

La calidad ecológica de los embalses

Los embalses son ecosistemas creados por el hombre. Proporcionan servicios de gran importancia: abastecimiento de agua, energía hidroeléctrica y actividades recreativas. De su correcta gestión dependen la calidad de sus aguas y el impacto ecológico que generan

Enrique Navarro, Emili García-Berthou y Joan Armengol

CONCEPTOS BASICOS

- Los embalses son sistemas híbridos entre un río y un lago. Presentan características ecológicas asociadas a estos dos sistemas, así como otras que les son exclusivas.
- La Directiva Marco del Agua, en vigor desde 2000, reconoce la necesidad de valorar y, según el caso, mejorar la calidad ecológica de los embalses. Los países europeos tienen hasta 2015 para cumplir dicha normativa; ello requiere el desarrollo de programas de protección, restauración y mejora de la calidad del agua.
- La calidad ecológica de un embalse se mide a partir de la combinación de parámetros físicos, químicos y biológicos.

Por los ríos españoles circulan anualmente unos 106.000 hectómetros cúbicos de agua. Por culpa de la irregularidad de los caudales sólo se aprovecharían unos 9000, de no ser por los 1200 embalses construidos, que eleva a 53.000 hectómetros cúbicos la cantidad teórica utilizable.

Las necesidades de la población (regadío, consumo urbano e industrial) suman unos 31.000 hectómetros cúbicos anuales. La correcta gestión de los embalses resulta, pues, clave para garantizar la calidad y la disponibilidad del agua. ¿Somos conscientes de la importancia de este recurso? En 2008, tres de los principales diarios españoles dedicaron a los embalses más de 900 artículos (un incremento del 70 por ciento respecto a 2004).

Un primer análisis de los titulares podría hacernos pensar que la mayoría de los artículos se centra en el período de sequía que sufrimos en 2005 y el consiguiente descenso de las reservas hídricas. Sin embargo, una lectura más detenida muestra que esa sequía hizo aflorar la preocupación por la calidad de las aguas represadas y por los conflictos entre las entidades gestoras de los embalses y los usuarios.

El conocimiento profundo del recurso parece prioritario en la gestión adecuada del mismo. Sin embargo, hasta hace poco importaban sólo los parámetros físicos y de caudal del agua embalsada: cuánta agua hay y cuánta se necesita. Bastaba esa información para obtener los máximos rendimientos de

producción hidroeléctrica o de caudal para riego o consumo humano.

Desde los años sesenta, el uso extendido de detergentes con fosfatos provocó la llegada a las aguas continentales de gran cantidad de fósforo, que provocó episodios de eutrofización (incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces que produce un exceso de fitoplankton). La abundancia de fósforo desequilibró los balances de nutrientes, lo que provocó la proliferación excesiva de algas y de otros problemas asociados (anoxia, mortandad de peces, aparición de algas tóxicas, malos olores, etcétera). Se había olvidado un aspecto básico de toda masa de agua, que constituye un sistema vivo y complejo, de cuyo buen funcionamiento depende en buena medida la calidad del agua embalsada. Fue la primera señal de que algo se estaba haciendo mal. Pronto aumentó el interés por ahondar en la biología de esos sistemas.

Biología de los embalses

Se crearon herramientas para evaluar el estado ecológico de un sistema acuático. Unas de las más utilizadas y aceptadas fueron los índices de estado trófico, que se basaban en diversos parámetros: concentración de fósforo, cantidad de clorofila, transparencia, cantidad de oxígeno disuelto y otros, relacionados con la actividad de los organismos. Los valores obtenidos se transformaban mediante ciertas ecuaciones, para combinarse luego en un valor



que reflejaba el estado trófico de la masa de agua. Esa información permitía aconsejar a los gestores la adopción de medidas que mejorasen la calidad de las aguas.

Hasta fecha reciente, la falta de recursos o el desinterés dejaron en el olvido a muchos de nuestros embalses. La mayoría de ellos no se estudiaron desde el punto de vista biológico con la frecuencia e intensidad requeridas. La entrada en la Unión Europea y la posterior vigencia de una legislación específica sobre el agua brindaron la oportunidad de enmendar esa carencia.

