Batimetrías de lagos aragoneses

Cristina PINTOR RUANO *
José Ángel LOSADA GARCÍA *
Rosa CASANOVAS I BERENGUER **

* Confederación Hidrográfica del Ebro. Paseo de Sagasta, n.º 24-28. E-50071 Zaragoza. España.
** URS C/ Urgell, nº 143. 08036. Barcelona. España.

Introducción

La Directiva Marco de las Aguas (DMA 2000/60/CE) está suponiendo un impulso muy importante para el avance de los estudios sobre el medio hídrico. Con el objetivo de mejorar la calidad del medio acuático esta directiva ha ampliado el concepto tradicional de calidad y actualizado la metodología utilizada para su evaluación. Así, se ha introducido el concepto de «estado ecológico» para valorar la situación de una masa de agua. Ahora el estado químico, determinado por el análisis de parámetros físico-químicos, se ve complementado con el uso de índices biológicos e hidromorfológicos.

Los índices biológicos se basan en la capacidad de respuesta a determinadas presiones de algunos organismos como peces, macroinvertebrados, macrófitos o diatomeas, mientras que los índices hidromorfológicos tienen en cuenta la geomorfología y el comportamiento hidrológico de las masas de agua. El estado

Foto: Rosa Casanovas.

Figura 1. Imagen de la embarcación neumática con la que se ha realizado la toma de datos de profundidad de los lagos (Estany de Neriolo).

químico y el estado ecológico usados de forma conjunta proporcionan una mejor comprensión del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Toda esta información nos ayuda a evaluar de forma más certera la situación actual en que se encuentran nuestros ríos, lagos y embalses, pero también nos indica sobre qué presiones e impactos debemos actuar para alcanzar el buen estado de las masas de agua antes de 2015, primer horizonte de la DMA.

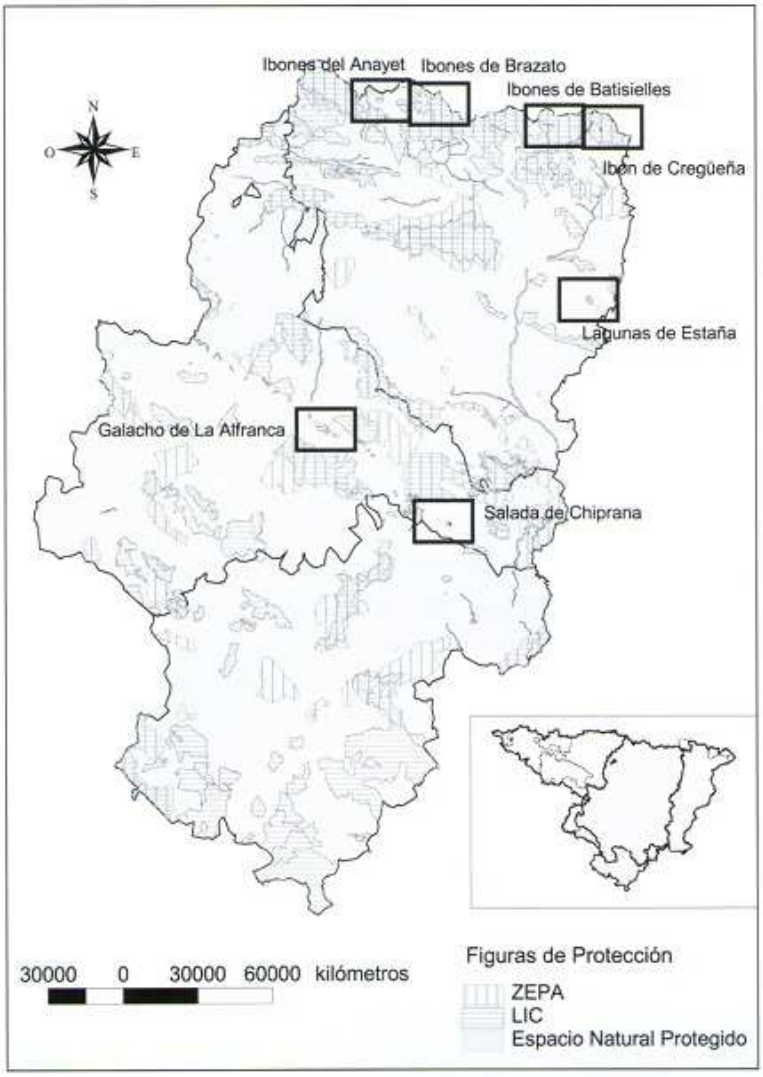

Figura 2. Mapa de localización de los lagos cuyas batimetrías se presentan en este artículo.

