supuesto de que la aportación externa se produce en 8 meses del año, y se deja sin transferencia el periodo de verano (junio-septiembre), los resultados que se obtienen son los de los gráficos adjuntos.

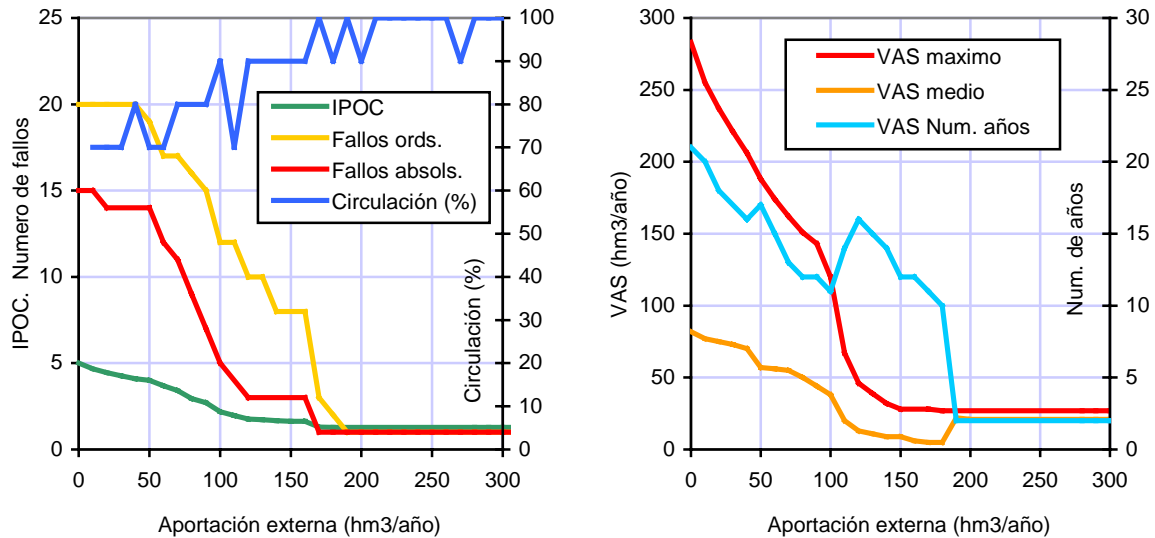


Figura 201. Indicadores de comportamiento según el volumen de aportación externa (régimen a 8 meses)

Como se observa, el comportamiento es muy similar al anterior, con la única diferencia de un efecto residual desfavorable de fallo en una demanda y socorro de unos 20 hm<sup>3</sup>/año en dos años de la serie. El hecho de que este comportamiento final sea permanente, con independencia del volumen transferido, apunta a un efecto puntual estructural, que, dadas sus magnitudes (una sola demanda y un socorro de 20 hm<sup>3</sup> durante solo 2 años de los 56 estudiados), puede calificarse como irrelevante. El socorro máximo es estable a partir de 150 hm<sup>3</sup>/año, y el mínimo aporte requerido suponiendo una disponibilidad de socorros de 100 hm<sup>3</sup>/año sería, como en el caso anterior, de 100 hm<sup>3</sup>/año.

La similitud de resultados con el supuesto continuo, y la robustez de los indicadores mostrados permiten concluir razonablemente que el aporte externo requerido a largo plazo para la satisfacción de las demandas en el ámbito territorial de las Cuencas Internas de Cataluña puede cifrarse en unos 180 hm<sup>3</sup>/año, incorporados al sistema en los puntos de Abrera o Cardedeu. El que la incorporación sea a caudal continuo, los 12 meses del año, es ligeramente más favorable que en un régimen a 8 meses, aunque las diferencias prácticas de ambos regímenes pueden considerarse irrelevantes.

### 10.3.2.2. EL SUPUESTO DE CAPTACIÓN NO RESTRINGIDA

Avanzando más en el análisis del sistema, se ha estudiado su comportamiento bajo el supuesto de que no haya un suministro anual permanente, sino permitiendo que el sistema tome lo que necesite en cada momento, sin limitación inicial alguna, como si estuviese conectado a un embalse infinito.