En el año 2000 entró en vigor la “Directiva Marco del Agua” (DMA), que reconoce la necesidad de valorar el estado ecológico de todas las masas de agua y mejorarlo. Entre las herramientas a utilizar, los protocolos para

determinar el índice que permita conocer el estado de nuestros embalses. A semejanza de esos primeros índices de eutrofia, el índice propuesto en la DMA resume en un valor la información física, química y biológica de un embalse.

Durante el verano y otoño de 2002, y el invierno y la primavera de 2003, se estudiaron 21 de los mayores embalses situados en las cuencas hidrográficas del noreste de la península Ibérica. Con el fin de conocer las características físicas, químicas y biológicas de las presas, se seleccionó un punto representativo en cada una, donde se realizaron perfiles físico-químicos (medidas metro a metro entre la superficie y el fondo) y se recogieron muestras biológicas (zooplankton, fitoplancton y pigmentos algales). En la mayoría, se rea-

1. EL EMBALSE DE SANTA FE (Parque Natural del Montseny, Barcelona) es el único embalse distrófico de este estudio.

Su cuenca, densamente poblada de árboles de hoja caduca, aporta mayor cantidad de materia orgánica de la que el sistema puede procesar.

2. CLASIFICACION DE LOS EMBALSES. Los embalses que reciben aportes de cuencas hidrográficas muy extensas se agrupan en el tipo V; los embalses con cuencas intensamente humanizadas corresponden al tipo VI. En estos embalses (V y VI) es donde resulta más problemática la gestión de la calidad ecológica.

ALTITUD					
> 815 m			< 815 m		
VOLUMEN		DISTANCIA DE LA COSTA			
> 20 hm	< 20 hm	< 25 km	> 25 km		
			CONCENTRACION DE CLORUROS		
			< 40 ppm	> 40 ppm	
SUPERFICIE DE CUENCA					
> 10 ³ km ²		< 10 ³ km ²			
Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI

lizaron, además, pescas eléctricas y con red, que permitieron caracterizar y cuantificar las poblaciones piscícolas.

Clasificación

Para facilitar la gestión de los recursos hídricos, se propuso una clasificación de los embalses. ¿Cuáles debían ser los criterios? ¿Físicos? ¿Químicos? ¿Morfométricos? Se dio por supuesto que el hombre constituía el principal factor de incidencia en el estado de un embalse. Y se agruparon según los factores que más condicionaban la calidad ecológica: en los de cuenca enorme resulta clave controlar las entradas difusas de nutrientes; en los embalses costeros, en cambio, destaca la presión que ejercen las áreas cercanas, densamente pobladas.

Los investigadores seleccionaron las variables que permitían una segregación de los

embalses de acuerdo con la altitud, el volumen máximo, la distancia de la costa, la concentración de cloruros y la superficie de la cuenca. Asimismo, se decidieron los valores umbral para cada una de esas variables, de modo que pudieran agruparse, mediante una selección dicotómica, los embalses en tipos.

El potencial ecológico

Una vez definidos los grupos, se seleccionaron las variables físicas, químicas y biológicas que debían estudiarse para conocer el estado ecológico de los embalses. Al tratarse de sistemas artificiales, la DMA propuso la expresión “potencial ecológico” para diferenciarlo del “estado ecológico”, que se utiliza para masas de agua naturales. Dicho potencial se establece mediante un índice que integra elementos de calidad biológica, hidromorfológica, química

