

# CONDICIONANTES EN LA EXPLOTACIÓN ORDINARIA DE LOS EMBALSES GESTIONADOS POR LA AGENCIA CATALANA DEL AGUA

José Miguel Diéguez

Área de Abastecimiento de Agua, Agencia Catalana del Agua  
C/Provença 204, 08026 Barcelona  
jmdieguez@gencat.cat

**Resumen:** La gestión de los recursos hídricos en las cuencas internas de Cataluña se caracteriza por un precario equilibrio entre éstos y las demandas a satisfacer. La capacidad de regulación hiperanual de los embalses es prácticamente inexistente y motiva que durante los episodios de sequía, frecuentes y característicos en el clima mediterráneo, se deban adoptar criterios de gestión que garanticen la atención de los usos considerados prioritarios y la utilización más eficiente de las reservas.

Por otro lado, en situaciones de escasez de recursos se ponen de manifiesto ineficiencias, derivadas de cuestiones infraestructurales y de gestión, que en situaciones de abundancia serían difícilmente perceptibles. La superación de estas ineficiencias se apunta como un camino más para incrementar la disponibilidad de recursos en estas situaciones.

Además, el crecimiento demográfico y económico previsto, la necesaria implantación de los regímenes variables de caudales ambientales como medida esencial para la consecución de los objetivos del Plan de Gestión de demarcación así como la incertidumbre de las consecuencias derivadas del cambio climático, conducen a la superación de la capacidad actual de regulación de los embalses y motivan la necesidad de buscar nuevas alternativas para garantizar la suficiencia y sostenibilidad de los recursos hídricos a corto y medio plazo.

## LAS PRESAS Y EMBALSES GESTIONADOS POR LA AGENCIA CATALANA DEL AGUA

### Presentación

La Agencia Catalana del Agua es la entidad de derecho público de la Generalitat de Catalunya con autoridad para ejercer las competencias de ésta en materia de aguas y obras hidráulicas.

En las cuencas internas de Cataluña le corresponden, entre otras, las funciones de seguimiento, administración y control de los aprovechamientos hidráulicos y también de los aspectos cuantitativos y cualitativos del dominio público hidráulico, así como la explotación y el mantenimiento de las obras hidráulicas de titularidad de la Generalitat y de otras que le pudieran ser delegadas en el ámbito de sus competencias.

### Presas y embalses

En el ejercicio de sus funciones, la Agencia Catalana del Agua gestiona las presas que se muestran en la Tabla 1. Para aquellas presas que no

son de su titularidad, dicha gestión consiste en la determinación de las consignas de desembalse, la observación de su cumplimiento y la inspección y vigilancia en materia de seguridad. Para aquellas que son de su titularidad, además incluye la operación, el mantenimiento y conservación de las instalaciones.

La evolución del parque de presas y de la capacidad de embalse en las cuencas internas de Cataluña se asemeja en gran medida a la experimentada en el resto del Estado, coexistiendo presas de una antigüedad notable (Foix, 1912) junto con otras de reciente construcción (La Llosa del Cavall, 1999) y con la mayor parte de ellas construidas en un período, entre 1950 y 1970, caracterizado por una gran actividad en el sector.

En este conjunto de instalaciones cobra una especial relevancia las pertenecientes a las cuencas del Ter y del Llobregat. Estas presas forman parte de un complejo sistema de gestión que da respuesta a la mayor parte de las demandas generadas en las cuencas internas de Cataluña para usos urbanos, agrícolas y medioambientales.

Río	Presa	Titular	Capacidad en hm <sup>3</sup>	Superficie de la cuenca en km <sup>2</sup>	Tipología	Altura sobre cimientos en m	Superficie del embalse en ha	Longitud de coronación en m	Año de finalización
Muga	Boadella	ACA	61,1	182	Gravedad	63	364	250	1968
Ter	Sau	ACA	165,3	1.564	Gravedad	84	570	260	1964
	Susqueda	ENDESA	233,0	1.850	Bóveda	135	466	360	1967
	Colomers (*)	ACA	1,1	3.000	Compuertas	15	70	103	1967
Llobregat	La Baells	ACA	109,4	498	Bóveda	102	367	433	1976
	La Llosa	MMA	80,0	196	Bóveda	122	300	326	1999
	Sant Ponç	ACA	24,4	305	Gravedad	60	311	318	1955
Foix	Foix	ACA	3,7	290	Gravedad	38	71	190	1912
Siurana	Siurana	ACA	12,2	60	Gravedad	63	75	274	1972
TOTAL			689,1						

(\*): No operativa. Aparecen en negrita las presas relacionadas con el sistema de abastecimiento Ter-Llobregat

**Tabla 1.** Presas gestionadas por la Agencia Catalana del Agua

## CONDICIONANTES ESTRATÉGICOS

Cuando se plantea cómo gestionar un embalse, o un sistema de ellos, se debe afrontar la cuestión de cómo conciliar los intereses contrapuestos derivados de su función principal: la regulación de los caudales naturales.

El conflicto aparece porque dicha regulación debe realizarse tanto en escenarios de abundancia (avenidas) como de escasez (sequías), pasando por un amplio abanico de posibilidades intermedias que podrían calificarse como ordinarias.

Lógicamente dichos escenarios nunca coincidirán temporalmente. Sin embargo, como veremos, sí puede ocurrir que los criterios adoptados para la gestión de alguno de ellos condicione la forma de administrar los restantes.

Por lo tanto, la estrategia de explotación debe diseñarse para dar respuesta a los problemas más acuciantes en cada situación pero sin per-

der de vista la repercusión que puede tener la adopción de determinadas decisiones si eventualmente se entra en otros escenarios. Por ello, la determinación de esta estrategia debe realizarse de forma global, teniendo en cuenta todos los condicionantes que intervienen. A continuación se expondrán dichos condicionantes.

## Recursos

Las aportaciones a los embalses utilizadas han sido estimadas a partir del documento *Estudio de Recursos de las Cuencas Internas* elaborado por la Agencia Catalana del Agua. En dicho estudio se determinan la serie de aportaciones naturales, en un total de 386 subcuencas, durante el período comprendido entre 1940 y 2008.

Como resultado de este estudio se obtienen las siguientes aportaciones naturales en los embalses antes mencionados (Tabla 2).

Río	Presa	Aportación natural en hm <sup>3</sup>		
		Media	Máxima	Mínima
Muga	Boadella	61	155	12
Ter	Sau	<b>503</b>	<b>1.255</b>	<b>213</b>
	Susqueda	<b>568</b>	<b>1.466</b>	<b>238</b>
	Colomers	838	n/d	n/d
Llobregat	La Baells	202	464	44
	La Llosa	<b>80</b>	<b>161</b>	<b>25</b>
	Sant Ponç	<b>101</b>	<b>214</b>	<b>31</b>
Foix	Foix	9	399	2
Siurana	Siurana	8	40	1

Aparecen en negrita los embalses pertenecientes al sistema Ter-Llobregat

**Tabla 2.** Aportaciones naturales a los embalses gestionados por la Agencia Catalana del Agua

Uso	Concesionario	Sistema	Consumo anual en hm <sup>3</sup>	Volumen anual servido desde embalse en hm <sup>3</sup>
<b>Abastecimiento urbano</b>	Aguas del Ter-Llobregat	Ter y Llobregat	220	220
	Sociedad General de Aguas de Barcelona	Llobregat	130	112
	Consorcio de la Costa Brava y Girona	Ter	19	19
	Manresa	Llobregat	10	10
	Terrassa	Llobregat	16	16
<b>Total abastecimiento</b>			<b>395</b>	<b>377</b>
<b>Riegos agrícolas</b>	Bajo Ter	Ter	89	75
	Acequia de Manresa	Llobregat	25	25
	Canal Derecha Llobregat	Llobregat	23	23
<b>Total Riego</b>			<b>137</b>	<b>123</b>
<b>TOTAL USOS CONSUNTIVOS</b>			<b>532</b>	<b>500</b>
<b>Garantía para caudales ambientales</b>	Ter	Ter	95	63
	Llobregat	Llobregat	0 (*)	0
			<b>95</b>	<b>63</b>
<b>TOTAL</b>			<b>627</b>	<b>563</b>