Las figuras siguientes muestran los resultados obtenidos.

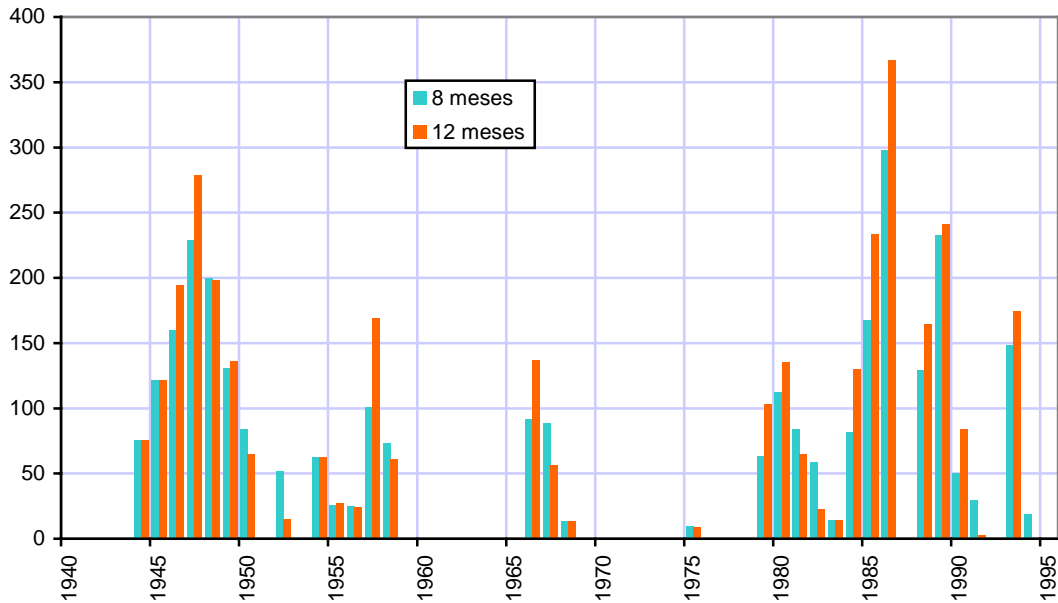


Figura 202. Volúmenes anuales tomados por el sistema en situación de no limitación

Como se observa, los resultados en ambos supuestos de régimen a 12 y a 8 meses son prácticamente iguales, derivándose cantidades anuales similares. Puede verse, asimismo, que hay muchos años en que no se requiere captar nada, y solo excepcionalmente se superarían los 200  $\text{hm}^3/\text{año}$  de derivación. Ello proporciona una expresiva imagen gráfica del riesgo de fallos al que antes se aludió.

Los gráficos de frecuencias adjuntos ilustran este aspecto con mayor claridad, apreciándose que casi la mitad de los años no se precisa transferencia, que hay rachas adversas que llegan a captar más de 300  $\text{hm}^3/\text{año}$ , y que se llega a requerir valores inferiores a los 180  $\text{hm}^3/\text{año}$  en el 90% de los años, lo que confirma, por otra vía, la robustez de esta estimación. No será, pues, obligado derivar 180  $\text{hm}^3$  todos los años, sino que cabe cierto juego interanual con esta cuantía nominal máxima.