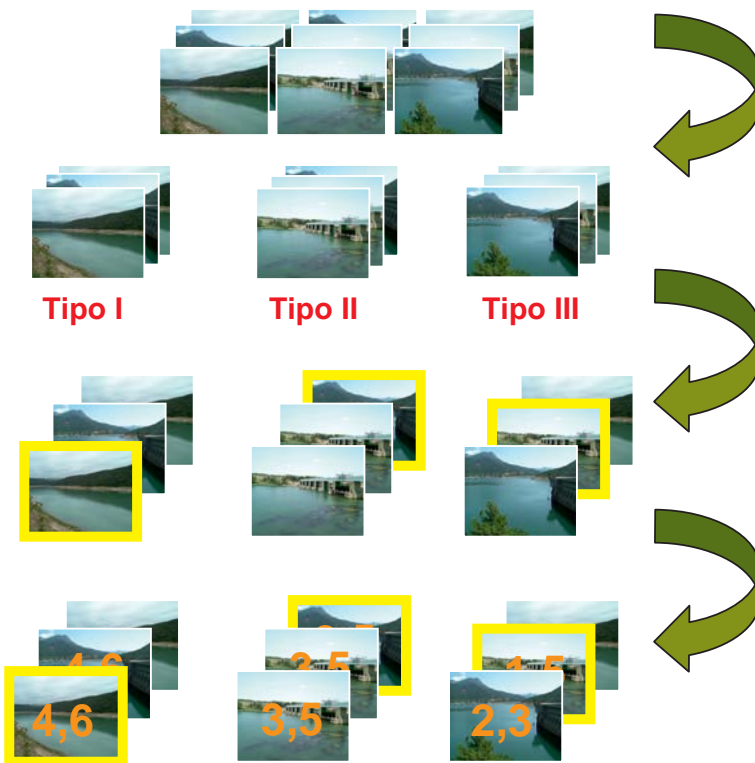
3. EL EMBALSE DE FLIX (Tarragona), en el tramo bajo del Ebro, ha sufrido durante más de un siglo una acumulación notable de residuos. En la actualidad se está elaborando un proyecto de descontaminación.



ENRIQUE NAVARRO, EMILI GARCIA BERTHOU Y JOAN ARMENGOL

MAPA DE CALIDAD ECOLOGICA

Las condiciones y el entorno de los sistemas hídricos varían mucho de una zona a otra. Por tanto, no tendría sentido basar en una única escala numérica absoluta la calificación de todos los embalses del planeta. En lugar de ello, la Directiva Marco del Agua indica que debe utilizarse un patrón propio para cada zona. El esquema siguiente muestra el proceso mediante el cual se determina el Ratio de Calidad Ecológica de los embalses de una región.

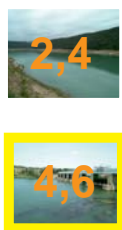


1. Se analizan las características morfométricas de todos los embalses y su cuenca. Ello permite definir los **tipos** en que quedarán clasificados.

2. Se estudian las características físicas, químicas y biológicas. Se selecciona luego, para cada tipo, el embalse que por la buena calidad de sus aguas servirá de **referente** (*amarillo*) para el resto.

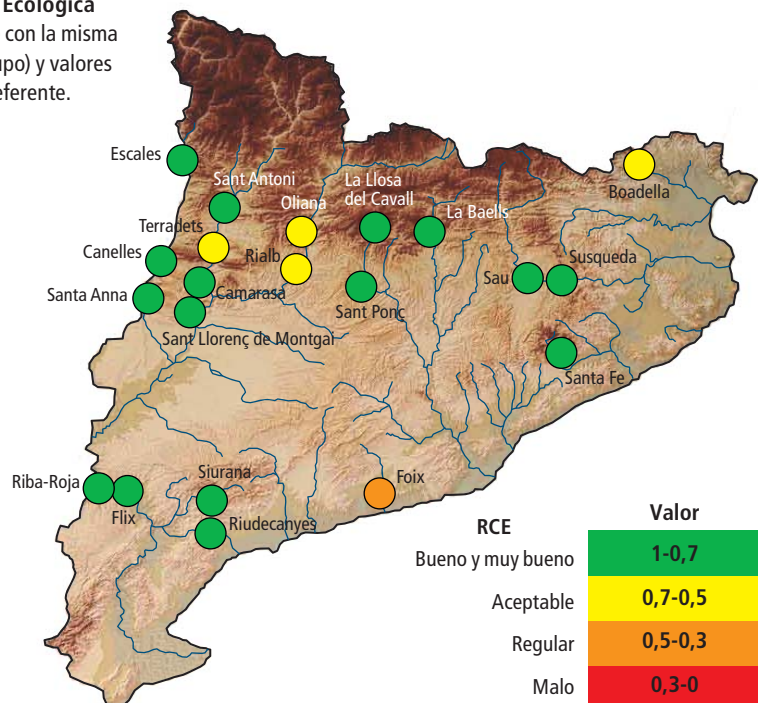
3. Se seleccionan las variables que se utilizarán para el cálculo del **Índice de Potencial Ecológico** (IPE, *naranja*) y se aplican los algoritmos que permitirán integrar la información de todas las variables en un valor. Este valor oscila entre 5 (embalses con una calidad excelente) y 0 (embalses contaminados).

