

4. LAGOS. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA

Según el Anexo II de la Directiva Marco del Agua (DMA), las **masas de agua superficiales** dentro de cada demarcación hidrográfica se clasificarán en ríos, **lagos**, aguas de transición, aguas costeras o como masas de agua artificiales o muy modificadas. De esto se deduce que los lagos se encuentran dentro de su ámbito de aplicación directa.

En la cuenca del Ebro los humedales han sido objeto de estudio desde hace muchos años. La DMA trajo consigo nuevos campos de interés de estudio en las zonas húmedas y nuevas metodologías. Para adaptar los conocimientos existentes y ampliarlos de acuerdo con estas nuevas necesidades se declararon las masas de agua tipo lago de la cuenca y se definieron las redes de seguimiento del estado ecológico (CHE, 2006)¹.

Este año se presenta un resumen de los resultados de la evaluación del estado ecológico de las redes de seguimiento de la cuenca del Ebro desde el año 2007 hasta el año 2010.

4.1 ÁMBITO DE ESTUDIO Y TIPIFICACIÓN

Según el catálogo realizado por la Dirección General de Obras Hidráulicas², ampliado posteriormente por la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHE, en la cuenca del Ebro hay **más de 1.100 zonas húmedas** que van desde charcas estacionales hasta grandes lagos permanentes.

Después de la catalogación de estas zonas húmedas se procedió a definir las que debían ser declaradas “*masa de agua de la categoría lago*” según los criterios de la DMA. Estos criterios son:

- Lagos o humedales cuya superficie supere las 50 Ha.
- Lagos o humedales cuya superficie, aun siendo inferior a 50 Ha, sea superior a 8 Ha y su profundidad sea superior a 3 m.
- Selecciones específicas de lagos o humedales que presenten especial interés y significación.



¹ Confederación Hidrográfica del Ebro, 2006. *Establecimiento de Condiciones de Referencia y redefinición de Redes en la cuenca del Ebro, según la Directiva 2000/60/CE (Expediente nº 27/04-A).*

² 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.
DGOH, 1996. *Inventario de lagos y humedales de España.* Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.

En este momento hay declaradas **109 masas de agua correspondientes a la categoría lago** que han sido asignadas a las tipologías definidas en la Instrucción de Planificación Hidrológica (en adelante, IPH). Este número puede cambiar de un año a otro por declaración de nuevas masas o por unión de varias masas en lo que se denomina “un complejo lagunar”. En la tabla 4.1 aparece un listado de estas masas agrupadas por tipo.

■ **TABLA 4.1** MASAS DE AGUA DE LA CATEGORÍA LAGO EN LA CUENCA DEL EBRO

En azul las masas o lagos que han sido muestreadas al menos en una ocasión entre el 2007 y el 2010

(nM): lago no declarado como masa de agua según DMA

STD: sin tipo definido

Tipo IPH	Nombre del Tipo	Nombre de los lagos	Nº de masas	Nº puntos de muestreo en masas	Nº puntos de muestreo en lagos no masa
1	Alta montaña septentrional, profundo, aguas ácidas	Estany Romedo de Baix, Estany de Travessany, Estany Gento, Ibón de Cregueña, Embalse de Bachimaña Alto, Estany Negre, Laguna Larga, Lac de Rius, Estany de Sant Maurici, Embalse de Arriel alto, Embalse Bajo del Pecico, Lago de Urdiceto, Embalse de Tramacastilla, Lac de Naut de Saboredo, Estany Negre, Laguna Negra, Estany Tort de Rius, Estany Neriolo, Embalse de Respomuso, Embalse de Brazato, Estany de Cavallers, Estany de Saboredo 2 (de Mie) (nM), Ibón Grande de Batiselles (nM), Ibón inferior de Brazato (nM); Embalse Bramatuero Alto, Embalse Bramatuero Bajo, Embalse Tort-Trulló, Estany Colomina, Estany Cubeso, Estany d'Airoto, Estany de Baiau, Estany de Cap del Port, Estany de Certascan, Estany de Contraig, Estany de la Gola, Estany de les Mangades, Estany de Liat, Estany de Mar, Estany de Mariola, Estany dels Monges, Estany Fondo, Estany Fossier, Estany Gémena de Baix, Estany Gerber, Estany Gran de Tümeneia, Estany Gran del Pessó, Estany Major, Estany Obago, Estany Reguera, Estany Romedo, Estany Saburó de Baix, Estany Salat, Estany Superior d'Arreu, Estany Tort, Lac de Mar, Lac Major de Colomers, Lac Major de Saboredo, Lago Redondo	55	21	3
1 y 3	Complejos lagunares con lagos pertenecientes a las tipologías de Alta montaña septentrional, aguas ácidas profundos y poco profundos	Complejo lagunar Cuenca de San Antonio (1,3), Complejo lagunar Cuenca Noguera del Torr (1,3), Complejo Lagunar de Aigua Moix (1,3), Complejo lagunar Cuenca de Flamisell (1,3), Complejo lagunar Cuenca de San Nicolás (1,3), Complejo lagunar Cuenca del Bonaigua (1,3), Complejo lagunar Cuenca del Espot (1,3), Complejo lagunar Cuenca del Peguera (1,3), Complejos lagunares cuenca del Balartias (tipos 1, 3), Complejos lagunares cuenca del Ruda (tipos 1, 3)	10	3	0
2	Alta montaña septentrional, profundo. Aguas alcalinas	Embalse de Ip, Lago de Marboré, Estany de Montolíu	3	2	0
3	Alta montaña septentrional, poco profundo, aguas ácidas	Estany de Saboredo 3 (de Naut) (nM), Ibón de Anayet (nM), Ibón de Astún (nM), Ibón de l'Aigüeta de Batiselles (nM), Ibones Altos de Brazato (nM), Complejo Lagunar Cuenca del Bohí tipo 3, Laguna de Urbión	2	0	5
4	Alta montaña, septentrional, poco profundo, aguas alcalinas	Complejo lagunar Cuenca de Peguera tipo 4, Complejo lagunar Cuenca del Espot tipo 4, Complejo lagunar Cuenca Noguera del Torr tipo 4, Complejo lagunar Cuenca San Nicolas tipo 4, Complejos lagunares cuenca del Aigua Moix (tipo 4), Estany de la Llebretra	6	1	0