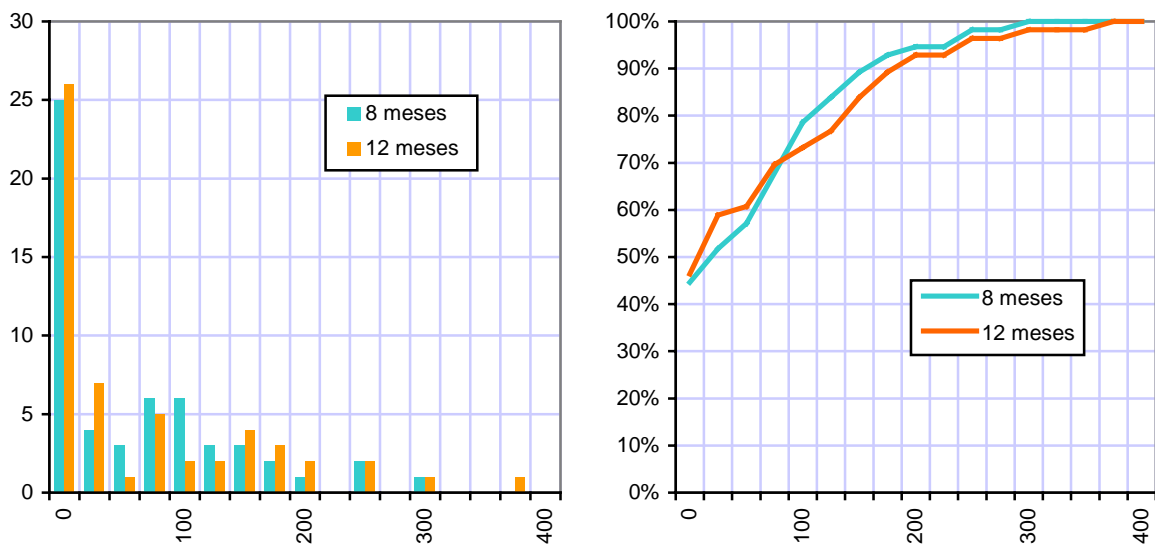


Figura 203. Histogramas de frecuencias de los volúmenes anuales tomados por el sistema en situación de no limitación

Considerando los datos de derivaciones mensuales en lugar de los anuales, bajo el mismo supuesto de captación sin límite, los histogramas obtenidos son los de la figura siguiente.

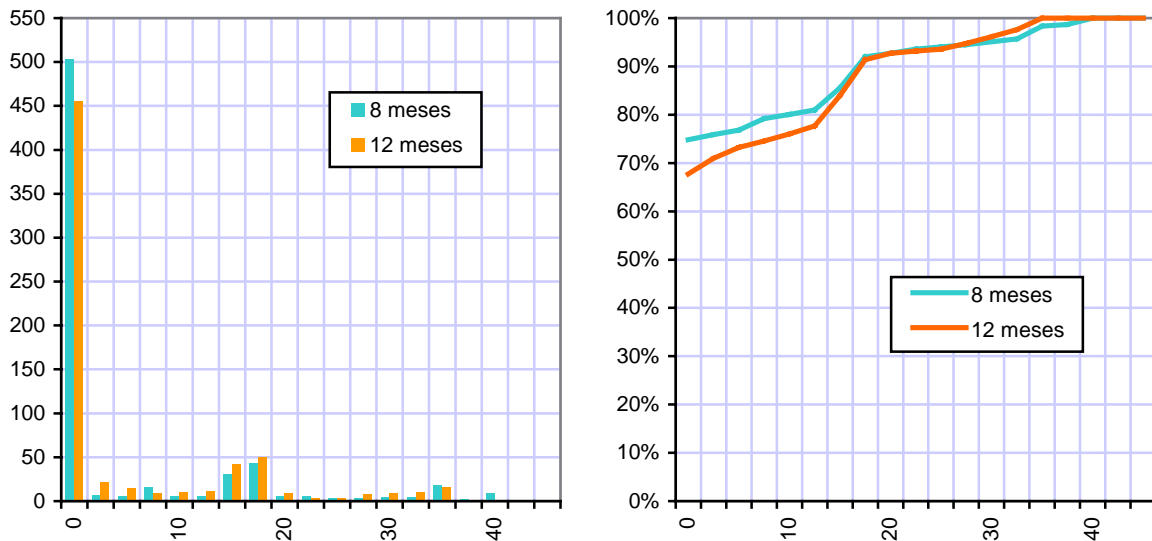


Figura 204. Histogramas de frecuencias de los volúmenes anuales tomados por el sistema en situación de no limitación

Puede verse que el 70-80% de los meses no se derivaría nada, más del 90% de los meses se captarían a lo sumo 18 hm<sup>3</sup>/mes (coef. de punta 1'2), y el 95% de los meses se derivarían menos de 30 hm<sup>3</sup>/mes (coef. de punta 2).

Es interesante comparar estos resultados con los obtenidos realizando el mismo análisis para las cuencas del Segura y el Júcar. La inspección conjunta de los tres gráficos permite apreciar nítidamente tres modos de comportamiento diferentes, ilustrativos de las tres distintas situaciones de requerimientos externos.