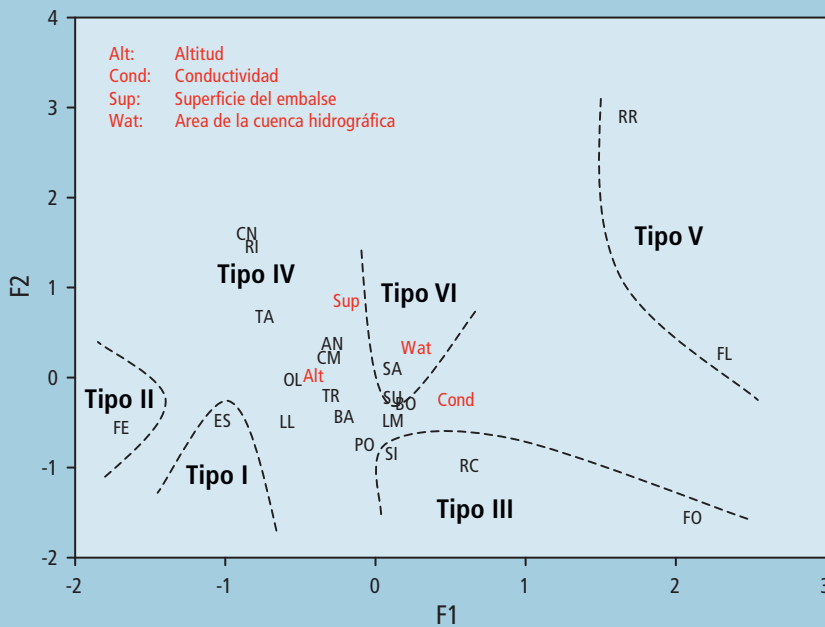
4. Se compara el IPE de cada embalse con el de su referente. Se obtiene un **Ratio de Calidad Ecológica** (RCE, *verde*). El RCE oscila entre 1 (embalse con la misma calidad ecológica que el referente de su grupo) y valores inferiores a 1, conforme nos alejamos del referente.



0,52 RCE

5. Se aplica el código normativo de colores para las categorías del RCE y se representan en un mapa. (El color azul utilizado para señalar la máxima calidad ecológica en otros sistemas naturales no se usa aquí, pues nos ocupamos de sistemas artificiales.)





EMBALSES

BA La Baells	LL La Llosa del Cavall	AN Santa Ana
BO Boadella	OL Oliana	FE Santa Fe
CM Camarasa	RI Rialb	SA Sau
CN Canelles	RR Riba-Roja	SI Siurana
ES Escales	RC Riudecanyes	SU Susqueda
FL Flix	LM Sant Llorenç de Montgai	TA Talarn
FO Foix	PO Sant Ponç	TR Terradets

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

Mediante un conjunto de variables (*rojo*) se compone un espacio bidimensional donde se ordenan los embalses. La proximidad de un embalse a cualquiera de las variables denota el peso que ésta tiene en la posición de cada uno. La variación total explicada por los dos ejes (composición lineal de todas las variables) es del 79,8 por ciento, lo que significa que la posición de un embalse (su clasificación en un tipo u otro) puede atribuirse en casi un 80 por ciento a las variables seleccionadas en el análisis.