(\*) El caudal ambiental del tramo final del río Llobregat es proporcionado por aguas regeneradas procedentes de depuradoras

**Tabla 3.** Principales usuarios y demandas del sistema Ter-Llobregat

Como resumen se obtiene que las aportaciones naturales al sistema Ter y al sistema Llobregat se sitúan, en promedio anual, sobre los 568 y los 303 hm<sup>3</sup> respectivamente, dando una aportación conjunta de 871 hm<sup>3</sup> anuales. Sin embargo, es sabido que en la zona mediterránea los valores medios son poco representativos de la realidad hidrológica. Dichos valores son un resultado estadístico que encubre la variabilidad del clima en estas zonas. Se puede observar como dicha variabilidad provoca que, entre las aportaciones máximas y mínimas, se obtengan factores multiplicadores entre 6 y 10 en los principales embalses.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la gestión de los recursos almacenados en los embalses, cabe y debe plantearse la posibilidad de aportaciones mínimas en todos los sistemas como consecuencia de una situación de sequía. En esas condiciones las aportaciones del sistema Ter-Llobregat serían de 238 y 75 hm<sup>3</sup> respectivamente, y un total de solamente 313 hm<sup>3</sup>, es decir aproximadamente un tercio de las aportaciones medias estimadas anteriormente.

### Usos y demandas

En la Tabla 3 se resumen los principales usos consuntivos del sistema Ter-Llobregat y sus do-

taciones en un año típico, así como las máximas restricciones derivadas de las garantías ambientales a respetar.

Un aspecto a destacar en este sistema es el elevado número de pequeñas explotaciones hidroeléctricas que se sitúan en el tramo bajo de las cuencas del Ter y sobre todo del Llobregat. En este último caso son del orden del centenar de minicentrales las que se ubican en una longitud de río de escasamente 100 km, salvando un desnivel total de 500 m. Los caudales circulantes en régimen regulado difícilmente superan los 5 ó 6 m<sup>3</sup>/s. Todo ello da una idea de la pequeña magnitud de estas instalaciones y del elevado aprovechamiento que tiene este río.

En teoría estos usos no consuntivos, en régimen fluyente, debería ser un factor inocuo de cara a la gestión. Sin embargo en la práctica, como se expondrá más adelante, sí deben ser considerados como un factor a tener en cuenta en la explotación de los recursos regulados.

### Recursos, demandas y capacidad de regulación: primera aproximación

A la vista de los datos presentados, es tentador inclinarse a pensar que con las aportaciones estimadas al sistema Ter-Llobregat (871 hm<sup>3</sup>), debería cubrirse sin grandes dificultades sus de-

mandas (563 hm<sup>3</sup>). Sin embargo, sin entrar en otras consideraciones que serán abordadas en apartados posteriores, también es sencillo entrever que eso no es así por los argumentos que se exponen a continuación:

- La aportación media es un valor estadístico que no representa bien el comportamiento habitual de las cuencas mediterráneas. Éste se caracteriza por la presencia habitual de episodios extremos: sequías e inundaciones.
- La capacidad de los embalses del sistema es de 612 hm<sup>3</sup>, por lo tanto en los años de elevada pluviometría se generan unos excesos que no pueden ser retenidos para su regulación durante los períodos secos.
- La demanda de agua servida desde los embalses es comparable a la capacidad de éstos, una vez deducidos los volúmenes de resguardo, como se verá más adelante. Como consecuencia, aún partiendo de niveles elevados de reservas, durante los años secos se produce un agotamiento de las mismas, tanto más pronunciado cuanto más persistente sea el período de sequía.
- Los números presentados responden a la globalidad del sistema Ter-Llobregat, pero éste no permite la permeabilidad total de volúmenes entre las cuencas del Ter y del Llobregat. Por lo tanto, existen demandas que únicamente pueden ser satisfechas por uno u otro sistema (Ter o Llobregat), con independencia de la escasez o abundancia en el otro.

### Gestión frente al riesgo de avenida

Durante la gestión en escenarios de abundancia de reservas, cobra especial importancia la función de protección que ofrecen los embalses a los bienes y personas situados aguas abajo frente a una situación de avenida. Desde esta perspectiva sería deseable disponer del mayor volumen posible del embalse, de manera que exista también la mayor capacidad de laminación posible de los caudales puntas liberados.

Un criterio de definición de los umbrales para la explotación del embalse en situaciones de avenida consiste en calcular cuál es el volumen que debe permanecer libre en el embalse (volumen

de resguardo) para que el desagüe de la avenida de diseño de un período de retorno determinado no genere daños aguas abajo de la presa.

La definición de los umbrales de los volúmenes de resguardo no tiene porqué ser uniforme a lo largo del año. Si los patrones de pluviometría, y por tanto los hidrogramas de las avenidas de diseño, presentan una cierta estacionalidad, ésta puede ser recogida en la definición de los citados umbrales.

### Gestión en situaciones de escasez de recurso

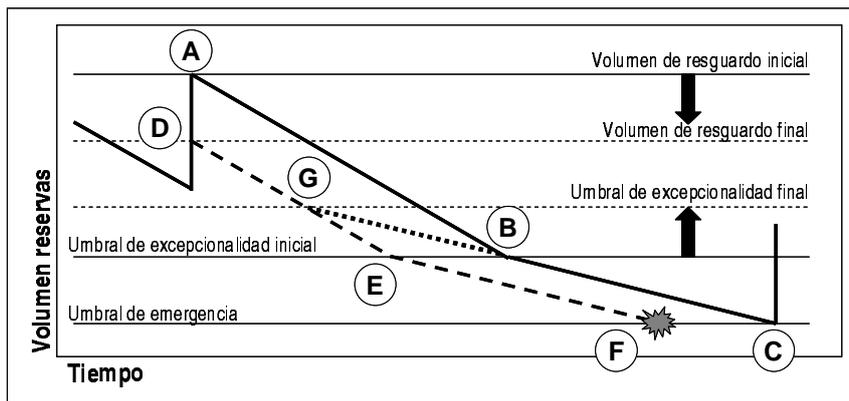
En situaciones de escasez de recursos, el objetivo es la protección de los usos prioritarios. Cuando entre los usos prioritarios se sitúa el abastecimiento, los criterios de satisfacción de esa demanda acostumbran a ser muy exigentes, llegando a ser habitual manejar garantías del 100 % para los usos urbanos.

Generalmente no se llega de una manera repentina a una situación de emergencia por falta de recursos hídricos, sino que a partir de un determinado umbral de reservas se entra en lo que se ha dado en llamar escenario de excepcionalidad. En éste, la progresiva reducción de las reservas, va marcando las medidas de protección a aplicar y también su intensidad. Estas medidas, además de disposiciones de carácter jurídico, administrativo y organizativas, se acostumbran a plasmar en reducciones, también progresivas, de las dotaciones de los usos considerados no prioritarios y, si la situación evoluciona hacia escenarios más graves (escenario de emergencia), el racionamiento incluso de los usos prioritarios.

El escenario de excepcionalidad debe considerarse como un contexto en el cual es necesario tomar medidas para prevenir el fallo del sistema, es decir la declaración de la emergencia, a corto plazo.

### Dependencia entre umbrales

Ya hemos comentado que desde el punto de vista de la gestión de las avenidas es conveniente disponer de amplios volúmenes de resguardo en los embalses. Sin embargo, esta reserva de volumen, que comporta la renuncia voluntaria al aprovechamiento total de la capacidad del embalse, tiene consecuencias directas sobre la gestión de los recursos en otros escenarios. De hecho cabe interpretarla como una reducción de las garantías de suministro ya que supone una limitación del volumen disponible para el resto de usos. Veámoslo con un ejemplo (Figura 1).