### 10.3.2.3. SENSIBILIDAD FRENTE A VARIACIONES DE LA DEMANDA FUTURA. GESTIÓN DE LA DEMANDA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Dando un paso más en el análisis, cabe comprobar la sensibilidad de la transferencia propuesta de 180 hm<sup>3</sup>/año frente a posibles diferencias de la demanda futura con respecto a las estimaciones realizadas. Para ello se examina la respuesta del sistema suponiendo un aporte externo de 180 hm<sup>3</sup>/año a 8 meses (caso más desfavorable), y un incremento de demanda futura urbano-industrial para el entorno de Barcelona variable, en lugar de los 140 hm<sup>3</sup>/año previstos a largo plazo. Con ello pueden tenerse en cuenta efectos como posibles alteraciones del suministro por mayores ahorros, mejoras en las redes, diferentes niveles de sustitución de caudales con relación a los previstos, etc.

Los resultados obtenidos son los mostrados en los gráficos.

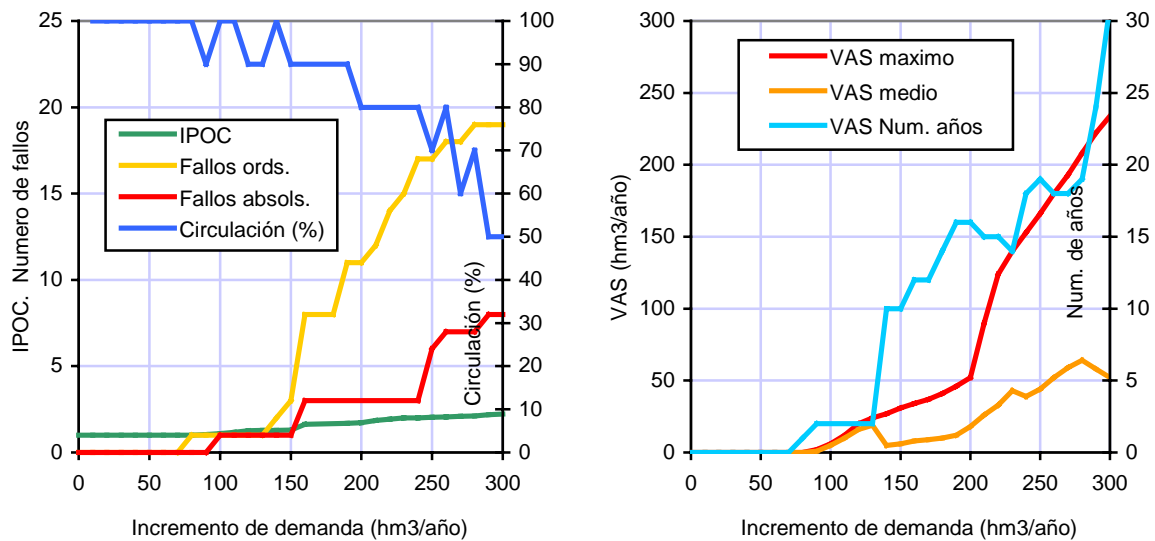


Figura 205. Indicadores de comportamiento según el incremento de demanda futura

Como se observa, si el incremento de demanda futura sobrepasase los 150 hm<sup>3</sup>/año se produciría un apreciable aumento del número de fallos ordinarios, aunque no empeoraría sensiblemente el de fallos absolutos. Desde el punto de vista de los volúmenes de socorro para suplir estos fallos, no empeora sensiblemente la situación hasta superar los 200 hm<sup>3</sup>/año de incremento de demanda, y aún así estaríamos en valores inferiores a los 100 hm<sup>3</sup>/año.

La otra perspectiva de este análisis de sensibilidad es la de comprobar el impacto sobre la transferencia propuesta de 180 hm<sup>3</sup>/año del efecto combinado de los posibles ahorros en el sistema y la disminución de aportaciones por efecto del hipotético cambio climático. Para ello se examina la respuesta del sistema suponiendo un aporte externo de 180 hm<sup>3</sup>/año a 8 meses (caso más desfavorable), junto con una disminución de todas las demandas por mayores ahorros y gestión de la demanda, y junto con una disminución de las aportaciones naturales, de cuantía variable, por efecto del cambio climático.