Los tipos I y II corresponden a presas de alta montaña. El único componente del Tipo I es un embalse oligotrófico. El del Tipo II, eutrófico; esta eutrofia natural está provocada por la gran masa de materia vegetal que sedimenta en su vaso, ya que su cuenca es básicamente caducifolia. El Tipo III incluye embalses cercanos a la costa, con elevada concentración de cloruros (alta conductividad), tamaño notable y cuencas agrícolas. Los Tipos V (en el Ebro) y VI (en el Ter) poseen las mayores cuencas hidrográficas; ello resultará clave a la hora de mejorar la calidad de sus aguas. El resto de los embalses (Tipo IV) son de tamaño medio, se encuentran en regiones de media y baja montaña y el uso del suelo en sus cuencas es mixto, con predominancia de la agricultura.

y físico-química. Índice que servirá para establecer comparaciones entre sistemas o para conocer la evolución temporal de un sistema concreto.

Un índice aplicado ampliamente por los expertos en limnología es el de estado trófico de Carlson (TSI, de "Trophic State Index"). El TSI calcula el estado trófico de un sistema acuático a partir de tres variables: concentración de clorofila, profundidad de visión del disco de Secchi (que mide la transparencia del agua) y concentración de oxígeno. Para la determinación del potencial ecológico se seleccionaron esas tres variables y otros parámetros de interés.

Los pantanos constituyen medios propicios para el desarrollo de crecimientos masivos de ciertas algas (algunas cianofíceas) que pueden tener graves efectos sobre la salud humana y del ganado. Por ello, uno de los parámetros propuestos fue la cantidad de estos organismos, que se valora a partir de la concentración de sus pigmentos específicos. Dado que la producción de biomasa en ese medio viene condicionada por la concentración de fósforo, se consideró su presencia. También los datos de las comunidades piscícolas contribuyeron a la determinación del potencial ecológico: por ejemplo, la cantidad de carpas (*Cyprinus*

carpio, pez omnívoro asociado a aguas de calidad media y baja).

Una vez decididas las variables, se estableció una correspondencia entre sus valores reales y la categoría de calidad (de mala a muy buena). Estas categorías son modificaciones de las del índice TSI (disco de Secchi, oxígeno y clorofila total), de las guías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (concentración de fósforo) y de las tablas de la Organización Mundial de la Salud para aguas recreacionales (cianofíceas). Para los peces, se analizaron las escalas del RFAI ("Reservoir Fish Assemblage Index") de la Autoridad del Valle de Tennessee, pero finalmente se seleccionaron métricas relacionadas con la abundancia de carpas. Las categorías de calidad varían según el tipo de pantano: una concentración de clorofila total de 4 miligramos por metro cúbico será "aceptable" para un embalse de tipo I, II, III o IV pero "muy buena" para un embalse de tipo VI.

Después de transformar el valor real de la variable en un valor comprendido entre 1 (malo) y 5 (muy bueno), se aplicaron los algoritmos descritos en la DMA para obtener el Índice de Potencial Ecológico.

Se decidió también en qué momento del año resultaba más conveniente el estudio del

Los autores

Enrique Navarro es investigador del Instituto Pirenaico de Ecología del CSIC, ecólogo y ecotoxicólogo acuático. **Joan Armengol** es catedrático de ecología de la Universidad de Barcelona y especialista en ecología de embalses. **Emili García-Berthou** es profesor de ecología de la Universidad de Girona. Centra su investigación en peces continentales.

potencial ecológico. En el caso que nos ocupa se recomendó el control de las variables durante el verano. Los embalses, igual que los lagos de nuestras latitudes, presentan un marcado ciclo estacional. Desde finales de otoño hasta principios de primavera, se produce una mezcla vertical de las capas de aguas superficiales y las profundas, que hace que los nutrientes acumulados en las profundidades se transporten cerca de la superficie, donde las algas los utilizan para generar biomasa. Tras el crecimiento algal de la primavera, llega el verano, que supone la entrada de grandes cantidades de calor en las capas superficiales de agua (epilimnion), lo que reduce su densidad en comparación con las frías capas profundas (hipolimnion).