En el caso de los lagos, la implantación de la DMA ha traído consigo la realización de numerosos estudios en la cuenca del Ebro, encaminados a caracterizarlos bajo esta nueva perspectiva.

Previamente a la llegada de esta directiva, el Ministerio de Medio Ambiente realizó un inventario de las zonas húmedas a nivel nacional (*Estudio de las Zonas Húmedas de la España Peninsular. Tipificación e Inventario*, 1990), que fue actualizado en 1996 (*Actualización del Inventario de Zonas Húmedas. Banco de Datos*). La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) por su parte ha continuado con esta actualización y en la actualidad hay catalogados más de 1.100 humedales en la cuenca del Ebro.

Pero no todos los humedales incluidos en este catálogo entran en el ámbito de acción de la DMA, por lo que se debió realizar una selección de aquellos que se pueden considerar «masa de agua» según esta directiva (C.H.E., 2006). Se escogieron los que cumplieran los siguientes criterios:

- La superficie del lago o humedal superaba las 50 ha
- Lagos o humedales cuya superficie, aun siendo inferior a 50 ha, era superior a 8 ha y la profundidad era superior a 3 m.
- También se seleccionaron lagos o humedales que presentaban especial interés y significación, como espacios incluidos en la Lista RAMSAR y espacios declarados Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) o Lugar de Interés Comunitario (LIC).

Con esta metodología se han identificado, hasta el momento, 114 masas de agua de la categoría lago.

Una vez establecidas las masas de agua «tipo lago» se procedió a clasificarlas en grupos con características semejantes. Para ello se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Índice de humedad
- Altitud
- Origen
- Régimen de aportación
- Hidroperiodo
- Tamaño
- Profundidad
- Conductividad
- Alcalinidad

En el trabajo realizado por (CEDEX, 2008) para clasificar los lagos españoles se identificaron 30 categorías de las que sólo 16 están presentes en la cuenca del Ebro.

Como ya hemos dicho uno de los objetivos principales de la DMA es que las masas de agua alcancen el buen estado para el año 2015, para ello antes se debe determinar cual es su estado actual. Esta determinación debe hacerse por comparación de su presente estado con un estado ideal o de referencia, definido como aquel que se encuentra en masas de agua prístinas o prácticamente inalteradas. Para cada tipo de masa perte-

Foto: J. San Román.

Figura 3a. Ibón de Cregüeña.

neciente a la categoría de lago se seleccionaron 1 o más lagos de referencia que cumplían la condición de ser un ecosistema lacustre inalterado o poco afectado por la acción humana, con ellos se formó la Red de Control de Referencia, compuesta por 20 lagos. De estos 20 lagos, 10 se encuentran en Aragón (Ibón Grande y la Aigüeta de Batisielles, los Ibones altos e inferior de Brazato, el Ibón de Anayet, el Ibón de Astún, el Estanque Grande de Estaña, las lagunas de Gallocanta, de Guialguerrero y la Salada de Chiprana).

Con el objetivo de realizar el seguimiento del estado de los lagos de la cuenca se establecieron las Redes de Control Operativo y de Vigilancia. La Red de Control Operativo, incluye los lagos con riesgo de no alcanzar en 2015 el buen estado y está formada por 20 lagos. La de Vigilancia está constituida por 40 lagos que representan las distintas tipologías de la cuenca. Un lago puede pertenecer a más de una red.