Para estimar los posibles ahorros en los suministros de abastecimiento como consecuencia de mejoras en las redes de abastecimiento urbano-industrial, mejoras y modernizaciones de los regadíos, y, en general, mejor gestión de la demanda del sistema, cabe adoptar tentativamente los resultados algunos estudios previos (MOPTMA, 1995), que los han cifrado en un 4% para los abastecimientos urbanos, un 26% para los abastecimientos industriales, y un 2% para los regadíos. Una cifra global ponderada para todos los usos del sistema sería del 8% de la demanda total, por lo que consideraremos este valor como de referencia, y afectaremos a todas las demandas del sistema de una reducción de esta cuantía. Hay que indicar que, en general, el estado de las redes de abastecimiento urbano del área de Barcelona es satisfactorio, y no es posible obtener reducciones apreciables de pérdidas, aún aplicando inversiones muy elevadas. Una muy reciente estimación (ATLL, 1999a) cifraba estas pérdidas reales en un 8% (23% total, con un 15% de no facturados por usos públicos), cantidad ciertamente moderada y próxima a los límites óptimos técnico-económicos.

Por otra parte, el Instituto Catalán de la Energía ha realizado numerosas auditorías de uso del agua industrial, en el marco de un interesante programa de ahorro de agua promovido por este Organismo. En los años 1992 y 1993 se realizaron 191 diagnósticos a 189 empresas catalanas con consumo total de 30 hm<sup>3</sup>/año. Se determinó que atendiendo a las propuestas planteadas, podrían ahorrarse hasta 11 hm<sup>3</sup>/año (del orden de un tercio de la demanda, con una media de 0.057 hm<sup>3</sup>/auditoría) con una inversión de 8.000 Mpts (Segarra i Trias, 1995).

Posteriormente, entre 1992 y 1997 se habían realizado 415 auditorías, y se había estimado un ahorro potencial máximo de 22 hm<sup>3</sup>/año (unos 0.053 hm<sup>3</sup>/auditoría), de los que en 1997 se habían alcanzado 6'6 con inversiones de 3.500 Mpts (ATLL, 1999a). Ello supone una ligera disminución de las previsiones iniciales del tercio. Es interesante comprobar que estas cifras son básicamente concordantes con las obtenidas por el MOPTMA en 1995, y que se elevaban a ahorros industriales del 26%.

En cuanto al hipotético cambio climático, sus 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 a las Cuencas Internas de Cataluña está en el 3-9% 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 conjunto de programas de ahorro en abastecimientos urbano-industriales y de regadíos hasta niveles globales del 8%, junto con una reducción de todas las aportaciones naturales por cambio climático, de cuantía variable.

Los resultados obtenidos son los mostrados en los gráficos.