**Figura 1.** Relación entre los umbrales de los resguardos de seguridad en los embalses y los umbrales de activación de los escenarios de excepcionalidad en la gestión de los recursos hídricos

Supongamos que el episodio que dimensiona la franja de operación ordinaria, es decir la comprendida entre el volumen de resguardo y el inicio de la fase de emergencia, está definido por una evolución de las reservas según la línea A-B-C. Durante este episodio se distinguen dos periodos: (1) el A-B en el cual se produce la satisfacción de las demandas ordinarias y (2) el B-C en el cual ya se incluyen ciertas medidas restrictivas a los usos y, que tiene su traducción en una velocidad menor en el descenso de las reservas.

Supongamos ahora que se quiere incrementar el resguardo de seguridad en los embalses (A-D). En esas nuevas condiciones, si se mantiene el mismo umbral para la activación de las medidas de excepcionalidad, el episodio que había servido para dimensionar la franja de operación ordinaria, provoca el fallo del sistema (entrada en emergencia) mucho antes (F). Para conseguir que el sistema no entre en el escenario de emergencia durante el mismo periodo de tiempo, es necesario activar antes (G) las medidas de excepcionalidad y por lo tanto incrementar el umbral de excepcionalidad.

Por lo tanto, es de prever que, en la medida que un sistema tenga una mayor dependencia de los embalses para la satisfacción de sus demandas, un deseo de mayor protección frente a avenidas conllevará también una mayor recurrencia en la incursión en escenarios de restricciones.

Por el contrario, determinar un volumen de resguardo más pequeño, es decir asumir un riesgo superior por daños ante una avenida, comporta una rebaja del umbral a partir del cual se determina la entrada en escenarios de excepcionalidad.

### Gestión de las demandas

A la vista de lo expuesto anteriormente, con objeto de incrementar la disponibilidad de recursos a partir de la reducción de consumos, el fomento del ahorro y la mejora de la eficiencia en su utilización, cabría preguntarse cuáles son las posibilidades de gestión de la demanda.

### Demandas urbanas

En las cuencas internas de Cataluña la relación entre la demanda para usos urbanos e industriales y para usos agrícolas es de forma aproximada un 65 % y un 35 % respectivamente. Concretamente en la zona servida por el sistema Ter-Llobregat la demanda de los primeros alcanza un valor del 75 %, concentra el 88 % del total de la población de las cuencas internas de Cataluña (5,8 millones de habitantes) y el 77 % de la actividad económica de todo el país.

Por lo que respecta a Barcelona y su área metropolitana la mayor parte de las dotaciones domésticas se sitúan por debajo de los 130 l/hab./día, siendo los consumos con dotaciones superiores a 200 l/hab/día inferiores al 10 % de los volúmenes suministrados.

Estas dotaciones, ya de por sí moderadas, comparables a la de países centroeuropeos e inferiores a las de las principales ciudades de la zona mediterránea, fueron reducidas con motivo de la sequía sufrida en el periodo 2007-2008 hasta valores del 20 % como consecuencia de la sensibilización de la población metropolitana ante el problema de la falta de agua. Por lo que respecta a los consumos en la ciudad de Barcelona sus dotaciones se redujeron durante los momentos más intensos de la sequía hasta valores de 110 l/hab/día.

Durante esta sequía, una de las más severas que se han vivido en los últimos sesenta años, las dotaciones en alta para usos urbanos, es decir los volúmenes de agua entregados para cubrir las necesidades domésticas así como las asociadas a las actividades económicas ligadas a los núcleos urbanos y las municipales (consumos industriales asociados a la red, servicios comerciales, riego de jardines, limpieza de infraestructuras, incendios...), fue inferior a 270 l/hab./día en 258 de los municipios de toda Cataluña. Este porcentaje de municipios comprende al 88% de la población, es decir unos 6,9 millones de habitantes.

Por otro lado, durante los últimos quince años, las dotaciones domésticas se han incrementado del orden de un 1% anual, valor muy moderado si se compara con el crecimiento del consumo de otros servicios básicos (acero > 7% anual; electricidad y petróleo > 3% anual, etc.).

Por lo tanto, cabe afirmar que los consumos urbanos, y muy especialmente los domésticos, se encuentran muy ajustados y próximos incluso a las recomendaciones de la OMS sobre los mínimos con los que abastecer a la población. Y, si bien es cierto que todavía existe una cierta capacidad de gestión de la demanda, sobre todo en ámbitos de desarrollo residencial, los volúmenes susceptibles de recuperación son poco significativos sobre el total.

### **Demandas agrícolas**

Si bien los consumos agrícolas en Cataluña son importantes y comparables a los de otras partes del Estado, en las cuencas internas de Cataluña su peso se ve desplazado por la presencia de grandes conurbaciones. Es decir, el ámbito predominante de abastecimiento es el urbano.

En esas condiciones, el sector agrícola se encuentra en clara desventaja no tan sólo por una cuestión de la prelación de usos legalmente establecida, la cual prioriza el abastecimiento a la población frente al resto de usos, sino porque esta exigencia da pie a restricciones muy severas en este sector.

En otros ámbitos, donde los volúmenes destinados a riego son muy superiores a los del abastecimiento urbano, en años de sequía, la detracción para cubrir las demandas urbanas permite todavía dedicar una parte de las reservas disponibles para necesidades agrícolas. Evidentemente éstas pueden ser claramente insuficientes para asegurar una determinada producción, pero pueden permitir la supervivencia de los árboles a la espera de campañas más productivas.

Sin embargo, cuando se invierte la proporción entre demandas urbanas y agrícolas, y en escenarios de sequía severa, con restricciones declaradas en los abastecimientos urbanos, puede ocurrir que sea necesario dedicar todas las reservas disponibles para dichos usos y destinar cantidades claramente insuficientes para la agricultura.

Esta situación ya se vivió en los riegos del río Muga en 1990 y recientemente se volvió a vivir para los riegos del Bajo Ter como consecuencia de la sequía 2007-2008.

La evaluación de las consecuencias considerando únicamente la pérdida de una cosecha puede ser una valoración un tanto superficial de lo que en realidad supone una drástica disminución de los volúmenes servidos para el riego.

En primer lugar, además de las pérdidas económicas directas derivadas de la falta de productividad, la pérdida de la cosecha puede traducirse en la pérdida también de subvenciones económicas; en la pérdida de posicionamiento en un mercado cada vez más globalizado, con las consiguientes dificultades para la recuperación de dicha posición en años futuros; e incluso la pérdida también de las cosechas de años venideros si los cultivos afectados son del tipo frutal, ya que si el árbol muere su reposición necesita de un cierto tiempo, en ocasiones de varios años, hasta alcanzar los mismos niveles de productividad.

En el caso de las cuencas internas de Cataluña, la posición relativa del sector agrícola frente a los usos urbanos en situaciones de escasez de recursos es un factor más que motiva el abandono de campos y su reconversión hacia otros sectores como el urbanístico o el industrial.

Por tratarse de un elemento de equilibrio territorial, de preservación y estructuración del territorio, independientemente de la fuerte protección que pueda tener este sector por lo que a ayudas y subvenciones se refiere, no se debería menoscabar los efectos de una restricción de las dotaciones para riego.

### **La estrategia de gestión de los embalses**

En un escenario como el descrito, con fuertes irregularidades en las aportaciones naturales, escasa capacidad de regulación hiperanual y la mayor parte de los usos con escasa flexibilidad, la gestión de los recursos hídricos de una cuenca debe realizarse con una visión integral, es decir, de manera que en cada momento se utilicen los recursos más adecuados con una visión estratégica encaminada a maximizar la garantía de suministro a todos los usos implicados.

Así pues las reservas acumuladas en los embalses (recursos superficiales regulados) se convierten en un elemento más del complejo pool hidrológico que la Administración hidráulica debe ordenar. Este pool se completa con los recursos superficiales no regulados, los recursos subterráneos, los procedentes de la desalación y también de la reutilización de aguas regeneradas procedentes de estaciones depuradoras.