Desde el año 2007 se realiza el muestreo

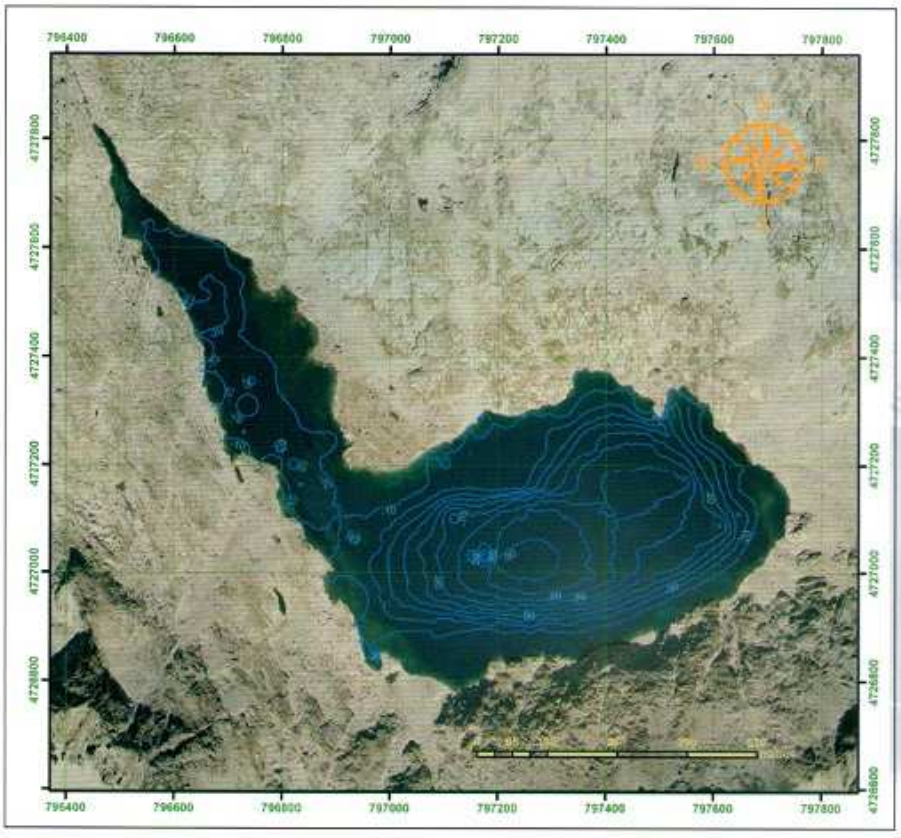

Figura 3b. Batimetría del Ibón de Cregüeña.

Tabla I. Tipologías y características de los lagos. (Datos de 2008.)*

Nombre del lago	Tipología (nº)	Nombre tipología	Altitud (msnm)	Profundidad Máx. (m)	Superficie (ha)	Capacidad (hm^3)	Tiempo de Permanencia del agua (meses)
Ibón de Cregüeña *	1	Alta montaña, septentrional, profundo, aguas ácidas	2630	96,9	45,4	13,90	43
Ibón Grande de Batisielles	1	Alta montaña, septentrional, profundo, aguas ácidas	2196	12,6	2,5	0,19	1
Ibón de l'Aigüeta de Batisielles	3	Alta montaña, septentrional, poco profundos, aguas ácidas	2214	8,7	0,4	0,04	0,7
Ibón Inferior de Brazato	1	Alta montaña, septentrional, profundo, aguas ácidas	2270	19,2	5,0	0,22	10
Embalse de Brazato	1	Alta montaña, septentrional, profundo, aguas ácidas	2357	23,9	21,0	1,30	7
Ibones Altos de Brazato	3	Alta montaña, septentrional, poco profundos, aguas ácidas	2470	9,2	3,3	0,10	4
Ibón de Anayet	3	Alta montaña, septentrional, poco profundos, aguas ácidas	2227	1,5	2,0	0,01	0,03
Estanque Grande de Estaña	15	Cárstico, evaporitas, hipogénico o mixto, pequeño	672	18,2	14,5	0,54	-
Salada de Chiprana	22	Interior en cuenca sedimentación, hipersalino, permanente	139	3,7		0,40	-
Galacho de La Alfranca	26	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo meandro abandonado	168	1,5	1,5	52,0	0,02

anual de los lagos pertenecientes a estas redes de control adquiriéndose datos sobre físico-química, hidrogeomorfología y biología de las 57 masas de agua seleccionadas para su seguimiento. Dentro de estos trabajos se han realizado las batimetrías de los lagos con el objetivo de conseguir una mejor caracterización de su funcionamiento hidrológico.

Batimetrías

Metodología

Durante los veranos de 2007 y 2008 y con el objetivo de calcular el volumen, el tiempo de residencia y la tasa de renovación del agua de los lagos pertenecientes a las Redes de Control se han realizado las batimetrías de dichos lagos.

Con la ayuda de embarcación neumática a remo se han realizado diversos transectos longitudinales y transversales, de modo que se cubriera, en la medida de lo posible, la superficie del lago. Su distribución y número se han establecido en función de las dimensiones de la masa de agua.

A lo largo de cada transecto se han ido tomando medidas de profundidad con profundímetro Hondex PS-7. Cada uno de los puntos de mediación se ha georreferenciado mediante sonda GPS Garmin e-trex-H. En el caso del ibón de Cregüeña todos los puntos de medida se han georreferenciado utilizando una ecosonda con GPS integrado (Garmin GPSMAP 520s). Con estos datos se han definido las morfometrías de cada lago.

El cálculo del volumen y del área de los lagos se ha realizado mediante un software de aplicación geoestadística (SURFER v. 7.00). Con este programa, y a partir de los datos obtenidos en los transectos, se han realizado los cálculos utilizando el modelo de interpolación *kriging* lineal.