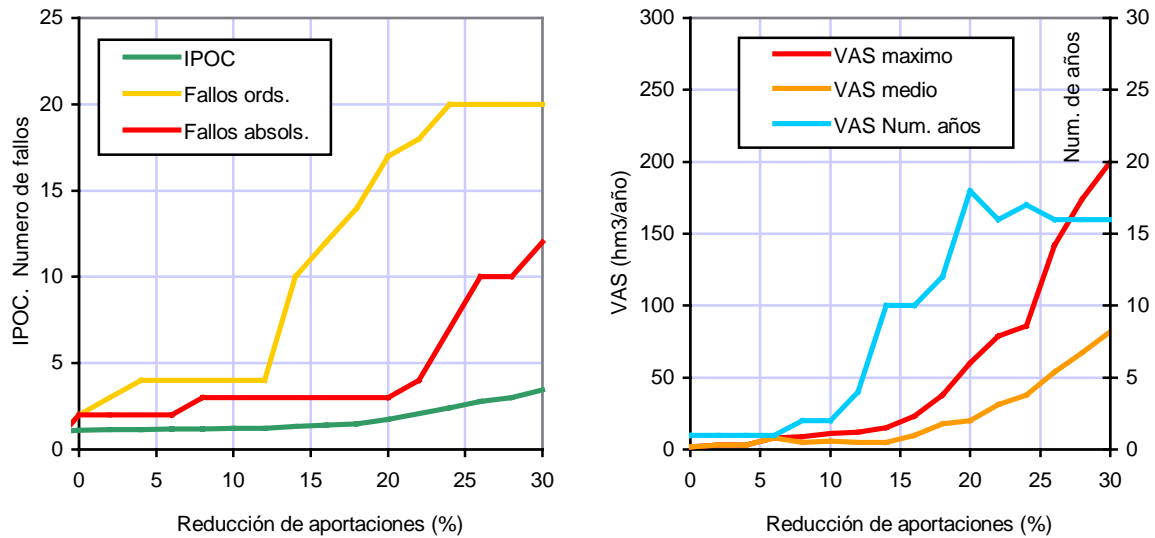


Figura 206. Indicadores de comportamiento según reducción de aportaciones por cambios climáticos

Como puede verse, si las aportaciones disminuyesen entre un 3 y un 9% como consecuencia del cambio climático, la situación empeoraría muy ligeramente sobre la actual, pero sin grandes cambios catastróficos en las garantías de suministro. Los posibles ahorros totales, tanto de abastecimientos urbano-industriales como por modernizaciones y mejoras de regadío, compensarían sensiblemente tal merma de recursos, de forma que solo a partir de reducciones de aportación del orden del 12% comenzarían a sentirse sus efectos. Sería necesario que las reducciones de aportación superasen el 20% para que el número de fallos absolutos y volúmenes de socorro se dispare hasta niveles claramente inaceptables.

Ello viene a significar, en definitiva, que ambos efectos contrarios tienen una incidencia similar y opuesta sobre el sistema, y la resultante conjunta es sensiblemente nula en los órdenes de magnitud manejados, lo que permite sustentar la robustez de las determinaciones básicas anteriormente ofrecidas.

Cabe recordar al respecto que, sin introducir la consideración del posible cambio climático, el Comité Científico Asesor constituido por ATLL para estudiar la situación del abastecimiento de agua a Barcelona, reafirmó la necesidad de introducir medidas de gestión integrada de los recursos hídricos (ahorro, reutilización, etc.), pero concluyó que las medidas de gestión de la demanda serán insuficientes para resolver los problemas de garantía de suministro, calidad del agua y estado ecológico de los ríos del área de Barcelona, por lo que se requerirán aportaciones externas a corto plazo (ATLL, 1999b).

#### 10.3.2.4. RESULTADOS OBTENIDOS

En conclusión, la estimación básica de aportes externos de 180 hm<sup>3</sup>/año no parece tan sensible como para requerir su modificación ante pequeños cambios de las demandas futuras a largo plazo, presentando una cierta estabilidad frente a estos cambios, y

pudiendo considerarse, de nuevo, una estimación robusta y encajada. Si los crecimientos de la demanda futura fuesen inferiores a los 140 hm<sup>3</sup>/año previstos (lo que, tal y como se vió, es ciertamente probable), el sistema tendría una cierta holgura complementaria que se estima razonable, máxime considerando los posibles problemas puntuales y episódicos de calidad del recurso por lluvias torrenciales o por vertidos incontrolados, no descartables dada la gran concentración urbano-industrial del territorio estudiado. En esta misma consideración entrarían los ya mencionados posibles ahorros en la red de suministro y, en sentido contrario, los efectos de cambio climático, en principio tolerables con el diseño previsto.

En cuanto a la modulación de las llegadas, puede realizarse tanto a caudal continuo como a 8 meses, sin aportes en el verano, residiendo la diferencia únicamente en la estrategia de explotación del sistema. Si se aportase a 8 meses, el suministro de verano se supliría con caudales propios del Llobregat, o del Ter mediante el canal de trasvase existente, liberando parcialmente a estos ríos de sus servidumbres de suministro el resto del año.

#### **10.4. CONCLUSIONES**

A los efectos de este Plan Hidrológico Nacional, de cuanto se ha expuesto cabe concluir que el ámbito territorial de las Cuencas Internas de Cataluña requerirá en el horizonte futuro, a largo plazo, de una transferencia de recursos externos cifrada en 180 hm<sup>3</sup>/año.