Tipo IPH	Nombre del Tipo	Nombre de los lagos	Nº de masas	Nº puntos de muestreo en masas	Nº puntos de muestro en lagos no masa
5	Alta montaña septentrional, temporal	Complejo lagunar humedales de la Sierra de Urbión	1	0	0
10	Cárstico, calcáreo, permanente, hipogénico	Estany Gran de Basturs (nM)	0	0	1
11	Cárstico, calcáreo, permanente, surgencia	Estany Petit de Basturs (nM), Cañizar de Alba, Cañizar de Villarquemado, Ullals de Baltasar	3	0	1
15	Cárstico, evaporitas, hipogénico o mixto, pequeño	Estanque Grande de Estanya, Estany de Montcortés, Lago de Arreo	3	3	0
16	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización baja, permanente	Laguna Honda, Laguna de Guialguerrero (nM), Laguna de Prao de la Paúl	2	1	1
18	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización media, permanente	Balsa de la Morea, Balsa del Pulguer, Embalse de las Cañas, La Estanca, Laguna de La Estanca, Laguna de Lor, Pantano de la Grajera	7	6	0
20	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, permanente	Laguna de Pitillas, Laguna de Sariñena	2	2	0
21	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, temporal	Laguna del Musco	1	1	0
22	Interior en cuenca sedimentación, hipersalino, permanente	Laguna Salada de Chiprana	1	1	0
23	Interior en Cuenca de Sedimentación, hipersalino, temporal	Laguna de Carralagroño, Laguna de Carravalseca, Laguna de Gallocanta, Laguna de la Playa, Salada Grande o Laguna de Alcañiz, Salinas de Añana	6	5	0
24	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización baja-media	Encharcamiento de Salburua y Balsa de Arkaute, Encharcamientos de Salburua y Balsa de Beto	2	1	0
26	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo meandro abandonado	Galacho de Juslibol, Galacho de La Alfranca	2	2	0
STD		Estany de Lanos, Estany de Pradilles, Estany Llat (en Francia)	3	0	0

4.2 PLANES DE SEGUIMIENTO ESTABLECIDOS

La DMA establece la necesidad de poner en marcha programas de control que permitan el seguimiento del estado o potencial ecológico de las masas de agua en cada demarcación hidrográfica. Estos programas de control se han concretado en las **redes de control de vigilancia, operativo y de referencia**.

Durante el periodo comprendido entre los años 2007 y 2010 se ha efectuado el **seguimiento de un total de 60 lagos**, de los cuales 49 se sitúan en masas de agua y 11 en lagos que todavía no se han declarado masa. El muestreo de estos 11 lagos es debido a que en algunas tipologías no había suficientes masas no alteradas que pudieran servir para establecer las condiciones de referencia, por ello se buscó entre los humedales de la cuenca algunos característicos de esas tipologías que estuvieran sometidos a pocas presiones para incluirlos en la red de referencia.

La frecuencia de muestreo de cada una de las redes establecidas es diferente siendo en algunos casos anual y en otros bianual (ver tabla 4.2).

En la tabla 4.2 puede verse el reparto de los lagos incluidos en las redes de seguimiento por tipología, su naturaleza y el año en que han sido muestreados.

■ **TABLA 4.2** LAGOS INCLUIDOS EN LAS REDES DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO

Tipología	MAS	Nombre	Naturaleza	Redes	2007	2008	2009	2010
1	965	Estany Romedo de Baix	Muy modificada	V	X		X	
	972	Estany de Travessany	Natural	VR	X	X	X	X
	977	Estany Gento	Muy modificada	VO	X	X	X	X
	983	Ibón de Cregueña	Natural	V		X		X
	986	Embalse de Bachimaña Alto	Muy modificada	V		X		X
	987	Estany Negre	Muy modificada	VR	X	X	X	X
	991	Laguna Larga	Natural	O	X	X	X	X
	994	Lac de Rius	Muy modificada	O	X	X	X	X
	996	Estany de Sant Maurici	Muy modificada	VO	X	X	X	X
	999	Embalse de Arriel Alto	Muy modificada	O	X	X	X	X
	1000	Embalse Bajo del Pecico	Muy modificada	V		X		X
	1001	Lago de Urdiceto	Muy modificada	VO	X	X	X	X
	1002	Embalse de Tramacastilla	Muy modificada	O	X	X	X	X
	1004	Lac de Naut de Saboredo	Muy modificada	V	X		X	X
	1008	Estany Negre (Espot)	Muy modificada	O	X	X	X	X
	1017	Laguna Negra	Natural	V	X		X	
	1018	Estany Tort de Rius	Muy modificada	VR	X	X	X	X
	1021	Estany de Neriolo	Muy modificada	V	X		X	
	1033	Embalse de Respomuso	Muy modificada	O	X	X	X	X
	1039	Embalse de Brazato	Muy modificada	V	X		X	
	1043	Estany de Cavallers	Muy modificada	O	X	X	X	X
	-	Ibón Grande de Batisielles	Natural	R	X	X	X	X
	-	Ibón Inferior de Brazato	Natural	R	X	X	X	X
	-	Estany de Saboredo 2 (de Mieí)	Natural	R	X	X	X	X

Tipología	MAS	Nombre	Naturaleza	Redes	2007	2008	2009	2010
2	1003	Embalse de Ip	Muy modificada	O	X	X	X	X
	1027	Lago de Marboré	Natural	V O	X	X	X	X
	1747	Complejo lagunar Cuenca de San Antonio (Estany Gran de Mainera)	Natural	V R	X	X	X	X
3	1751	Complejo lagunar Noguera de Tor (Lago Gran de Colieto)	Natural	V		X		
	pendiente	Complejo lagunar del Aigua Moix (Lago de Cabidonats)	Natural	V		X		
	-	Ibón de Anayet	Natural	V R	X		X	X
	-	Ibón de Astún	Natural	V R	X		X	X
	-	Ibón de l'Aigüeta de Batisielles	Natural	R	X	X	X	X
	-	Ibones Altos de Brazato	Natural	R	X	X	X	X
	-	Estany de Saboredo 3 (de Naut)	Natural	R	X	X	X	X
4	1012	Estany de la Llebreta	Natural	V				X
10	-	Estany Gran de Basturs	Natural	R	X	X	X	X
11	-	Estany Petit de Basturs	Natural	R	X	X	X	X
15	1014	Estanque Grande de Estanya	Natural	V R	X	X	X	X
	1019	Lago de Arreo	Natural	V O	X	X	X	X
	1029	Estany de Montcortes	Natural	V R	X	X	X	X
16	1042	Laguna Honda	Natural	V R	X	X	X	X
	-	Laguna de Guialguerrero	Natural	V R	X	X	X	X
18	985	Laguna de la Estanca	Natural	V O	X	X	X	X
	1007	Pantano de las Cañas	Muy modificada	V O	X	X	X	X
	1022	La Estanca de Alcañiz	Muy modificada	V O	X	X	X	X
	1035	Laguna de Lor	Muy modificada	V	X		X	
	1677	Balsa de la Morea	Muy modificada	V		X		X
	1678	Balsa del Pulguer	Muy modificada	V	X		X	
20	968	Laguna de Sariñena	Muy modificada	V O		X	X	X
	1016	Laguna de Pitillas	Natural	V		X	X	
21	1037	Laguna de Musco	Natural	V			X	X
22	990	Laguna Salada de Chiprana	Natural	V R	X	X	X	X
23	974	Laguna de Carralagroño	Natural	V		X	X	X
	984	Laguna de Gallocanta	Natural	V R		X	X	X
	988	Salada Grande o Laguna de Alcañiz	Natural	V O		X		X
	989	Laguna de la Playa	Natural	V		X		
	992	Laguna de Carravalseca	Natural	V		X	X	X
24	1025	Encharcamiento de Salburua y Balsa de Arkaute	Natural	V		X		X
26	973	Galacho de Juslibol	Muy modificada	V O	X	X	X	X
	976	Galacho de La Alfranca	Muy modificada	V O	X	X	X	X

Redes: V: Vigilancia, O: Operativa y R: Referencia

4.3 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y DEL CÁLCULO DEL ESTADO ECOLÓGICO

El desarrollo del trabajo se ha planteado durante el periodo 2007-2010. La programación de las visitas y muestreos se ha realizado intentando elegir los periodos más adecuados para la evaluación de las comunidades biológicas de los diferentes tipos de lagos. En general se efectuó **un muestreo en primavera-verano**, excepto para las lagunas temporales, que fueron visitadas en dos ocasiones, una al inicio del periodo de inundación y otra al cabo de dos o tres meses, para procurar recoger la máxima información posible de las comunidades características de estos lagos. En el caso de los lagos temporales se presentan los resultados correspondientes al muestreo de primavera ya que, en general, ha sido el que siempre se ha podido realizar por tener agua la laguna.

Se han seguido las directrices metodológicas que, para cada elemento de calidad, se indican en los **Protocolos de muestreo y análisis para los elementos de calidad biológica** (CHE, 2005)³.

Para determinar el estado ecológico de una masa de agua tipo lago se deben valorar las condiciones biológicas, fisicoquímicas e hidromorfológicas, a través de los elementos de calidad correspondientes, y después comparar las condiciones actuales con las condiciones de referencia (determinadas en masas de agua de la misma tipología no sometidas a presiones significativas).