Este modelo obtiene los volúmenes y las áreas mediante una combinación lineal ponderada de los valores de la profundidad en los diferentes puntos.

Para la realización de los fotoplanos que ilustran este artículo se han utilizado diversas herramientas de análisis propias de los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 9.2). En síntesis, el proceso ha sido el siguiente:

- Generación de una capa de puntos, para cada uno de los lagos, a partir de la información contenida en los ficheros obtenidos en los transectos de campo (coordenadas X e Y UTM y profundidad de cada uno de los puntos).
- Esas capas de puntos (distribución discreta de la variable profundidad) han sido interpoladas (método IDW: *Inverse Distance Weight*) para lograr una superficie *raster* con una distribución continua de la variable profundidad en cada uno de los puntos o celdas que definen la geometría de los lagos.
- A partir de cada una de las superficies *raster* anteriores, se han obtenido capas de isolíneas (*Contour*) de equidistancia variable en función de la distribución de valores de profundidad de cada lago.

Foto: J. San Román.

Figura 4a. Imagen del Ibón de Batisielles.

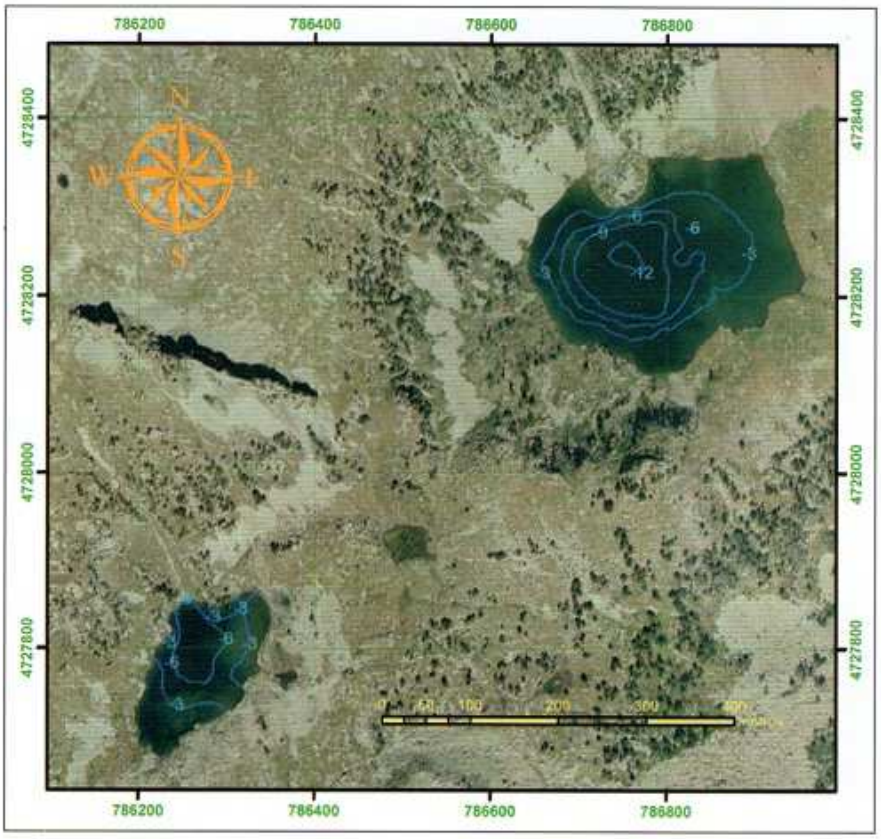

Figura 4b. Batimetría del Ibón Grande (parte superior derecha) y de la Aigüeta de Batisielles (abajo a la izquierda).

Estas capas de contornos han sido superpuestas, finalmente, a las ortofografías aéreas a color del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), obtenidas en 2006 y con una resolución espacial de 0,5 metros.

Resultados

Aunque los trabajos están todavía desarrollándose, se ha considerado oportuno adelantar en este artículo los primeros resultados sobre batimetrías de 10 lagos de la cuenca del Ebro situados en la Comunidad Autónoma de Aragón (fig. 2). Los lagos se han seleccionado por ser representativos de las tipologías más características de esta comunidad.

Ibón de Cregüeña

El Ibón de Cregüeña se encuentra en el Valle de Benasque (Huesca), dentro del Parque Natural de Posets-Maladeta. El área del parque también está declarada Lugar de Interés Comunitario y Zona de Especial Protección para las Aves. Además, este ibón ostenta la figura de Zona Húmeda de Importancia Nacional según la Ley 3/1994, de 23 de junio.

Una mirada a este lago y su entorno ya nos convencería de que todas estas figuras de protección son más que merecidas: el Ibón de Cregüeña destaca no solo por su belleza, enclavado en el macizo granítico de La Maladeta, sino también por la singularidad de ser el lago no represado más grande de los Pirineos. Además, sus casi 100 metros de profundidad, constituyen

Foto: J. San Román.

Figura 5a. Ibón del Salto de Agua, con el pico Anayet al fondo.

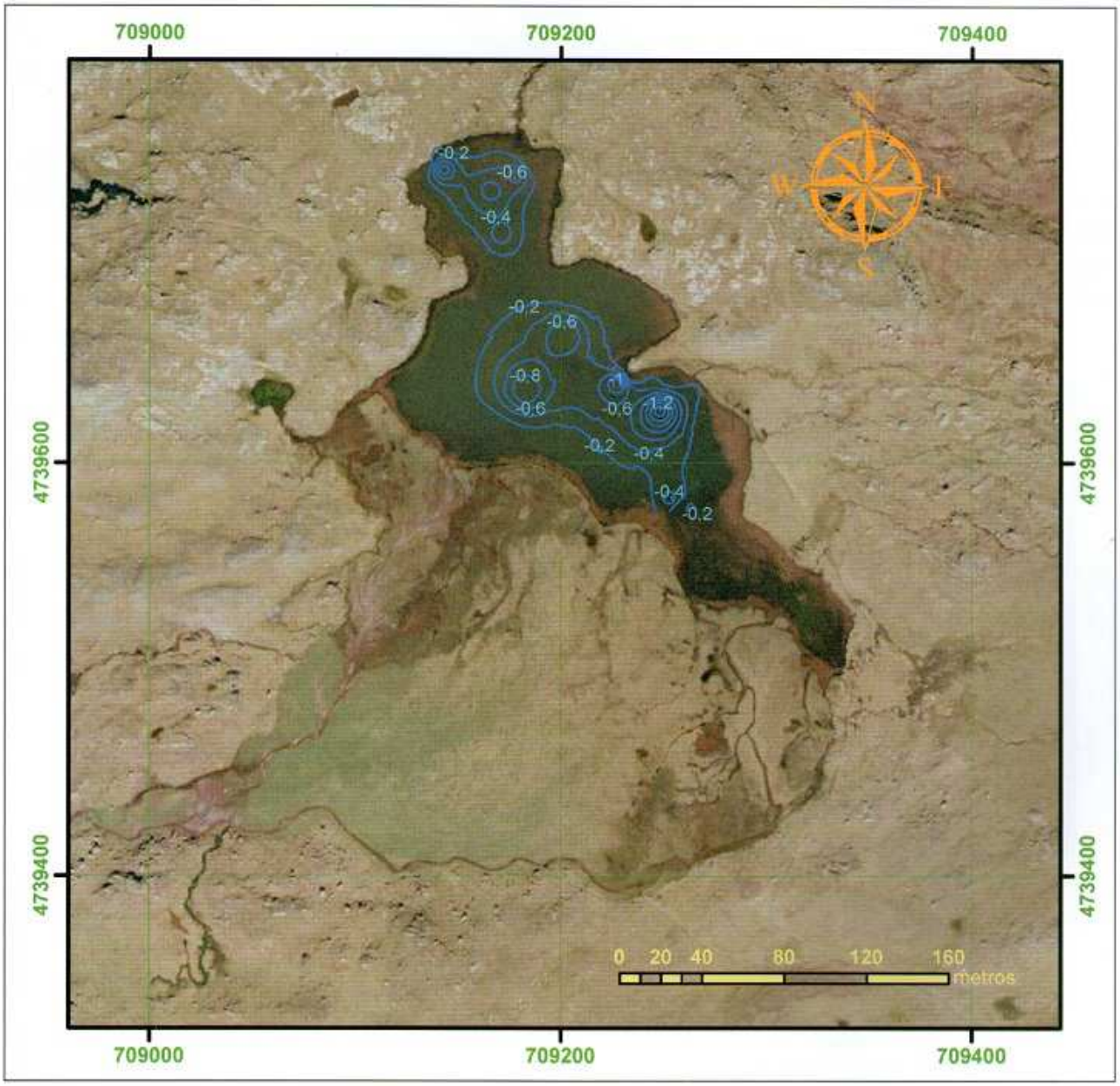

Figura 5b. Batimetría del Ibón del Salto del Agua, donde se aprecia la zona de turbera producida por la colmatación de la cubeta del lago.

Foto: J. San Román.

Figura 6a. Imagen de los Ibones de Brazato y su entorno.

otra peculiaridad remarcable que caracteriza este ecosistema acuático, condicionando su funcionamiento hidráulico y biológico. Sin duda es el mejor exponente de los lagos formados por la sobreexcavación glaciar.

El Ibón de Cregüeña se encuadra por sus características en la tipología de «Lago de alta montaña, septentrional, profundo, aguas ácidas», y debido a su buen estado de conservación pertenece a la Red de Referencia de Lagos de la CHE. Los datos sobre el Ibón de Cregüeña presentados en la tabla I y en la figura 3b corresponden al muestreo realizado en el verano de 2008.

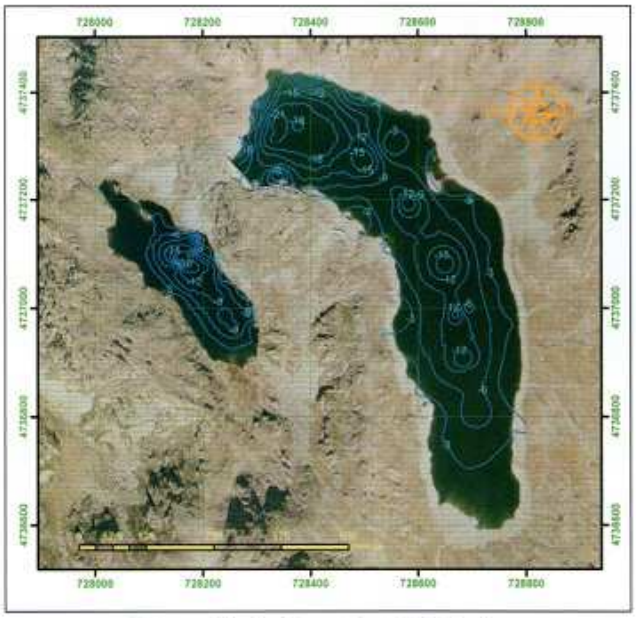

Figura 6b. Batimetrías del Embalse e Ibón Inferior de Brazato.

Figura 6c. Batimetría de Ibones Altos de Brazato.

Ibones de Batisielles

Bajo esta denominación se agrupan el Ibón Grande, el Ibonet y l'Aigüeta de Batisielles,

localizados también en el Parque Natural de Posets-Maladeta. Situados al pie de la Aguja de Perramó, en medio del denominado batolito granítico de Postes, se trata de uno de los conjuntos de lagos más visitados del Pirineo aragonés. Gran parte de su belleza se la deben a que se sitúan en el límite entre el piso forestal y el de prado alpino. Además, dentro de la sucesión de ibones, el primero de ellos, el Ibonet, está casi totalmente colmatado, habiéndose formado una amplia turbera salpicada de pinos negros.

En el verano del 2007 se muestrearon el Ibón Grande (Tipo 1) y l'Aigüeta de Batisielles (Tipo 3) para determinar su estado ecológico. Como parte de esos trabajos se realizó la batimetría que se puede observar en la figura 4b.

Foto: J. San Román.

Figura 7a. Imagen de las Lagunas de Estaña.

Ibón de Anayet

En los alrededores del Pico Anayet, una antigua chimenea volcánica compuesta por roca

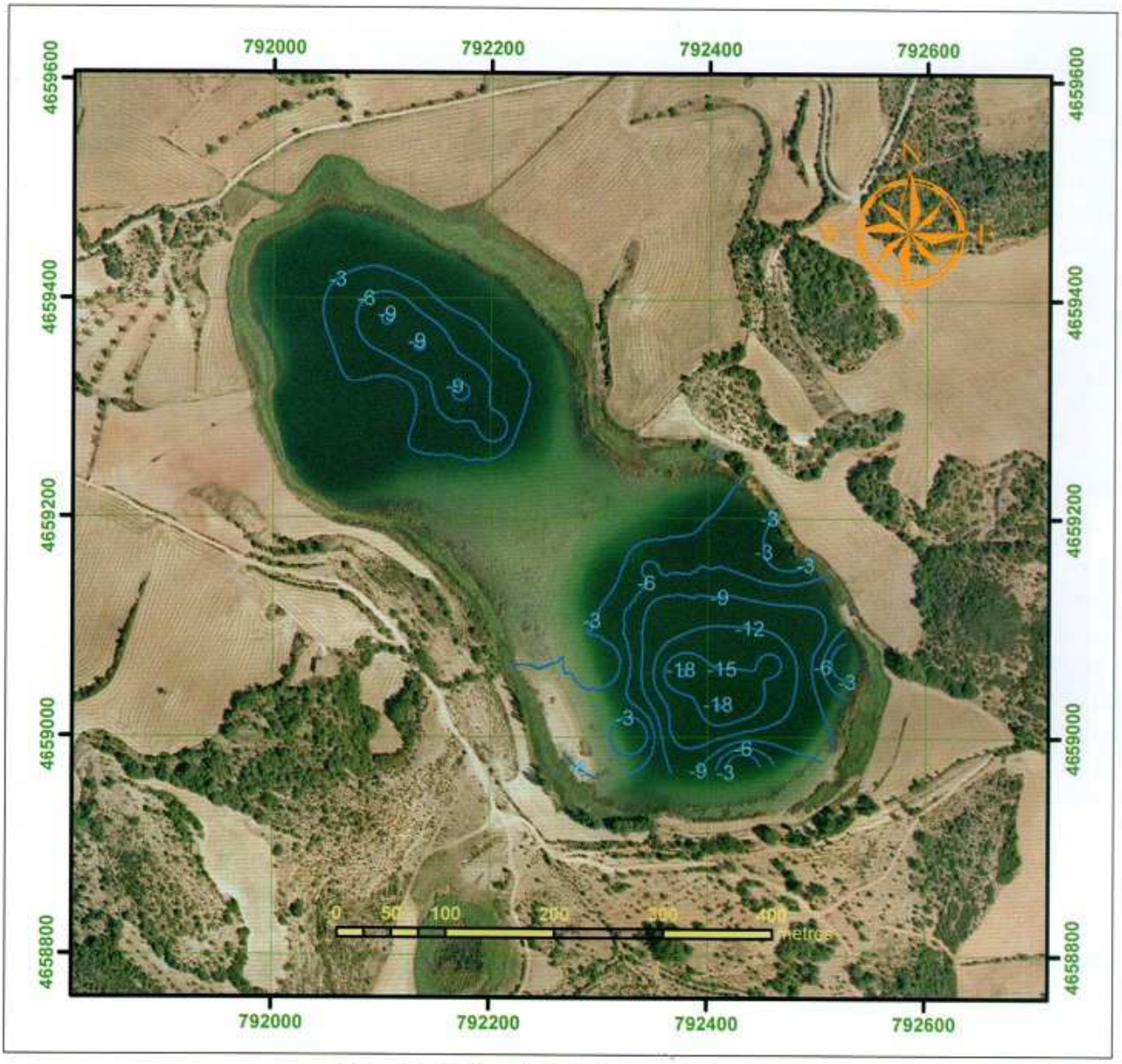

Figura 7b. Batimetría de la Laguna de Estaña.

Foto: J. San Román.

Figura 8a. Laguna Salada de Chiprana.

Figura 8b. Batimetría de la Laguna Salada de Chiprana.

Foto: J. San Román.

Figura 9a. El Galacho de La Alfranca.

andesítica que destaca en medio de estratos rojizos del Pérmico, se encuentran una serie de lagos de alta montaña incluidos en el LIC «Pico y Turberas del Anayet». Entre ellos destacan los conjuntos conocidos en la cartografía oficial como El Mal Paso, la Balsa de las Negras y El Salto del Agua, formados por 2 cubetas cada uno.

En junio del 2007 se visitó el Ibón del Salto del Agua, también conocido como ibón rojo o royo de Anayet (1), situado a los pies del pico Anayet, y perteneciente a la tipología de lago de alta montaña, septentrional, poco profundo y de aguas ácidas (tipo 3). En la figura 5b se pueden ver los perfiles de profundidad de este ibón.

Se trata de un lago muy colmatado, que presenta una amplia turbera al S-SO, mucho más extensa que el propio lago.

Ibones de Brazatos

Localizados en el Valle de Tena (Huesca), en el batolito granítico de Panticosa, entre los picos de Serrato (2.700 m.), Brazato (2.701 m.) y Baciás (2.760 m), se encuentran los ibones de Brazatos, un conjunto de lagos de alta montaña enclavados en el LIC denominado «Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazato». La existencia en esta zona de numerosos ibones

Figura 9b. Batimetría del Galacho de La Alfranca.

y de importantes desniveles, hizo que en el siglo pasado algunos de ellos se aprovecharan hidroeléctricamente, siendo captadas sus aguas mediante túneles por el fondo y/o aumentando mediante presas. Es el caso del Embalse de Brazato, situado entre los Ibones Altos y el Ibón Inferior de Brazato.