Este volumen podrá incorporarse al sistema en cualquiera de los dos puntos básicos de alimentación de la red regional, Abrera o Cardedeu, y puede servirse tanto en régimen continuo como de 8 meses (octubre-mayo), sin que su funcionalidad requiera, en principio, el desarrollo de nuevos embalses.

De forma conceptual y simplificada, el sistema de las Cuencas Internas puede representarse como una macrounidad de demanda agregada, que puede satisfacerse fundamentalmente con aportes del mar mediante desalación, o desde territorios del entorno (Ebro-Segre, Bajo Ebro o Ródano), tal y como se muestra en el esquema adjunto, que es el pertinente a los efectos de la optimización global de transferencias de la planificación nacional.



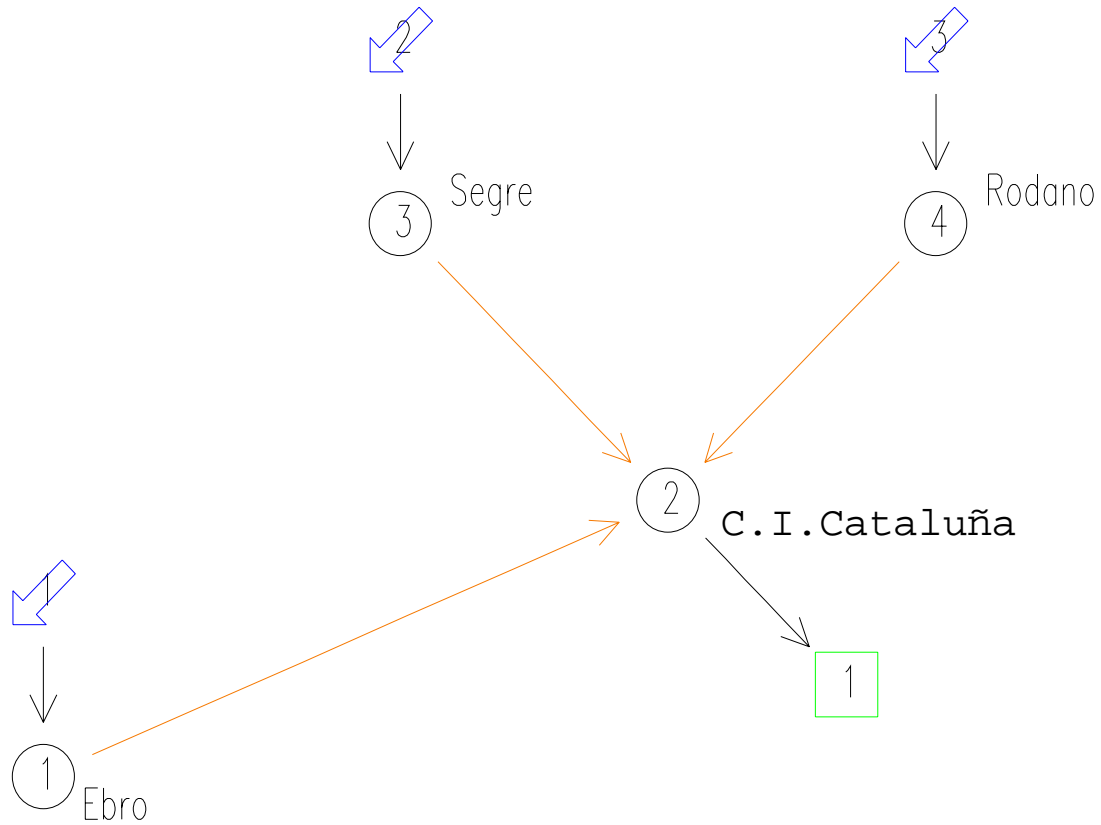


Figura 207. Esquema conceptual básico agregado del ámbito de las Cuencas Internas de Cataluña

Su carácter de demanda final, sin posibilidad de tránsitos de transferencias hacia otros ámbitos territoriales, simplifica la optimización técnico-económica de este esquema, tal y como se muestra en los correspondientes documentos económicos y ambientales de este Plan Hidrológico.