Por lo tanto, la gestión de los embalses no puede ser considerada de manera aislada a la del resto de los recursos de la cuenca. Sin embargo resulta evidente que en las cuencas reguladas juegan un papel relevante a la hora de definir las principales líneas estratégicas de gestión.

Como resultado de las simulaciones realizadas con las series de aportaciones naturales y sintéticas más representativas de situaciones de escasez de aportaciones, y combinando la utilización de las reservas de los embalses con el resto de recursos disponibles en la cuenca, se ha obtenido las franjas de operación propias de cada embalse de manera que se minimiza el riesgo de entrada en escenarios de sequía. En las Figuras 2 y 3 se muestran los resultados para los embalses del sistema Ter-Llobregat y el embalse de la Muga.

La gestión asociada a cada una de dichas franjas de operación es la siguiente:

1. Riesgo frente avenidas: laminación del hidrograma de período de retorno de 25 años

hasta obtener la evacuación de caudales punta inferiores al caudal de daños aguas abajo.

2. Riesgo frente a escasez de recursos: se imponen los consumos actuales y se aplica a la serie de aportaciones naturales 1940-2007 los siguientes criterios de explotación:

- a. Escenario de normalidad: satisfacción de las demandas ordinarias.
- b. Escenario de alerta: reducción entre un 15 % y un 30 % de las dotaciones agrícolas (durante la campaña de riego) y de caudales ambientales.
- c. Escenario de excepcionalidad: reducción de las dotaciones agrícolas a los mínimos necesarios para la supervivencia de frutales (del 30 % al 60 % de una campaña ordinaria). Reducción más intensa de los caudales ambientales (60 % de los ordinarios).
- d. Escenario de emergencia: aplicación de restricciones al suministro urbano. La aplicación de los umbrales y las medidas restrictivas definidas en los escenarios de excepcionalidad genera la no incursión en este escenario para la serie histórica de referencia.

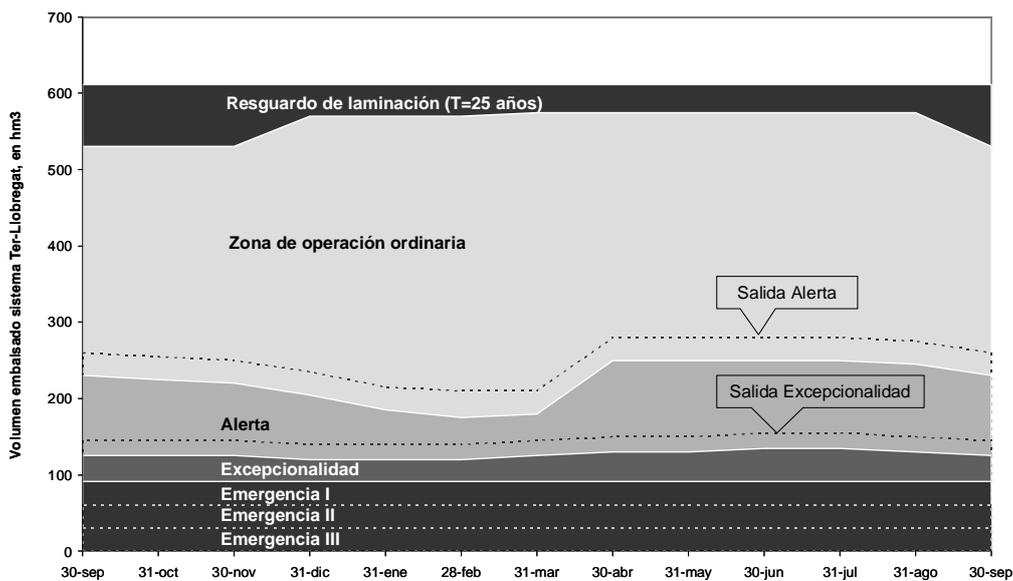


Figura 2. Definición de los diferentes umbrales de explotación para los embalses del sistema Ter-Llobregat

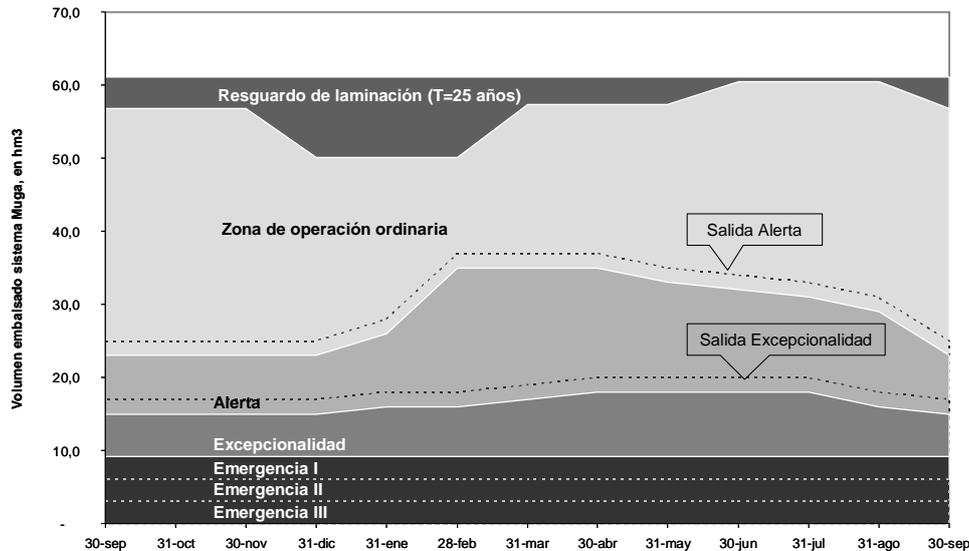


Figura 3. Definición de los diferentes umbrales de explotación del embalse de la Muga

A la vista de estos diagramas destaca que la zona definida para los escenarios de normalidad es relativamente estrecha: en el mejor de los casos, las franjas de explotación normal ocupan aproximadamente un 50 % de la capacidad total del sistema. Ello es indicativo de la inexistente hiperanualidad con la que se explotan estas infraestructuras y, como se ha explicado anteriormente, una consecuencia del ajuste entre recursos y demandas, así como de la relativamente pequeña capacidad de embalse frente a episodios de grandes aportaciones.

## OTROS CONDICIONANTES

Como consecuencia del elevado ajuste entre demandas y recursos servidos desde los embalses, las ineficiencias que se generan en la explotación de éstos y en el transporte de los caudales liberados hasta sus puntos de entrega, las cuales serían prácticamente indetectables en una situación de abundancia de recursos, da lugar a una exigencia muy alta en el control de los diferentes factores que pueden condicionar su disponibilidad.

En los apartados siguientes se expone el análisis que se realiza sobre dichos factores para asegurar el máximo aprovechamiento de los volúmenes liberados.

### Cuestiones estructurales

#### *Regulación de pequeños caudales en las presas*

Una vez declarado un escenario de restricciones, la parte aparentemente más sencilla es la regulación desde los embalses de los caudales

consignados para este escenario. Puede ocurrir sin embargo que si estos nuevos caudales se distancian mucho del rango de los caudales servidos habitualmente, los órganos de desagüe no estén preparados o se adapten mal para su regulación.

Por ejemplo, si los caudales son normalmente liberados a través de una central a pie de presa, una disminución notable del caudal puede provocar el paro de la turbina por cuestiones técnicas y obligar a la liberación de los volúmenes de agua a través de los desagües de fondo de la presa.

Éstos generalmente están dimensionados para la liberación de caudales de uno o dos órdenes de magnitud superiores a los exigibles en la situación que estamos describiendo. Por ello es de esperar una regulación poco ajustada - fuera de rango - de los caudales consignados. En ocasiones se han llegado a consignar caudales que obligan a la abertura de pocos centímetros -entre 5 y 10 cm- de una compuerta de más de dos metros de altura.