En junio de 2007 se visitaron estos lagos muestreándose uno de los Ibones Altos (tipo 1) y el Ibón Inferior (tipo 3), representantes ambos de su tipología en la Red de Referencia, así como el Embalse de Brazato, incluido en la Red de Vigilancia y considerado «masa de agua muy modificada» debido a las dos presas que alteran su régimen hidrológico. En las figuras 6b y 6c se puede ver la localización y los resultados de las medidas de profundidad realizados en estos ibones.

Lagunas de Estaña

Fuera del núcleo de la Cordillera Pirenaica podemos encontrar otras tipologías con características muy diferentes pero igualmente interesantes desde un punto de vista ambiental. Es el caso de las Lagunas de Estaña, un complejo lagunar formado por tres cubetas con un nivel de encharcamiento variable: el Estanque de Arriba, la Laguna Grande y el Estanque Pequeño de Estaña. Todas ellas son hundimientos cársticos (dolinas) formados sobre dolomías triásicas, siendo la más grande un perfecto ejemplo de unión o coalescencia de dos dolinas, lo que en geomorfología se conoce como uvala. Este conjunto está enclavado en una zona de elevado interés geomorfológico, lo que unido a la presencia de hábitats de interés especial y de aves que viven o se reproducen aquí, ha motivado su inclusión en el año 2008 en la lista de Lugares de Importancia Comunitaria (2008/335/CE).

La Laguna Grande de Estaña, que pertenece a la tipología de lago «Cárstico, evaporitas, hipogénico o mixto, pequeño», fue muestreada en agosto de 2007, realizándose la batimetría que se presenta en la figura 7b.

Laguna Salada de Chiprana

Situada en la provincia de Zaragoza, se trata de la laguna salada más profunda de la Península Ibérica, con la particularidad de que siempre tiene agua. Enclavada en medio de la denominada Formación Caspe (Oligoceno) compuesta por arcillas con intercalaciones de paleocanales de areniscas, sus características físico-químicas la hacen única en Europa Occidental. Además es el hábitat (temporal o permanente) de más de 100 especies de aves y 3 de mamíferos incluidos en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE (Directiva de Hábitats). Todo esto la hace merecedora de ser una de las dos zonas húmedas de Aragón incluidas en la Lista de Humedales de Importancia Internacional RAMSAR, la otra es la Laguna de Gallocanta.

Por sus características y su buen estado de conservación forma parte de la Red de Referencia de Lagos de la cuenca del Ebro, representando a la categoría de «lago interior en cuenca de sedimentación, hipersalino, permanente». Fue muestreada en junio de 2007; en ese momento la profundidad máxima medida fue de 3,7 metros, lejos de los 5,6 m documentados para su inclusión en la Red Natura 2000 (fig. 8b).

Galacho de La Alfranca

Incluido en la tipología de «lagos interiores en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo meandro abandonado», este galacho, situado a apenas 12 kilómetros de la capital aragonesa, forma parte de la Reserva Natural de los Galachos de La Alfranca, La Cartuja y Burgo de Ebro. En esta reserva podemos encontrar uno de los ecosistemas ribereños mejor conservados de Aragón, que, además de presentar una gran diversidad vegetal, sirve de refugio a numerosas aves lo que ha supuesto su declaración como Zona de Especial Protección para las Aves.

En el cuadro 7 se presentan los resultados correspondientes al muestreo llevado a cabo en agosto de 2007.

Conclusión

Se han presentado en este artículo los primeros datos de las batimetrías de algunos lagos aragoneses. Se trata de trabajos que se llevaron a cabo durante los años 2007 y 2008 y que continuarán realizándose en cumplimiento de la DMA. Los resultados de estos estudios se pueden consultar en la página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro: *www.chebro.es*.

Bibliografía

DMA. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE L 327 de 22.12.00. (*http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:ES:PDF*)

C.H.E. 2006. *Establecimiento de condiciones de referencia y redefinición de redes en la cuenca* del Ebro, según la Directiva 2000/60/CE. (*http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/dma/lagos/Lagos_Memoria.pdf*)

CEDEX. 2008. *Estado Ecológico de las Aguas Superficiales. Ampliación y Actualización de la Tipología de Lagos (versión 1.0)*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 124 pp.

DGOH. 1991. *Estudio de las Zonas Húmedas de la España Peninsular. Inventario y Tipificación. Documento de Síntesis*. INITEC. Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de todos aquellos que han apoyado la realización de los muestreos: el personal del Parque Posets Maladeta (especialmente Ricardo Jaquet, Elena Parga y Marta Rivera), la guardería fluvial de la CHE, el personal del Centro de Interpretación del Galacho de la Alfranca y Sergi Pla. También al personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro: Miriam Pardos, Concha Durán y Javier San Román.