En la cuenca del Ebro se han seleccionado, mediante criterio experto, **20 masas de agua de referencia** de las 15 tipologías que se muestrean. Durante cuatro años se ha recogido información de estas masas para establecer las condiciones de cada tipología en su estado prístino y así poder determinar los umbrales que separan las distintas categorías de estado ecológico definidas en la DMA (Muy Bueno, Bueno, Moderado, Deficiente y Malo) según la metodología expuesta en la IPH.

Al mismo tiempo, durante los años 2009 y 2010, el CEDEX ha publicado diversas propuestas de establecimiento de condiciones de referencia y valores frontera en lagos para elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.

Los resultados de este estudio han aplicado las propuestas del CEDEX para las condiciones fisicoquímicas⁴ y para las métricas biológicas⁵ en las que ha sido posible, según los datos recopilados a lo largo de estos años (clorofila a, biovolumen total de fitoplancton y cobertura total de helófitos).

En el resto de métricas biológicas (InGa, riqueza específica de macrófitos y QAELS_{Ebro}), el cálculo de las condiciones de referencia y los valores frontera se ha realizado en base a los datos recopilados desde 2007 a 2010 en los lagos de referencia incluidos en el estudio, a datos bibliográficos y al criterio experto. En el caso de la riqueza específica de macrófitos no se han utilizado los criterios del CEDEX debido a diferencias en el protocolo de muestreo.

Para las condiciones hidromorfológicas se han tenido en cuenta las métricas propuestas por el CEDEX, considerando los datos de evaluación de las presiones realizadas durante los muestreos y el criterio experto.

³ Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua – Protocolos de muestreo y análisis de indicadores biológicos en la Cuenca del Ebro.

⁴ CEDEX, 2010. Establecimiento de Condiciones Hidromorfológicas y Fisicoquímicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lago en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

⁵ CEDEX, 2010. Establecimiento de Condiciones de Referencia y valores frontera entre clases de estado ecológico en masas de agua de la categoría lago para los elementos de calidad "Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton" y "Composición y abundancia de otro tipo de flora acuática en aplicación de la Directiva Marco del Agua".

4.3.1 MÉTRICAS APLICADAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO

Para valorar las condiciones biológicas, fisicoquímicas e hidromorfológicas de los lagos cuyo estado ecológico se quiere determinar se emplean las métricas indicadas a continuación:

* Indicadores Biológicos

De los elementos de calidad recomendados por la IPH (Fitoplancton, Flora acuática: Macrófitos, Fauna bentónica de macroinvertebrados y Fauna ictiológica) se han utilizado los siguientes:

Fitoplancton. Para este elemento se han aplicado las siguientes métricas:

- **Concentración de clorofila-a.** Esta métrica se calcula directamente a partir de la concentración de clorofila-a en mg/m^3 . La clorofila es un buen indicador del grado trófico en lagos profundos y embalses, pero aún no está comprobado su valor indicador para lagos someros, especialmente en los temporales e hipersalinos, en los que cobran mayor importancia los macrófitos y el perifiton. Así pues, a pesar de estar considerada esta métrica en los tipos 21, 22 y 23, caso por caso se revisan con criterio experto los resultados obtenidos con ella.
- **Biovolumen total de fitoplancton.** Se considera el biovolumen total de fitoplancton presente en un determinado volumen de muestra, se expresa en mm^3/l . Esta métrica se calcula a partir de los biovolúmenes de todo el fitoplancton, multiplicando el volumen de un individuo promedio de cada taxón por la densidad de ese taxón. Se ha aplicado en los tipos de Alta montaña (1, 2, 3 y 4) y en los Cársticos (10, 11 y 15).
- **Índice de grupos algales (InGa).** Este índice se ha empleado en los tipos de Alta montaña (1, 2, 3 y 4) y en los Cársticos (10, 11 y 15), debido a que el índice fue diseñado para evaluar el estado de lagos oligotróficos de montaña y no se ajusta al resto de tipos.

Otra flora acuática. Evaluada a través de 2 métricas:

- **Riqueza específica de macrófitos.** Esta métrica se aplica directamente a partir del número de especies de macrófitos presentes en el lago (no incluye las algas filamentosas a excepción de *Nostoc sp*). Los umbrales para los lagos de montaña se han establecido por criterio experto y dada la baja diversidad de macrófitos que presentan, se han distinguido únicamente tres niveles de calidad (Muy bueno, Bueno e Inferior a bueno).
- **Cobertura total de helófitos.** La calidad del cinturón de helófitos se mide directamente a partir del porcentaje del perímetro de lago que ocupan. La presencia de un cinturón de helófitos no es característica de los lagos de montaña, por lo que esta métrica no se ha tenido en cuenta para la evaluación del estado ecológico de las tipologías 1 al 4.

Invertebrados bentónicos

- **Índice QAELS_{Ebro}.** Este índice recoge la información obtenida a partir de los macroinvertebrados bentónicos y de los microcrustáceos. No se utiliza para las tipologías 20, 21 y 23 ya que aún no hay información suficiente para establecer las condiciones de referencia, las comunidades de estos lagos son muy cambiantes intra e interanualmente y el tiempo de estudio hasta el momento es insuficiente para caracterizar estas comunidades.