Si además los desagües de fondo están diseñados para un funcionamiento todo/nada, como es el caso de algunas válvulas, el flujo del agua a alta velocidad bajo el tablero, junto con los arrastres de sólidos, provocarán el desgaste prematuro del labio inferior de la compuerta y de sus elementos de estanqueidad.

Si bien es cierto que en escenarios de sequía los embalses no se encontrarán a plena carga, y por tanto la presión sobre la compuerta y la velocidad del agua bajo ella serán inferiores a las de diseño, también lo es que dicha situación puede apartarse notablemente de la forma de trabajo para la que fueron diseñados los órganos de

desagüe y que esta situación puede prolongarse durante un tiempo considerable.

Por todo ello, desde el punto de vista de la gestión de una situación de sequía debe plantearse la viabilidad técnica de la liberación desde las presas de los caudales previstos en situaciones de sequía. Mientras tanto, desde el punto de vista de la planificación debería impulsarse la ejecución de órganos de desagüe compatibles con las exigencias de un escenario de sequía.

### **Alteración del régimen fluvial en el transporte hasta los puntos de captación**

Si una vez liberada el agua desde la presa se canaliza en una tubería hasta la entrega al usuario final no es de prever ningún problema más allá de los propios de una rotura de la conducción o una captación intermedia fraudulenta.

Sin embargo sí, como es habitual, se utiliza el cauce fluvial como medio de transporte y se permite la derivación de parte del caudal circulante - siempre debe asegurarse la existencia de un caudal ambiental mínimo - para usos no consuntivos que posteriormente devuelven el agua al cauce antes del punto de captación del destinatario final, pueden ocurrir alteraciones del régimen fluvial que afecten notablemente la captación y el uso del agua liberada por parte del usuario final si no se asegura el régimen fluyente de estos aprovechamientos intermedios.

Por ejemplo, no es inusual que los titulares de minicentrales hidroeléctricas generen, de forma deliberada o no, retenciones de agua aprovechando la capacidad de almacenamiento del canal, con objeto de incrementar la altura de agua en la cámara de carga, para después *turbinar* de golpe el agua embalsada. De esta manera, aunque sea durante menos tiempo, se asegura la producción de una mayor potencia al ser mayor el caudal, la carga de agua y también el rendimiento de las máquinas.

Esta práctica provoca oscilaciones en el caudal circulante aguas abajo del punto de reintegro al curso principal. En situaciones ordinarias puede resultar inapreciable si la relación entre los caudales circulantes por el río y por el aprovechamiento es muy grande.

Por contra, en situaciones de caudales circulantes relativamente bajos puede resultar una práctica nefasta dada la repercusión que puede tener en los aprovechamientos situados aguas abajo. Durante la fase de retención, los caudales circulante por el río se ven reducidos al mínimo ambiental por lo que los aprovechamientos aguas abajo no pueden derivarlo. Cuando se pro-

duce la liberación del volumen retenido se genera un caudal que, en muchas ocasiones, supera la capacidad de captación de los usuarios situados aguas abajo y, por lo tanto, no puede ser aprovechado.

De esta manera, la alteración del régimen fluyente por una instalación como las descritas puede generar intervalos de déficit en el suministro a los que siguen otros de excesos no aprovechables.

La situación todavía puede complicarse algo más si el efecto se amplifica como consecuencia de la disposición en cascada de diversos aprovechamientos. Esta amplificación puede darse de forma involuntaria en los aprovechamientos de la parte baja dado que como resultado de la alteración del régimen fluvial algunos sistemas de control se inestabilizan y derivan más agua hacia sus canales aunque no sea para retenerla.

El principal mecanismo para evitar estas prácticas es el control de la explotación de estas instalaciones, o con más propiedad el telecontrol ya que resultaría imposible llevarlo a cabo de otra manera. A través del control de la producción hidroeléctrica y del nivel de la cámara de carga es posible identificar este tipo de alteraciones e instar inmediatamente al propietario a la restitución del régimen fluyente de la instalación.

### **Limitaciones en el proceso de tratamiento en las plantas potabilizadoras**

Ocurre también que en ocasiones un agua liberada con fines consuntivos es rechazada por el usuario por no cumplir sus criterios mínimos de calidad. Esta es una práctica relativamente habitual en captaciones de plantas potabilizadoras. En este caso es evidente que la presencia de determinadas sustancias en el agua puede ser incompatible con la consecución de una calidad final del agua a la cual están obligadas por cuestiones sanitarias. Bien sea porqué el tratamiento que puede realizar la planta no es capaz de eliminarlas o transformarlas en sustancias aptas o bien, sin ser en sí misma perjudicial, porqué puede inhibir determinados procesos.

Evidentemente no es posible diseñar un proceso de potabilización que permita la eliminación de cualquier elemento no deseable. Siempre cabe la posibilidad de un accidente de un camión cisterna que provoque el vertido de su carga o el de la rotura de un depósito de una industria que libere una sustancia que al llegar al río, directamente o a través del alcantarillado, contamine temporalmente la masa de agua haciéndola no

apta para determinados usos.

Pero cabe preguntarse hasta qué punto, a partir de la experiencia acumulada durante años de explotación, la presencia de determinadas sustancias y calidades en el agua es previsible y por lo tanto podría justificar una adaptación del proceso de tratamiento para incrementar el aprovechamiento de los recursos hídricos. Tal sería el caso por ejemplo de aportes salinos procedentes de la propia cuenca natural, incrementos de turbidez provocados por arrastres de la lluvia (tormentas), variaciones de temperatura (la baja temperatura del agua en invierno es un criterio de rechazo en algunas plantas porque puede provocar la rotura de conducciones), etc.

Sin duda, uno de los aspectos en los que deberá encontrarse un acuerdo entre explotadores de plantas potabilizadoras y las Administraciones responsables en materia de calidad de las aguas será la aproximación entre los criterios de aceptación del agua cruda en planta y los criterios de declaración de aptitud de una masa de agua para determinados usos. Mientras siga existiendo un *gap* significativo entre unos y otros, éste podrá ser interpretado como una brecha por la que estamos perdiendo recursos.

### Regulación de la cuenca baja

En los apartados anteriores se han descrito situaciones que pueden dar como resultado una considerable ineficacia en el aprovechamiento de los recursos hídricos en situaciones de elevada necesidad y sensibilidad.

Algunos estudios realizados a tal efecto han puesto de manifiesto que incluso en ámbitos con un estricta vigilancia de sus aprovechamientos, pueden producirse pérdidas que rondan el 15 % de los volúmenes servidos.

Desde el punto de vista de la gestión, sería de enorme ayuda disponer de elementos de regulación en la cuenca baja que puedan absorber los excedentes que se puedan generar en un momento dado y compensar los déficit que ocasionalmente puedan producirse por alguna alteración ocurrida agua arriba. En este caso una balsa de

regulación en las proximidades de los puntos de captación de los tramos finales del río podría ser una excelente solución para incrementar el aprovechamiento de los recursos liberados.

Por otro lado, mientras no existan estos mecanismos para compensar los desequilibrios puntuales entre la oferta y la demanda de agua, los estudios destinados a evaluar la disponibilidad de recursos y su ajuste con las diferentes demandas deberían contemplar factores de seguridad - índices de aprovechamiento - que tengan en cuenta las inevitables ineficacias en la gestión de los recursos.

## NUEVOS CONDICIONANTES ESTRATÉGICOS

En apartados anteriores se ha presentado la metodología utilizada hasta ahora para determinar la estrategia de explotación más adecuada de los recursos disponibles en los embalses.

Sin embargo, aparecen otros requerimientos de carácter legal, derivados de la exigencia de una sociedad que valora cada vez más los aspectos medioambientales y está concienciada de su importancia en términos de sostenibilidad. Estos requerimientos, contemplados en el Plan de Gestión de la Demarcación, inciden directamente sobre la gestión de los embalses.