Llega un momento en que se establece una zona que separa las aguas superficiales, menos densas, de las profundas, más densas. Esa capa, la termoclina, limita el movimiento vertical de los organismos y la difusión del oxígeno y otras sustancias disueltas. Durante esa época, si las cantidades de biomasa generada durante la primavera son excesivas, el oxígeno acumulado en el hipolimnion será consumido por la descomposición de la biomasa. La reducción del oxígeno del hipolimnion se denomina déficit hipolimnético; constituye una medida de la cantidad de materia orgánica que ha sido reciclada. Valores bajos o nulos de este parámetro dan paso a la formación de iones reducidos, amonio, sulfhídrico, metano y metales pesados disueltos; ello hace disminuir la calidad del agua y puede dar lugar a mortandades de peces cuando se producen episodios de mezcla.

Ratio de calidad ecológica

Hasta la fecha, la mayoría de los índices de calidad de agua se basaban en escalas numéricas absolutas, calibradas para las regiones o sistemas que sirvieron de modelo para el desarrollo de los mismos. Imaginemos ahora la situación de la península Ibérica, con clima mediterráneo y condiciones de semiaridez y comparémosla con algún país báltico, donde las precipitaciones de lluvia y nieve proporcionan gran cantidad de recursos hídricos de buena calidad. ¿Tendría sentido utilizar el mismo criterio para calificar la calidad de un embalse situado en uno de esos países y otro español? Evidentemente, no.

Debe hallarse otro modo de clasificar la calidad del agua, sin que sea necesario referirse a una escala absoluta. La solución: utilizar un patrón propio para cada región. Y eso es exactamente lo que se indica en la Directiva Marco del Agua. Para conocer cuál será el estado ecológico de un embalse, compararemos su potencial ecológico con el potencial de la masa de agua que sirve de referencia al grupo al cual pertenece. El resultado de esta comparación es el ratio de calidad ecológica (RCE).

A una masa de agua similar en todo a la masa de agua de referencia le corresponderá un ratio de calidad ecológica de 1. Conforme nos alejemos de ese valor, mayor será la degradación del sistema y mayor el número de medidas correctivas necesarias para llegar a su estado óptimo.

Entre el 0 y el 1 se han establecido cuatro categorías de estado ecológico: malo (por debajo de 0,3), regular (hasta 0,5), aceptable

FACTORES QUE DETERMINAN EL POTENCIAL ECOLOGICO

	Elementos de calidad	Parámetros
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Clorofila A total
		Clorofila A de cianófitos
	Composición, abundancia y edad de la fauna piscícola	Anomalías
		Carpa litoral (abundancia y porcentaje)
		Carpa limnética (abundancia y porcentaje)
Físico-químicos	Transparencia	Disco de Secchi
	Condiciones de oxigenación	Oxígeno hipolimnético
	Condiciones de nutrientes	Fósforo total



4. EL EMBALSE DE LA BAEELS (Barcelona) se halla en el tramo alto del río Llobregat. Durante largo tiempo fue un lugar indicado para la pesca de diversas especies (trucha, lucio, lucioperca y carpa). La introducción del siluro ha provocado la desaparición de algunas de esas especies.



5. EL ALBURNO (*Alburnus alburnus*) es uno de los peces más frecuentes y abundantes en los pantanos españoles. Se trata de un ciprínido europeo, introducido durante los últimos años en los ríos ibéricos.

sido necesario clasificarlo en su propio tipo, el II, y, además, proponerlo como referente.

La situación es muy distinta en Flix y Riba-Roja. Estos embalses forman parte del sistema triple Mequinenza/Riba-Roja/Flix. Mequinenza retiene buena parte del fósforo. Riba-Roja recibe, además, los aportes de aguas relativamente limpias de los ríos Segre y Cinca. Así, cuando las aguas llegan a Flix (el menor de los tres en capacidad, de ahí el bajo tiempo de retención), su calidad es bastante buena para tratarse de un embalse próximo a la desembocadura del Ebro, uno de los principales ríos de la península. El pantano de Siurana se halla cerca de la costa, en una cuenca agrícola aunque con una baja densidad de población. Constituye el referente de su tipo, por lo que presenta una RCE de 1.