* Indicadores Físicoquímicos

Se han medido las siguientes métricas representativas de las condiciones generales de los lagos:

- **Transparencia:** *Disco de Secchi*⁶ (m), Clases de Turbidez y Color.
- **Condiciones térmicas:** Temperatura del agua (°C).
- **Condiciones de oxigenación:** Oxígeno disuelto en el agua (mg/l).
- **Salinidad:** *Conductividad eléctrica* ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- **Estado de acidificación:** *pH* y *Alcalinidad total* (meq/l).
- **Nutrientes:** Amonio, Nitratos, Nitritos, Fósforo soluble y *Fósforo total* (mg/l).

* Indicadores Hidromorfológicos

Se han tenido en cuenta las métricas propuestas por el CEDEX⁷, a partir de los datos de evaluación de las presiones realizadas durante los muestreos de 2007 a 2010 y el criterio experto.

Las métricas propuestas por el CEDEX son las siguientes:

- Alteraciones en el régimen de llenado
- Alteraciones en el régimen de vaciado
- Alteraciones en el régimen de estratificación
- Alteraciones en el hidroperiodo y régimen de fluctuación del nivel del agua
- Alteraciones en el estado y estructura de la cubeta
- Alteraciones en el estado y estructura de la zona ribereña

Las presiones analizadas durante los muestreos de 2007 a 2010 han sido:

- Represamientos
- Detracciones de agua
- Desecación
- Aportes de excedentes de riego
- Ahondamientos de la cubeta
- Transformación de las riberas

Durante este periodo también se han recogido los siguientes datos de los lagos, correspondientes a los elementos de calidad hidromorfológicos:

- **Régimen hidrológico:**
 - *Volumen del lago* (hm^3): calculado a partir de los transectos de profundidad (batimetrías).
 - *Tiempo de permanencia* (años): se calcula dividiendo el volumen del lago (hm^3) entre el caudal de entrada anual en el lago ($\text{hm}^3/\text{año}$). Este dato se estima a partir de la *superficie de la cuenca de recepción* (ha), de la *precipitación media anual* (mm) y del *coeficiente de evaporación* del agua en la cuenca (%).
 - *Variación del nivel del agua* (de forma visual).
 - *Conexión con las aguas subterráneas*.

⁶ En cursiva las métricas escogidas por el CEDEX para la evaluación del estado ecológico.

⁷ CEDEX, 2010. Establecimiento de Condiciones Hidromorfológicas y Físicoquímicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lago en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

- **Condiciones morfológicas:**

- Superficie del lago (ha), profundidad máxima (m), pendiente de la cubeta (%), características del sustrato del lecho y estructura de la zona ribereña.

4.3.2 CÁLCULO DE ESTADO ECOLÓGICO

* Indicadores Biológicos

- **Combinación de métricas para el elemento de calidad Fitoplancton**

Las tres métricas propuestas para valorar el estado ecológico según el Fitoplancton (concentración de clorofila-a, biovolumen total de fitoplancton e índice InGa) responden a la *presión por eutrofización*. Para su combinación, tal y como propuso el CEDEX, se ha dado más peso a la concentración de clorofila-a aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Est. ecológico} = 0,50 * \text{Valor. Est. (Clorofila)} + 0,25 * \text{Valor. Est. (Biovolumen total)} + 0,25 * \text{Valor. Est. (InGa)}$$

Para los tipos en los que no ha sido posible todavía proponer condiciones de referencia ni límites entre clases para las métricas biovolumen total e índice InGa (Tipos 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24 y 26), el valor de estado ecológico según el Fitoplancton será directamente el obtenido con la métrica concentración de clorofila-a.

- **Combinación de métricas para el elemento de calidad Otra flora acuática**

El nivel de calidad del elemento de calidad Otra flora acuática es igual al promedio entre los valores asociados a los niveles de calidad obtenidos con cada una de las métricas.

Para los tipos en los que no ha sido posible todavía proponer condiciones de referencia ni límites entre clases para la cobertura total de helófitos (Tipos 1 a 4), el valor de estado ecológico según el elemento de calidad Otra flora acuática será directamente el obtenido con la métrica riqueza específica de macrófitos.

- **Combinación de métricas para el elemento de calidad Fauna bentónica de invertebrados**

Dado que para este elemento de calidad se ha calculado una sola métrica (Índice QAELS_{Ebro}), su nivel de calidad es directamente el obtenido con la métrica.

La **combinación de los resultados obtenidos con los tres elementos de calidad biológicos** (Fitoplancton, Otra flora acuática y Fauna bentónica de invertebrados) se realiza, siguiendo las pautas definidas por el MARM y por el CEDEX en 2009, aplicando el criterio de “one out – all out”. Este criterio implica que el resultado de la evaluación según los elementos de calidad biológicos es igual a la *peor* de las evaluaciones que por separado se realizan con estos elementos de calidad.

* Indicadores Físicoquímicos e Hidromorfológicos

Las condiciones físicoquímicas e hidromorfológicas sirven para determinar el estado ecológico modulando los resultados obtenidos con los elementos de calidad biológicos.

El **establecimiento del estado ecológico** se ha realizado siguiendo las pautas de combinación de los elementos de calidad biológicos con los elementos físicoquímicos e hidromorfológicos de acuerdo con las recomendaciones de la UE⁸, teniendo en cuenta el criterio experto, tal como se recoge en la tabla siguiente:

⁸ Ecostat Group 2003. *Guía para la valoración del Estado Ecológico (Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential)*.

■ **TABLA 4.3** REGLAS DE COMBINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD EN LA CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LOS LAGOS

Indicadores de calidad BIOLÓGICOS	Indicadores de calidad FISICOQUÍMICOS	Indicadores de calidad HIDROMORFOLÓGICOS	Estado Ecológico
Muy Bueno	Muy Bueno	MB / B o Inferior	Muy Bueno
	Bueno	MB / B o Inferior	Muy Bueno
	Moderado	MB / B o Inferior	Bueno
Bueno	Muy Bueno	MB / B o Inferior	Bueno
	Bueno	MB / B o Inferior	Bueno
	Moderado	MB B o Inferior	Bueno Moderado
Moderado	Muy Bueno	MB / B o Inferior	Moderado
	Bueno	MB / B o Inferior	Moderado
	Moderado	MB / B o Inferior	Deficiente
Deficiente	Muy Bueno	MB / B o Inferior	Criterio experto
	Bueno		
	Moderado	MB / B o Inferior	Deficiente
Malo	Muy Bueno	MB / B o Inferior	Criterio experto
	Bueno		
	Moderado	MB / B o Inferior	Malo

Una consideración remarcable es que dentro de los lagos también existen masas de agua muy modificadas (ver tabla 4.2) a las que, según la DMA, hay que dar un tratamiento diferenciado del que se le da a las masas naturales, así, para las masas muy modificadas, debe diagnosticarse el potencial ecológico en lugar de su estado. Todavía se está investigando y consensuando cual es la metodología más adecuada para calcular el potencial en esta clase de lagos. Hasta el momento en la cuenca del Ebro no se ha hecho ninguna diferenciación entre la metodología de establecimiento del estado y el potencial ecológico en los lagos, aunque debe entenderse que en el caso de las masas de agua muy modificadas cuando el resultado de la clasificación del estado ecológico es muy bueno, en realidad debería decirse que su potencial ecológico es óptimo.

■ 4.4 RESULTADOS

En la tabla 4.4 se presentan los resultados de la clasificación del estado ecológico realizada durante los años 2007 al 2010 ordenados por tipología y número de masa.

En los mapas 4-2, 4-3, 4-4 y 4-5 se observa la localización de los lagos estudiados y los resultados del diagnóstico del estado ecológico.

■ **TABLA 4.4** RESULTADOS DEL ESTADO ECOLÓGICO

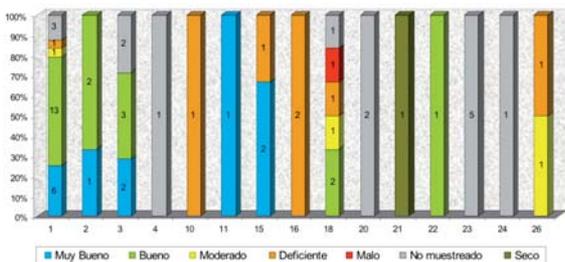
Nº de tipo IPH	IdMasa	ID muestra	EE 2007	EE 2008	EE 2009	EE 2010
1	965	Estany Romedo de Baix	Bueno	No muestreado	Bueno	No muestreado
1	972	Estany de Travessany	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno
1	977	Estany Gento	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
1	983	Ibón de Cregüña	No muestreado	Bueno	No muestreado	Bueno
1	986	Embalse Bachimaña Alto	No muestreado	Bueno	No muestreado	Bueno
1	987	Estany Negre (de Boí)	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
1	991	Laguna Larga	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Deficiente
1	994	Lac de Rius	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
1	996	Estany de Sant Maurici	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno
1	999	Embalse de Ariel Alto	Bueno	Moderado	Bueno	Bueno
1	1000	Embalse Bajo del Pecico	No muestreado	Bueno	No muestreado	Bueno
1	1001	Lago de Urdiceto	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
1	1002	Embalse de Tramacastilla	Moderado	Bueno	Bueno	Bueno
1	1004	Estany Superior Saboredo	Bueno	No muestreado	Muy Bueno	No muestreado
1	1008	Estany Negre (Espot)	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno
1	1017	Laguna Negra	Bueno	No muestreado	Moderado	No muestreado
1	1018	Estany Tort de Rius	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
1	1021	Estany de Neriolo	Bueno	No muestreado	Bueno	No muestreado
1	1033	Embalse de Respomuso	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno
1	1039	Embalse de Brazato	Bueno	No muestreado	Muy Bueno	No muestreado
1	1043	Estany de Cavallers	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
1	-	Estany Saboredo 2 de Miei	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno
1	-	Ibón Grande Batisielles	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
1	-	Ibón Inferior de Brazato	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno
2	1003	Embalse de Ip	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
2	1027	Lago de Marboré	Bueno	Moderado	Muy Bueno	Muy Bueno
2	-	Estany Gran de Mainera	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno
3	-	Estany Saboredo 3 de Naut	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
3	-	Ibón de Anayet	Bueno	No muestreado	Bueno	Muy Bueno
3	-	Ibón de Astún	Muy Bueno	No muestreado	Bueno	Bueno
3	-	Ibón Aigüeta Batisielles	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno
3	-	Ibones Altos de Brazato	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno
3	pendiente	Lago de Cabidornats	No muestreado	Muy Bueno	No muestreado	No muestreado
3	1751	Lago Gran de Colieto	No muestreado	Muy Bueno	No muestreado	No muestreado
4	1012	Estany de la Liebreta	No muestreado	No muestreado	No muestreado	Muy Bueno
10	-	Estany Gran de Basturs	Deficiente	Bueno	Muy Bueno	Bueno
11	-	Estany Petit de Basturs	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno
15	1014	Estanque Grande Estanya	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno
15	1019	Lago de Arreo	Deficiente	Deficiente	Bueno	Bueno
15	1029	Estany de Montcortés	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno
16	1042	Laguna Honda	Deficiente	Bueno	Bueno	Bueno

Nº de tipo IPH	IdMasa	ID muestra	EE 2007	EE 2008	EE 2009	EE 2010
16	-	Laguna de Guialguerrero	Deficiente	Muy Bueno	Muy Bueno	Moderado
18	985	Laguna de La Estanca	Deficiente	Moderado	Moderado	Muy Bueno
18	1007	Pantano de Las Cañas	Bueno	Malo	Bueno	Deficiente
18	1022	La Estanca de Alcañiz	Bueno	Moderado	Bueno	Moderado
18	1035	Laguna de Lor	Malo	No muestreado	Moderado	No muestreado
18	1677	Balsa de la Morea	No muestreado	Deficiente	No muestreado	Moderado
18	1678	Balsa del Pulguer	Moderado	No muestreado	Bueno	No muestreado
20	968	Laguna de Sariñena	No muestreado	Malo	Malo	No muestreado
20	1016	Laguna de Pitillas	No muestreado	Bueno	Moderado	No muestreado
21	1037	Laguna de Musco	Seco	Seco	Muy Bueno	Seco
22	990	Laguna Salada Chiprana	Bueno	Muy Bueno	Deficiente	Deficiente
23	974	Laguna de Carralagroño	No muestreado	Bueno	Bueno	No muestreado
23	984	Laguna de Gallocanta	No muestreado	Bueno	Bueno	Seco
23	988	Salada Grande Alcañiz	No muestreado	Deficiente	Seco	Seco
23	989	Laguna de La Playa	No muestreado	Deficiente	Seco	Seco
23	992	Laguna de Carravalseca	No muestreado	Bueno	Bueno	No muestreado
24	1025	Salburua-Balsa de Arkaute	No muestreado	Deficiente	Seco	Malo
26	973	Galacho de Juslibol	Deficiente	Moderado	Deficiente	Moderado
26	976	Galacho de La Alfranca	Moderado	Bueno	Bueno	Bueno

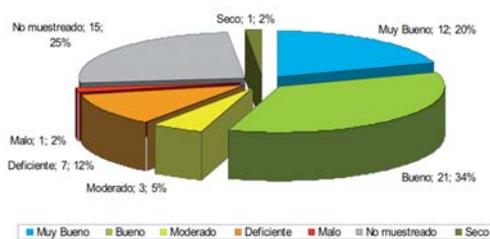
Representación gráfica de los resultados

■ FIGURAS 4.1 Y 4.2 ESTADO ECOLÓGICO 2007

Estado Ecológico por tipologías 2007

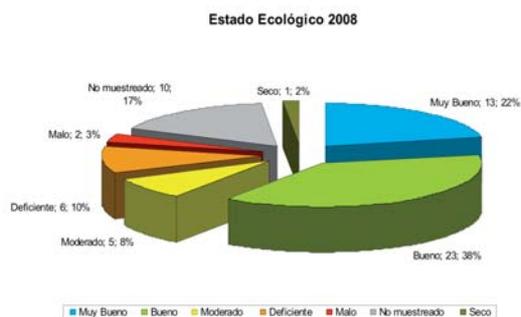
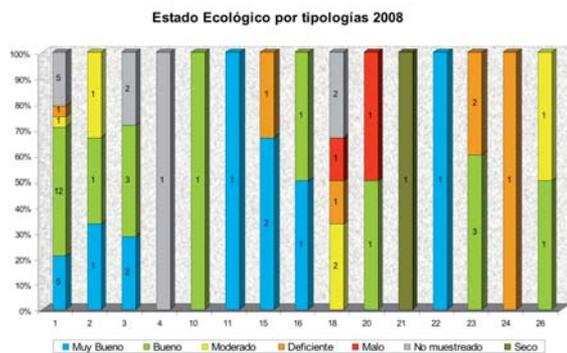


Estado ecológico 2007



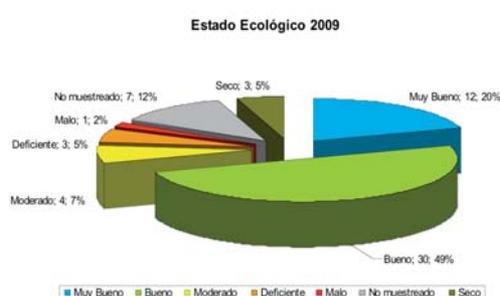
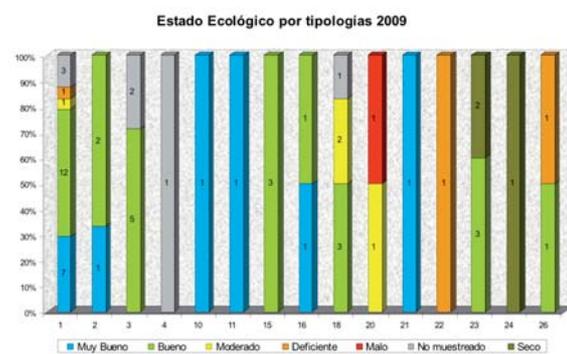
En 2007 se muestrearon 44 lagos de los 60 que forman las redes de seguimiento, obteniéndose que 12 de ellos se encontraban en Muy buen estado ecológico, 21 en Bueno, 3 en Moderado y 7 en Deficiente.

■ FIGURAS 4.3 Y 4.4 ESTADO ECOLÓGICO 2008



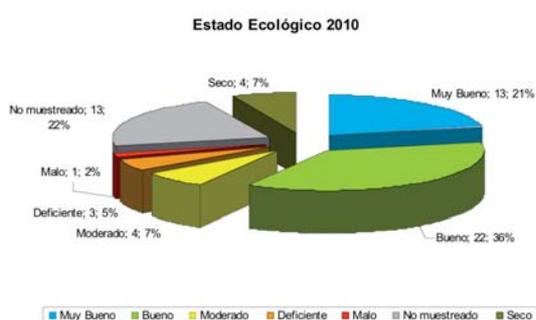
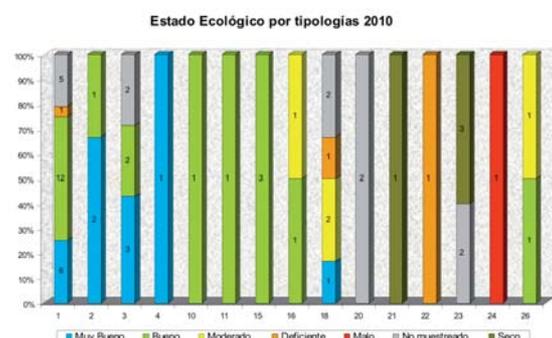
En 2008 se tomaron muestras de 49 lagos y el resultado de la evaluación fue que 13 de ellos presentaban un estado ecológico Muy bueno, 23 Bueno, 5 Moderado, 6 Deficiente y 2 Malo.

■ FIGURAS 4.5 Y 4.6 ESTADO ECOLÓGICO 2009



En 2009 se muestrearon 50 lagos de los 60 que forman las redes de seguimiento, obteniéndose que 12 de ellos se encontraban en Muy buen estado ecológico, 30 en Bueno, 4 en Moderado, 3 en Deficiente y 1 en Malo.

■ FIGURAS 4.7 Y 4.8 ESTADO ECOLÓGICO 2010



En 2010 se tomaron muestras de 50 lagos y el resultado de la evaluación fue que 13 de ellos presentaban un estado ecológico Muy bueno, 22 Bueno, 4 Moderado, 3 Deficiente y 1 Malo.

4.5 CONCLUSIONES

La mayoría de los lagos muestreados entre 2007 y 2010, 37 de los 60 lagos (62%), se han mantenido siempre en un estado ecológico final Bueno o Muy bueno. Los tipos de lagos que presentan unos mejores estados ecológicos son los de Alta Montaña (tipos 1 al 4).

Por otro lado, 23 de los 60 lagos muestreados (38%) han presentado puntualmente estados ecológicos inferiores al Bueno. Estos lagos en su mayoría pertenecen a los tipos 18, 20, 24 y 26, que corresponden a los tipos Interiores en cuenca de sedimentación. Los elementos de calidad responsables de este estado inferior al Bueno son, generalmente, los fisicoquímicos (fósforo total y conductividad) y, de los biológicos, el fitoplancton.

Los índices que se han seleccionado para la evaluación del estado ecológico de los lagos han resultado ser buenos indicadores del estado ecológico, hay que matizar que en el caso del InGa se considera necesario incrementar la base de datos existente para definir mejor los umbrales entre los niveles de calidad.

Por otro lado, analizando los resultados obtenidos, se considera necesario revisar para algunos lagos las tipologías recogidas para ellos en el documento del CEDEX (2008)⁹, así como los valores frontera o la tipología para los elementos de calidad fisicoquímicos.

Aunque poco a poco se van concretando qué métricas son las más adecuadas para reflejar las alteraciones que se producen en estas masas de agua, todavía se trata de estudios pioneros. Es por esto que este trabajo debe considerarse como una base sobre la que profundizar en el futuro para la valoración del estado ecológico de los lagos.

Otro aspecto a destacar es que dentro de los lagos también existen masas de agua muy modificadas. En ellas debe diagnosticarse el potencial ecológico en lugar de su estado. Todavía se está investigando y consensuando cual es la metodología más adecuada para calcular el potencial ecológico en esta clase de lagos, por eso, hasta el momento en la cuenca del Ebro no se ha hecho ninguna diferenciación en la metodología, aunque debe entenderse que en el caso de las masas de agua muy modificadas cuando el resultado de la clasificación del estado ecológico es muy bueno, en realidad debería decirse que su potencial ecológico es óptimo.

⁹ CEDEX, 2008. *Ampliación y actualización de la Tipología de Lagos*.