### Usos medioambientales

#### *Caudales de mantenimiento*

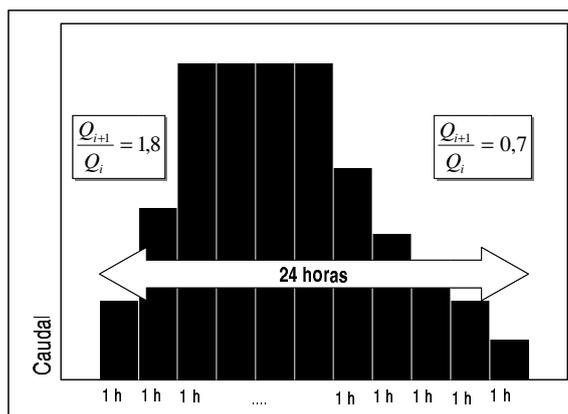
Bajo esta denominación se encuentran aquellos caudales que deben preservarse a lo largo del río para asegurar el mantenimiento de unas condiciones ambientales fijadas previamente. Estas condiciones ambientales hacen referencia a diferentes aspectos de la zona riparia: vegetación de ribera, fauna ictiocola, morfología... Estos caudales están concebidos como un compromiso entre la actividad humana y el mantenimiento de una calidad ambiental aceptable. La calidad ambiental a mantener se define a través de los indicadores de buen estado ecológico definidos en el Anejo V de la Directiva Marco del Agua y que se presentan en la Tabla 4.

Elementos de calidad hidromorfológica	Parámetros indicativos de los elementos de calidad
Régimen hidrológico	Cuantificación y dinámica del caudal Conexión con masas de agua subterráneas
Continuidad fluvial	Conectividad fluvial
Condiciones morfológicas	Variación de la anchura y profundidad del cauce Estructura y substrato del cauce Estructura de la zona de ribera

**Tabla 4.** Elementos de calidad hidromorfológica y parámetros propuestos para su caracterización

Río	Presa	Caudal en m <sup>3</sup> /s												Volumen máximo anual en hm <sup>3</sup>	
		oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep		
Muga	Boadella	0,340	0,340	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,340	0,272	0,272	0,272	11,25
Ter	Pasteral I	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	4,810	4,810	3,700	2,960	2,960	2,960	116,65	
Llobregat	La Baells	1,100	1,100	1,100	0,880	0,880	1,100	1,650	1,620	1,650	1,100	1,100	1,100	37,81	
Cardener	Sant Ponç	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	1,222	1,222	0,940	0,752	0,752	0,752	29,64	
Foix	Foix	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,077	0,062	0,062	0,062	2,48	

**Tabla 5.** Caudales de mantenimiento a preservar a pie de presa según el Plan sectorial de caudales de mantenimiento en las cuencas internas de Cataluña



**Figura 4.** Hidrograma de diseño para crecidas ambientales

En Cataluña, la aplicación de los caudales de mantenimiento en los cursos fluviales de Cataluña se encuentra regulada legalmente mediante el Plan Sectorial de Caudales de Mantenimiento. En este Plan se establece, en función de las diferentes tipologías fluviales de los diferentes tramos de un río, el caudal de mantenimiento y su variabilidad a lo largo del año, de manera que ésta guarde cierta semejanza con lo que sería el régimen natural.

Una característica importante a considerar en la gestión de los caudales de mantenimiento desde las presas es que no se trata de un caudal a garantizar en todo momento. Los caudales recogidos en el Plan sectorial deben liberarse desde la presa siempre y cuando las entradas al embalse sean iguales o superiores. En caso contrario, deberá garantizarse un caudal ambiental igual a las entradas.

Por lo tanto no pueden, ni deben, computarse como un volumen a reservar en el embalse para la satisfacción de este uso, aunque sí es cierto que supone considerar una disminución de las aportaciones netas que como máximo alcanzarán, para los embalses gestionados por la Agencia Catalana del Agua, los valores que aparecen en la Tabla 5.

*Caudales generadores*

Como se ha comentado en el punto anterior, la calidad ambiental de un río también está definida por parámetros morfológicos. La morfodinámica fluvial, la estructura de sus hábitat y la organización y limitación de los bosques de ribera está regida principalmente por los caudales circulantes en situación de crecida.

Los caudales de bajo período de retorno, con capacidad de movilizar el sedimento y definir así el cauce y su hábitat fluvial, son habitualmente absorbidos por los volúmenes de resguardo, o muy laminados por las presas.

Con objeto de corregir esta alteración, el Plan sectorial de caudales de mantenimiento prevé, siempre que no se den de forma natural a lo largo de un año, la generación "artificial" de crecidas desde las presas, liberando a tal fin caudales durante un tiempo determinado (24 horas en cómputo global de la maniobra, Figura 4) y con unas determinadas tasas de cambio durante las fases de generación y de recesión de la crecida. La regulación en la variación de los caudales liberados tiene por objeto no alterar la habitabilidad de las comunidades aguas abajo, sobre todo en los tramos cercanos a la presa, con motivo de una variación brusca de los caudales circulantes. A tal efecto, las tasas de crecimiento y

decrecimiento establecidas son de 1,8 y de 0,7 respectivamente, en cómputo horario.

Los caudales punta escogidos se han obtenido a partir de criterios hidrológicos. Corresponden a la máxima crecida anual ordinaria más probable en el período 1940-2000. Ésta se ha determinado tomando la moda de las frecuencias de la serie de datos de aportaciones naturales durante el período seleccionado. Dichos caudales son los que se muestran en la Tabla 6.

Un efecto colateral beneficioso resultante de la aplicación de estos caudales generadores será una mejor delimitación del dominio público hidráulico. Actualmente la laminación que realizan las presas en sucesos de bajo período de retorno provoca que la memoria colectiva olvide los "dominios" del río y poco a poco se va produciendo una mayor ocupación del cauce. Dicha ocupación progresiva comporta que el caudal de daños cada vez sea menor. Como consecuencia, para un mismo período de retorno, es necesario disponer de mayores volúmenes de resguardo, con las consecuencias comentadas anteriormente sobre la definición de los escenarios de sequía.

## La gestión de los sedimentos

### La pérdida de capacidad

La presencia de una presa siempre induce una modificación en el transporte de sedimentos del

río en el cual se ubica. Además de la barrera física que supone en sí misma el dique de contención, la generación del embalse supone una reducción de las velocidades de circulación del agua, incluso en condiciones de avenida, de manera que se provoca la sedimentación del caudal sólido transportado por el río.

Además de la alteración mencionada también cabe esperar una reducción de la capacidad del embalse como resultado de su ocupación por los materiales sedimentados.

En los años 2000 y 2001, el CEDEX, a través de su Centro de Estudios Hidrográficos, realizó una campaña de reconocimientos sedimentológicos y batimetrías en los embalses de las presas gestionadas por la Agencia Catalana del Agua. Como resultado de dichos estudios se concluye que la pérdida de volumen derivada de la colmatación experimentada por los citados embalses es muy pequeña (Tabla 7).

La única salvedad la presenta el embalse de Foix con una notable pérdida de capacidad relativa. En este caso, dado que la aportación de sedimentos no es superior a la de otros, el alto grado de colmatación es una consecuencia de la pequeña capacidad inicial del embalse, lo cual, junto con su antigüedad (es el embalse que más tiempo lleva acumulando sedimentos), lo hace especialmente sensible a esta afección.