Diez embalses entran en la categoría de “buenos”: los situados en ríos cuya cuenca soporta una densidad de población baja (Camarasa, La Baells, Boadella, Santa Ana, Sant Antoni y Sant Ponç), los que se encuentran en tramos altos de ríos (La Llosa del Cavall), los que tienen cuencas pequeñas (Siurana) y los que guardan semejanza con el modelo referente.

Este punto requiere una aclaración. Entre los pantanos mejor estudiados de España se encuentran los de Sau y Susqueda, monitorizados desde hace más de 45 años. Estos embalses se hallan en el tramo medio de la cuenca del río Ter, que sufre una intensa actividad industrial, agrícola y ganadera.

Hace unos años comenzó la implantación de un plan general de saneamiento y depuración de las aguas residuales en la cuenca del Ter; ello ha provocado un descenso en la carga de nutrientes aportada, que se ha traducido en una mejoría notable de ambos embalses. Para esos dos embalses (de tipo V) se ha creado un modelo experto de referencia. El modelo presenta valores esperables para Sau y Susqueda, que podrán alcanzarse durante los próximos años gracias a la ejecución del plan de saneamiento antes citado.

Necesitan mejorar

Los embalses que deben mejorar antes de 2015 forman un grupo de cinco. En esta categoría encontramos el de Rialb, que se halla todavía en proceso de “digestión” de la materia orgánica. Los embalses de reciente creación y que se encuentran en sus primeras fases de llenado deben descomponer toda la materia orgánica

(hasta 0,7), bueno y muy bueno (por encima de 0,7). Al llegar el 2015, salvo excepciones justificadas, todas las masas de agua deberán encontrarse en la categoría superior o, lo que es lo mismo, en un valor de RCE igual o superior 0,7.

Progresan adecuadamente

Seis de los embalses estudiados presentan un ratio de calidad ecológica “muy bueno”. Escales y Canelles son embalses con aguas limpias, que reciben de ríos cercanos al Pirineo, situados en cuencas con una baja densidad de población. Los otros tres son embalses con ciertas particularidades. Santa Fe del Montseny presenta un caso de distrofia. Aunque se halla en una zona montañosa (sin impacto humano), recibe una enorme carga de hojas de la cuenca caducifolia del río que lo alimenta; su tamaño reducido y las bajas temperaturas del agua favorecen la acumulación de biomasa en el fondo, que constantemente libera nutrientes. Dado que no es posible mejorar su estado ecológico (a menos que nos planteemos cambiar el bosque que lo rodea o eliminar la presa), ha

6. FOIX (Tarragona) es uno de los embalses en peor estado, debido a las elevadas cargas de nutrientes que aportan las aguas del río Foix y a la proliferación de algas tóxicas. El castillo de Castellet (s. X) domina el paisaje.



(vegetal) que ha quedado sumergida bajo sus aguas. Este proceso provoca un incremento de la cantidad de nutrientes disponibles en sus aguas y conduce a un estado que no se corresponde con la buena calidad de las aguas de los ríos que los alimentan. Es de esperar que esos pantanos mejoren sin intervención directa.

Otro embalse que, pese a hallarse en tramos superiores de un río, presenta una calidad “aceptable”, es el de Oliana. Recibe aportes de aguas residuales insuficientemente tratadas, lo que explica su estado trófico. Sólo un pantano merece la calificación de “regular”: el de Foix. Se trata de un embalse hipereutrófico, con valores elevadísimos de clorofila y abundantes episodios de anoxia pese a su reducida profundidad. Sus problemas se deben a la intensa actividad agrícola que se lleva a cabo en su cuenca y a la llegada de aguas residuales poco tratadas.

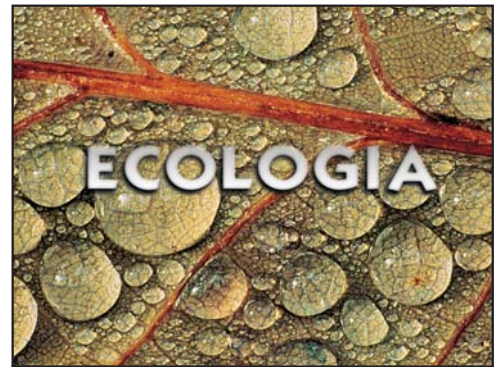
Conclusiones

Dado que la inclusión de un embalse en uno u otro tipo podía alterar los objetivos de calidad que deben alcanzarse en el grupo en cuestión, la creación de los tipos constituyó un punto básico de este estudio. Si el embalse de referencia fuera mucho mejor que el resto del grupo, los objetivos de mejora de la calidad serían inalcanzables en el plazo de tiempo que indica la Directiva, lo que además acarrearía costes sociales, económicos y ambientales intolerables para las cuencas afectadas. De ahí que las presas más afectadas por la actividad humana y con cuencas hidrográficas grandes o muy grandes se hayan clasificado en grupos aparte.

El uso de índices implica siempre un compromiso entre la información que recogen y la que descartan, por lo que debemos asumir desde el inicio sus limitaciones. Con todo, dada la magnitud del trabajo al que se enfrentan las administraciones, se impone su uso. Un punto básico será la selección adecuada de parámetros fiables y fáciles de obtener, que reflejen el estado general del sistema. Otro punto importante será la intercalibración de esos índices entre los países de la Unión Europea.

El sistema propuesto por la Directiva, sin ser una solución absoluta al problema del agua, armonizará el trabajo de catalogación y control de todas las masas de agua europeas, lo que permitirá mejorar la protección y gestión de este limitado recurso del que tan mal uso hacemos.

Los autores quieren agradecer a las siguientes personas su colaboración durante el proyecto: M. Bacardí, L. Benejam, L. Caputo, J. Carol, C. Feijoo, M. A. Gallegos, M. Grannell, J. Ordoñez e I. Reyes.



INVESTIGACION Y CIENCIA

ha publicado sobre el tema, entre otros, los siguientes artículos:

Los mercados del carbono,
de D. G. Victor y D. Cullenward
Febrero 2008

Dinámica de los casquetes glaciales,
de Robin E. Bell
Abril 2008

Recuperación del mar de Aral,
de P. Micklin y N. V. Aladin
Junio 2008

Dunas costeras,
de M.^a Luisa Martínez
Agosto 2008

Redes mutualistas de especies,
de Jordi Bascompte y Pedro Jordano
Septiembre 2008

Escudos contra la radiación solar,
de Robert Kunzig
Febrero 2009

Crisis alimentarias: ¿Una amenaza para la civilización?,
de Lester R. Brown
Julio 2009

La crisis del fósforo,
de David A. Vaccari
Agosto 2009

Los límites del crecimiento tras el cenit del petróleo,
de Charles A. S. Hall y John W. Day, Jr.
Octubre 2009

Bibliografía complementaria

LIMNOLOGIA DE LOS EMBALSES ESPAÑOLES. R. Margalef, D. Planas, J. Armengol, A. Vidal, N. Prat, A. Guiset, J. Toja y M. Estrada. Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPU; Madrid, 1976.

LIMNOLOGIA. R. Margalef. Ed. Omega; Barcelona, 1983.

THE EFFECTS OF LIMNOLOGICAL FEATURES ON FISH ASSEMBLAGES OF 14 SPANISH RESERVOIRS. J. Carol, L. Benejam, C. Alcaraz, A. Vila-Gispert, L. Zamora, E. Navarro, J. Armengol, E. García-Berthou en *Ecology Of Freshwater Fish*, vol. 15, págs. 66-77; 2006.

ECOLOGICAL CLASSIFICATION OF A SET OF MEDITERRANEAN RESERVOIRS APPLYING THE EU WATER FRAMEWORK DIRECTIVE: A REASONABLE COMPROMISE BETWEEN SCIENCE AND MANAGEMENT. E. Navarro, L. Caputo, R. Marçé, J. Carol, L. Benejam, E. García-Berthou y J. Armengol en *Lake and Reservoir Management*, vol. 25, n.º 4, págs. 364-376; 2009.



Prensa Científica, S.A.