Río	Presa	Caudal generador en m <sup>3</sup> /s	Volumen anual en hm <sup>3</sup>	Período recomendado
Muga	Boadella	27,5	0,9	Dic - Feb
Ter	Sau	67,9	3,8	May - Jun
Ter	Susqueda	74,3	4,2	May - Jun
Llobregat	La Baells	32,4	1,6	Dic - Ene
Cardener	La Llosa del C.	8,4	0,6	May - Jun
Cardener	Sant Ponç	10,0	0,7	May - Jun
Foix	Foix	3,2	0,1	Sep - Nov

**Tabla 6.** Caudales generadores y volúmenes liberados desde las presas según el Plan sectorial de caudales de mantenimiento de las cuencas internas de Cataluña

Río	Presa	Volumen inicial en hm <sup>3</sup>	Volumen actual en hm <sup>3</sup>	Pérdida total de capacidad en %	Pérdida anual capacidad en %	Aportación de sedimento al embalse en t/ha-año (mín -máx)	Degradación específica de la cuenca en t/ha-año
Muga	Boadella	62,00	61,09	1,47	0,04	2,6 - 5,5	1,74
Ter	Sau	177,00	165,26	11,74	0,32	1,9 - 4,1	1,74
Llobregat	La Baells	115,00	109,43	4,84	0,19	2,0 - 4,4	n/d
Cardener	Sant Ponç	25,00	24,38	2,48	0,05	1,2 - 3,0	0,48
Foix	Foix	5,64	3,73	33,90	0,38	3,7 - 7,8	0,99
Siurana	Siurana	12,43	12,22	1,71	0,06	3,5 - 7,6	No evaluable
<b>TOTAL</b>		<b>397,07</b>	<b>376,11</b>	<b>5,28</b>	<b>0,21</b>		

**Tabla 7.** Caudales generadores y volúmenes liberados desde las presas según el Plan sectorial de caudales de mantenimiento de las cuencas internas de Cataluña

En cualquier caso, es evidente que esta afectación se continuará produciendo en el tiempo. Y si bien no es preocupante su ritmo de acreción, ni hay indicios que pueda acelerarse en un futuro próximo, sí debe considerarse a largo plazo los efectos que puede tener sobre la reducción en la disponibilidad de reservas.

#### *El desequilibrio sedimentario*

La interrupción física al transporte sólido que supone el dique de cierre del embalse es hoy por hoy un problema de difícil solución y no resuelto en la mayoría de presas.

Y tan preocupante como la reducción del volumen de sedimentos que circulan aguas abajo es su desequilibrio en cuanto a la composición granulométrica. Es decir, no es estrictamente cierto que no circule ningún caudal sólido aguas abajo de la presa. En ocasiones, con motivo de una crecida, de una avería en una instalación que debería aportar agua al cauce y no puede hacerlo, o como resultado de las maniobras ordinarias de comprobación, se produce la abertura de los desagües de fondo de las presas. Durante los primeros instantes el caudal liberado presenta una turbidez elevadísima, evidenciando el arrastre de sólidos que se produce. Posteriormente esta turbidez va disminuyendo a medida que el cono generado por la succión del desagüe en el sedimento alcanza condiciones de estabilidad.

Es conocido que la distribución granulométrica de los sedimentos en el embalse es irregular aunque, con carácter general, conserva determinados patrones: la granulometría del material depositado es tanto más fina cuanto más se aproxima al paramento de la presa. Así pues, el material arrastrado por estas maniobras corresponde únicamente a la fracción más fina del sedimento.

Una vez este material se deposita en el cauce, y no suele ser a mucha distancia de la presa dado que los caudales desaguados no son importantes, se genera una capa de fango que recubre el fondo y sus márgenes induciendo una notable alteración de las condiciones iniciales de los hábitat fluviales: los substratos donde antes podían crecer determinados organismos dejan de ser aptos para ello, o para otras funciones como el desove de los peces, provocando de una manera u otra alteraciones significativas en la composición del ecosistema fluvial.

Para disminuir el desequilibrio inducido por una presa en el transporte sólido, en algunos países se realizan periódicamente maniobras de vaciado rápido (flushing) del embalse para favo-

recer que durante el mismo se produzca el arrastre de los sólidos depositados a lo largo del embalse hacia aguas abajo.

Ésta es una técnica que para garantizar su aplicabilidad y eficacia necesita de determinadas condiciones que se analizan a continuación:

- Un régimen de aportaciones, o un sistema de regulación, que asegure la recuperación de los volúmenes vaciados para no afectar las garantías de las demandas dependientes. No debe olvidarse que no se está planteando únicamente la generación de una crecida como las previstas en el apartado de caudales generadores, sino el vaciado del embalse. Por lo tanto es difícilmente aplicable a grandes embalses, por lo menos con la frecuencia que sería deseable, y queda restringido a los de menor capacidad.
- Unos órganos de evacuación que permitan la movilización efectiva de los sedimentos. Un desagüe de fondo formado por válvulas convencionales, independientemente de su tipología, tiene un radio de acción aguas arriba de la presa relativamente pequeño, por lo que únicamente sería de esperar el arrastre del material depositado previamente en las proximidades del paramento. Otra exigencia a considerar sería la necesidad de adaptar los materiales utilizados en la fabricación de los órganos de desagüe a las exigentes condiciones de resistencia a la abrasión durante un vaciado de estas características.
- Una evaluación y seguimiento del impacto ambiental provocado por la maniobra. La turbidez del agua en estas condiciones de arrastre puede llegar a causar problemas a la flora y fauna de aguas abajo. En ocasiones incluso se ha llegado a crear instalaciones off-shore para dar cobijo a los peces durante el vaciado.

Dada la disposición granulométrica del sedimento a lo largo del embalse, parece difícil generar únicamente mediante técnicas de flushing un caudal suficiente como para provocar el arrastre del material más grueso desde la cola del embalse hasta la presa. Para compensar esta dificultad se ha propuesto en ocasiones complementar esta técnica con actuaciones de dragado del fondo del embalse y transporte y vertido del material extraído a lo largo del río, aguas abajo de la presa.

Desde luego el dragado del embalse cabe considerarlo como un efecto beneficioso que puede servir como medida de compensación a su aterramiento. Sin embargo la deposición del material aguas abajo puede resultar harto complicada, además de por la accesibilidad y el volumen de sedimentos a depositar, por la afección de otros intereses: ocupación de áreas lúdicas, afecciones a instalaciones hidroeléctricas, zonas de interés para la pesca...

#### *La afección a la calidad*

Otro aspecto a considerar relativo a los condicionantes que los sedimentos pueden introducir en la gestión del embalse está relacionado con la capacidad de aquellos de generar cambios significativos en la calidad del agua embalsada. Por lo menos bajo determinadas condiciones.

El agua que llega al embalse contiene elementos procedentes de la actividad humana e industrial que exista en la cuenca de aportación. Una parte de la materia orgánica y nutrientes son habitualmente retirados del agua mediante las depuradoras de aguas residuales.

Sin embargo, una fracción de aquellos junto con otros compuestos no eliminables mediante procesos físicos o biológicos alcanzan el embalse y, si las condiciones son suficientemente estables, acaban depositándose en el fondo del embalse. Allí suelen permanecer inertes hasta que algún proceso permite su resuspensión y disolución. Obviamente, los períodos de bajas reservas son favorables a estos procesos.

En esas condiciones las concentraciones de estos elementos, directamente o a través de la activación de otro proceso, pueden condicionar la estrategia de gestión para aquellos usos que requieran de unas calidades mínimas del agua.

Por lo que respecta a este apartado cabe mencionar que alcanzada esta situación se debe proceder a un análisis continuado de la calidad tanto del agua presente en los embalses como del sedimento. El objeto de este seguimiento es prever las modificaciones que deberán introducirse en las plantas de tratamiento para potabilizar el agua a medida que el recurso se agote y sea mayor la proximidad entre el sedimento y el agua a tratar. También debe ser analizado si una determinada estrategia de gestión de las torres de captación y de los órganos de desagüe puede ser más beneficiosa que otra por lo que se refiere a la calidad del agua liberada.

#### **El cambio climático**

Los efectos del cambio climático, por lo que

respecta a la variación de las aportaciones naturales, son hoy por hoy desconocidos. Sin embargo, sí existe un cierto consenso entre los expertos en la materia en lo que se refiere a la asimilación a las tendencias que experimentará la meteorología en la cuenca mediterránea: aumento de las temperaturas, ligero descenso o incluso el mantenimiento de la precipitación total y un incremento de los episodios extremos. Todo ellos se traduciría en un aumento de la evapotranspiración, una recarga más lenta de los acuíferos y una disminución de los caudales circulantes por los ríos, salvo en situaciones extremas (riadas) a los cuales se les concede una importante notoriedad en Cataluña.

En un entorno como el de las cuencas internas de Cataluña, caracterizado ya por una notable irregularidad temporal de sus precipitaciones y con una capacidad prácticamente nula para el almacenamiento de excedentes, el incremento de dicha variabilidad pluviométrica debe ser considerado como un efecto tanto o más grave que una reducción moderada de la pluviometría.

Todo ello cabe interpretarlo como una perspectiva pesimista tanto por lo que se refiere a la previsible disminución de recursos como en lo relativo a la recuperación de las deficiencias actuales en la disponibilidad de recursos. Concretamente, la recuperación del nivel hidráulico en los acuíferos intensamente explotados, la mejora de la calidad en áreas con contaminación de aguas superficiales o subterráneas, o la regresión de la salinización de acuíferos litorales, así como la mayor disponibilidad de agua para zonas húmedas y de ribera serían menos probables dados los cambios que estos fenómenos supondrían en la dinámica hidrológica.

---

#### **LA BÚSQUEDA DE NUEVOS RECURSOS**

---

En los apartados anteriores se ha mostrado como el elevado ajuste entre demandas y recursos disponibles conduce a un modelo de gestión muy exigente en el control de los recursos hídricos utilizados. La capacidad de regulación que ofrecen los embalses existentes es muy limitada y conduce a elevadas probabilidades de incurrir en escenarios de excepcionalidad, con la consecuente influencia limitadora en el desarrollo de diversas actividades.

Concretamente, y con especial incidencia, en la agricultura debido a la disminución, incluso su total supresión en determinadas ocasiones, de los caudales de riego que se imponen.

También son sectores afectados el de la producción hidroeléctrica y el de las actividades

económicas ligadas a los ámbitos urbanos, desde el momento en que éstos también pueden quedar afectados por restricciones, así como la garantía de los caudales ambientales, tal y como sucedió en el último episodio de sequía 2007-2008 en el río Ter.

Para dar solución al precario equilibrio que existe actualmente entre recursos y demandas, así como para asumir las consecuencias derivadas del crecimiento demográfico, productivo y de nuevas exigencias ambientales, en un escenario de incertidumbre por las consecuencias del cambio climático, la Agencia Catalana del Agua está diseñando las bases de lo que será la política hidráulica de los próximos años (Plan de Gestión del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña 2010-2015) para garantizar la suficiencia y sostenibilidad de todos los usos del agua a corto, medio y largo plazo (2010-2027).

Dicho Plan contempla diversas estrategias y actuaciones en el ámbito de la mejora de la calidad hidromorfológica y biológica del medio, la gestión de la demanda y de los recursos hídricos, la mejora de la calidad de las aguas y la modernización de los regadíos.

Por lo que se refiere a las medidas relacionadas con la gestión de las demandas y los recursos hídricos, se definen propuestas en el ámbito de la desalación, la reutilización, la interconexión de redes y la recuperación de acuíferos. Cabe destacar que no todas las actuaciones se traducen en una aportación neta de volumen, sino que algunas están destinadas a la mejora de la garantía a través de una gestión más flexible (interconexión de redes), o a la mejora de la eficiencia en el transporte y la utilización por parte de los diferentes usuarios.

En total se espera la aportación de 345 hm<sup>3</sup> al sistema Ter-Llobregat en el período 2006-2015 a partir de las actuaciones recogidas en el Programa de Medidas del Plan de Gestión.

## CONCLUSIONES

- Actualmente la explotación de los embalses gestionados por la Agencia Catalana del Agua está basada en (1) criterios de protección frente a avenidas de 25 años de período de retorno y (2) criterios para minimizar el número de incursiones en escenarios de sequía.
- La aplicación de los criterios anteriores a la capacidad de embalse existente motiva que los volúmenes de gestión en situación de normalidad sean relativamente pequeños - un 50 % de la capacidad máxima en el mejor de los casos - en comparación con las demandas a satisfacer y considerando la irregularidad del clima mediterráneo. Los volúmenes disponibles en escenarios de normalidad impiden ningún tipo de regulación hiperanual.
- La gestión de la demanda, como vía para incrementar la disponibilidad en situación de escasez de recursos hídricos a través del fomento del ahorro y la eficiencia, tiene escaso margen de actuación en lo que se refiere a las dotaciones domésticas de Barcelona y su área metropolitana, donde se concentra el 88 % de la población de las cuencas internas de Cataluña. Dicha capacidad de ahorro existe todavía en algunas zonas de carácter residencial, aunque con posibilidad de recuperar pequeños volúmenes.
- La predominancia de los usos urbanos en el sistema Ter-Llobregat condiciona enormemente la disponibilidad de volúmenes para otros usos en dicho ámbito.
- La disponibilidad de reservas debe afectarse de un valor de reducción como consecuencia de las ineficiencias que se generan en su gestión y que impiden un aprovechamiento óptimo. La detección y la corrección de esas ineficiencias, en ocasiones con actuaciones en infraestructura y en otras mediante mecanismos de gestión con los afectados, puede constituir una excelente línea de trabajo para incrementar la garantía de suministro.
- A unas condiciones de gestión de los embalses, ya de por sí muy exigentes, se están añadiendo ya otras, tan legítimas como necesarias, de carácter ambiental (caudales de mantenimiento, gestión de sedimentos...) que incrementarán la vulnerabilidad del sistema. Además la incertidumbre sobre las consecuencias del cambio climático incorpora un nuevo factor de riesgo.
- Con todos estos condicionantes, la capacidad de regular desde los embalses los recursos para la satisfacción de todas las demandas, se verá ampliamente superada. Es necesario pues definir la manera de incrementar la garantía de satisfacción de los usos actuales en las cuencas internas de Cataluña, con criterios de suficiencia,

tanto en la cantidad como en la calidad, y sostenibilidad.

- En este sentido la Agencia Catalana del Agua está elaborando un plan de gestión (2010-2015) para conseguir, mediante una combinación de actuaciones en el campo de la gestión y la incorporación de nuevos recursos, una mayor disponibilidad de recursos. Entre las medidas contempladas se prevé la aportación de hasta 345 hm<sup>3</sup> como resultado de diferentes iniciativas en el campo de la desalación, la reutilización de aguas regeneradas procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales y la recuperación de acuíferos.

---

## REFERENCIAS

---

- Agencia Catalana del Agua (2002-2004). Documentos XYZT de las presas de Boadella, Sau, La Baells, La Llosa del Cavall, Sant Ponç, Foix y Ciurana.
- Agencia Catalana del Agua (2003-2007). Normas de explotación de las presas de Boadella, Sau, La Baells, La Llosa del Cavall, Sant Ponç, Foix y Ciurana.
- CEDEX (2000-2001). Estudios batimétricos de las presas de Boadella, Sau, La Baells, La Llosa del Cavall, Sant Ponç, Foix y Ciurana.
- CEDEX (2001). Reconocimiento sedimentológico de las presas de Boadella, Sau, La Baells, La Llosa del Cavall, Sant Ponç, Foix y Ciurana.
- Agencia Catalana del Agua (2009). Plan de Gestión de Sequías.
- Resolución MAH/2465/2006, en la que se hace público el Acuerdo de Gobierno de 13 de julio, por el cual se aprueba el Plan sectorial de caudales de mantenimiento de las cuencas internas de Cataluña.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000.
- Informe sobre el cambio climático en Cataluña (2005). Elaborado por el Consejo Asesor para el Desarrollo Sostenible en Cataluña, Generalitat de Catalunya.
- Agencia Catalana del Agua (2010). Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya.