

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

El control del estado de los lagos es un requerimiento de la Directiva Marco del Agua (en adelante, DMA). Según aparece recogido en la Directiva, los lagos son una *categoría* de **masa de agua superficial**, junto con los ríos, las aguas de transición y las aguas costeras, de ahí que sea obligatorio su estudio.

Por otro lado, las masas de agua superficial según su *naturaleza* se clasifican en naturales, artificiales o muy modificadas. Son masas de agua artificiales las creadas por la actividad humana y, muy modificadas, las que como consecuencia de alteraciones físicas producidas por la actividad del hombre, han experimentado un cambio sustancial en su naturaleza.

En el caso de los lagos, si son **lagos naturales** el objetivo que plantea la DMA es el de alcanzar en 2015 el **buen estado ecológico**. Para los **lagos artificiales o muy modificados** en 2015 deben lograr el **buen potencial ecológico**.

En la demarcación hidrográfica del Ebro el seguimiento de los lagos se inicia durante los años 2004-2005 con la realización de un estudio para determinar la red de referencia<sup>1</sup>, es decir, las masas de agua no sometidas a alteraciones antropogénicas o sometidas a alteraciones mínimas. En el año 2006 se establecen de forma provisional los distintos programas de control, pero es en años posteriores cuando se realiza el seguimiento continuado de la red de lagos.

### 4.1 ÁMBITO DE ESTUDIO Y TIPIFICACIÓN

Los criterios recogidos en la Directiva para designar determinados lagos como masa de agua superficial de la categoría "lago" son:

- Lagos o humedales cuya superficie supera los 0,5 km<sup>2</sup>.
- Lagos o humedales cuya superficie, aún siendo inferior a 0,5 km<sup>2</sup>, sea superior a 0,08 km<sup>2</sup> y su profundidad máxima sea superior a 3 m.
- Lagos o humedales que presenten especial relevancia ecológica (en todo caso se incluyen los humedales de importancia internacional, como los Humedales Ramsar).

En la actualidad en la demarcación hay declaradas **103 masas de agua de la categoría lago**. 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". Hasta el momento se ha efectuado el **seguimiento de 82 lagos**, de los cuales *69 se sitúan en masas de agua y 13 en lagos en los que todavía su declaración sigue pendiente de realizarse* (ver tabla 4.1).

Los lagos existentes en la demarcación hidrográfica del Ebro tienen características ecológicas muy diferentes entre sí. Por eso inicialmente lo que se ha realizado ha sido su asignación a una de las tipologías definidas para los lagos en la Instrucción de Planificación Hidrológica (en adelante, IPH) atendiendo a razones de *índice de humedad, altitud, origen, régimen de aportación, hidroperiodo,*

<sup>1</sup> CHE, 2005. *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, abundancia y biomasa de otro tipo de flora acuática", en aplicación de la DMA. Madrid, abril 2010. 47 pp.*

*tamaño, profundidad, conductividad y alcalinidad*. En la demarcación hidrográfica del Ebro están presentes **16 tipos de lagos** de los 30 tipos que define la IPH para toda España.

En la tabla 4.1 aparece un listado de estas masas de agua agrupadas por tipo.

■ **TABLA 4.1** MASAS DE AGUA DE LA CATEGORÍA LAGO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

En azul las masas o lagos que han sido muestreadas al menos en una ocasión hasta 2013.

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

Tipo IPH	Nombre del Tipo	Nombre de los lagos (nº de masa)	Lagos con Nº de masa	Puntos de muestreo en lagos con Nº de masa	Puntos de muestreo en lagos sin Nº de masa
1	Alta montaña septentrional, profundo, aguas ácidas	Estany Romedo de Baix (965), Estany Gémena de Baix (966), Lac de Mar (967), Estany Superior del Rosari (969), Lac Redon (970), Estany Salat (971), Estany de Travessany (972), Estany Gerber (975), Estany Gento (977), Estany de Liat (978), Estany Fondo (979), Estany de Mariola (980), Embalse Bramatuero Alto (982), Ibón de Cregüeña (983), Embalse de Bachimaña Alto (986), Estany Negre (de Boi) (987), Laguna Larga (991), Lac de Rius (994), Estany de Contraig (995), Estany de Sant Maurici (996), Estany de Baiau (997), Estany Gran de Tumeneia (998), Embalse de Ariel Alto (999), Embalse Bajo del Pecico (1000), Lago de Urdiceto (1001), Embalse de Tramacastilla (1002), Lac de Naut de Saboredo (1004), Estany de les Mangades (1005), Estany d'Airoto (1006), Estany Negre (Espot) (1008), Estany Tort (1009), Estany de la Gola (1010), Estany dels Monges (1011), Embalse Bramatuero Bajo (1013), Estany Gran del Pessó (1015), Laguna Negra (1017), Estany Tort de Rius (1018), Lac Major de Colomers (1020), Estany de Mariolo (1021), Estany Fossier (1023), Estany Cubieso (1024), Estany de Cap del Port (1026), Estany de Mar (1028), Lac Major de Saboredo (1030), Estany Obago (1031), Estany de Certascan (1032), Embalse de Respomuso (1033), Estany Reguera (1034), Embalse de Tort de Peguera-Trulló (1036), Estany Saburó de Baix (1038), Embalse de Brazato (1039), Estany Major de la Gallina (1040), Estany Romedo de Dalt (1041), Estany de Cavallers (1043), Estany Colomina (1044), Ibón Grande de Batiselles (nM), Ibón Inferior de Brazato (nM), Estany de Saboredo 2 (de Miei) (nM), Estany de Saboredo 3 (de Naut) (nM)	55	26	4
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 Nicolás (1,3) (1745) – Estany Llong (tipo 1); Complejo lagunar Cuenca de Flamisell (1,3) (1746) – Estany de Morera 2 (tipo 1); Complejo lagunar Cuenca de San Antonio (1,3) (1747) – Estany Gran de Mainera (tipo 1); Complejo lagunar Cuenca del Peguera (1,3) (1748) – Estany de Lladrés (tipo 3); Complejo lagunar Cuenca del Espot (1,3) (1749); Complejo lagunar Cuenca del Bonaigua (1,3) (1750) – Estany Negre de Cabanes; Complejo lagunar Cuenca Noguera del Torr (1,3) (1751) – Estany Gran de Colieto (tipo 3); Complejos lagunares Cuenca del Balartias (1,3) (nM); Complejos lagunares Cuenca del Ruda (1,3) (nM)	7	5	0
2	Alta montaña septentrional, profundo. Aguas alcalinas	Estany de Montolíu (981), Embalse de Ip (1003), Lago de Marboré (1027), Ibón de Estanés (nM), Ibón de Baños (1050)	4	4	1
3	Alta montaña septentrional, poco profundo, aguas ácidas	Ibón de Anayet (nM), Ibón de Astún (nM), Ibón de l'Aigüeta de Batiselles (nM), Ibones Altos de Brazato (nM), Lac des Cabidornats (nM), Laguna de Urbión (1744), Complejo Lagunar Cuenca del Bohi tipo 3 (1755) – Estany Xic del Pessó.	2	2	5

Tipo IPH	Nombre del Tipo	Nombre de los lagos (nº de masa)	Lagos con Nº de masa	Puntos de muestreo en lagos con Nº de masa	Puntos de muestreo en lagos sin Nº de masa
4	Alta montaña, septentrional, poco profundo, aguas alcalinas	Estany de la Llebre (1012), Complejo lagunar Cuenca Noguera del Torr tipo 4 (1752), Complejo lagunar Cuenca del Espot tipo 4 (1753), Complejo lagunar Cuenca de Peguera tipo 4 (1754) – Estany Trescuro de Baix, Complejo lagunar Cuenca San Nicolas tipo 4 (1756) – Estany de Dellui.	5	3	0
5	Alta montaña septentrional, temporal	Complejo lagunar humedales de la Sierra de Urbión (1743) – Laguna pequeña de Urbión.	1	1	0
10	Cárstico, calcáreo, permanente, hipogénico	Estany Gran de Basturs (nM)	0	0	1
11	Cárstico, calcáreo, permanente, surgencia	Cañizar de Villarquemado (1046), Cañizar de Alba (1047), Estany Petit de Basturs (nM), L'Arispe y Baltasar y Panxa (1757) – Ullals de Baltasar	3	2	1
15	Cárstico, evaporitas, hipogénico o mixto, pequeño	Estanque Grande de Estanya (1014), Lago de Arreo (1019), Estany de Montcortés (1029).	3	3	0
16	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización baja, permanente	Laguna Honda (1042), Laguna de Prao de la Paúl (1682), Laguna de Guialguerrero (nM).	2	2	1
18	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización media, permanente	Laguna de La Estanca (985), Pantano de la Grajera (993), Embalse de las Cañas (1007), La Estanca de Alcañiz (1022), Laguna de Lor (1035), Balsa de la Morea (1677), Balsa del Pulguer (1678).	7	7	0
20	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, permanente	Laguna de Sariñena (968), Laguna de Pitillas (1016).	2	2	0
21	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, temporal	Laguna del Musco (1037).	1	1	0
22	Interior en cuenca sedimentación, hipersalino, permanente	Laguna Salada de Chiprana (990).	1	1	0
23	Interior en Cuenca de Sedimentación, hipersalino, temporal	Laguna de Carralagroño (974), Laguna de Gallocanta (984), Salada Grande o Laguna de Alcañiz (988), Laguna de la Playa (989), Laguna de Carravalseca (992), Salinas de Añana (1683).	6	6	0
24	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización baja-media	Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Arkaute (1025), Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Betoño (1045).	2	2	0
26	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo meandro abandonado	Galacho de Juslibol (973), Galacho de La Alfranca (976).	2	2	0
<b>Total</b>			<b>103</b>	<b>69</b>	<b>13</b>

## 4.2 PLANES DE SEGUIMIENTO ESTABLECIDOS

La DMA, en su artículo 8, ha establecido la necesidad de la puesta en marcha de programas de control de la calidad de las aguas, con objeto de obtener una visión general coherente y completa del estado de las mismas en cada demarcación hidrográfica.

En el anexo V de esta Directiva se recoge que los programas para el seguimiento del estado de las aguas superficiales, donde se engloban los lagos, son el “Programa de control de vigilancia”, el “Programa de control operativo”, el “Programa de control de investigación” y el “Programa de control de referencia”. El diseño de estos programas de control se ha mantenido desde 2006 como se indica a continuación:

- **Control de Vigilancia:** Se realiza sobre un número de masas suficientemente representativas de las condiciones de la demarcación en función de los tipos, condiciones de referencia y tamaño. Permite una visión general del estado de las masas de agua en la cuenca. La DMA obliga a muestrearlas al menos una vez dentro del periodo de vigencia del Plan Hidrológico, es decir, al menos una vez cada seis años.
- **Control Operativo:** Se realiza sobre las masas en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales. Atendiendo a lo que se recoge en la DMA, estas masas deben muestrearse como mínimo una vez al año para hacer una evaluación segura de su estado, al estar en riesgo de incumplir los objetivos de la Directiva.
- **Control de Investigación:** Se realiza este control cuando se desconoce cuál es el estado de una masa de agua porque se muestrea por primera vez, para determinar la magnitud y el impacto de una contaminación accidental o cuando se desconoce el incumplimiento de los objetivos medioambientales antes del control operativo.
- **Control de Referencia:** Se realiza en masas de agua sin presiones e impactos significativos para ver que siguen conservando esas condiciones inalteradas o prácticamente inalteradas.

Durante los **años 2012 y 2013** se ha continuado con el muestreo de la red de lagos, muestreándose **50 lagos** (48 en masa y 2 en lagos que todavía no han sido declarados masa) distribuidos así:

- en 2012 se llevó a cabo el seguimiento de 41 lagos,
- y, en 2013 de 11 lagos, dos ellos muestreados también en 2012.

De los 50 lagos, 18 se corresponden con lagos que no se habían muestreado con anterioridad y el resto ya fueron muestreados en otras ocasiones pero deben muestrearse para cumplir con los objetivos que marca la Directiva.

En el mapa 4.1 (recogido al final del informe) se recoge la tipología y la distribución geográfica de los lagos analizados y, en la tabla 4.2. se detalla el listado, el año en que ha sido muestreados y los programas de control (o redes) a los que pertenecen.

**TABLA 4.2** LAGOS MUESTREADOS EN 2012-2013

MAS	Tipo IPH	Nombre de la masa	Municipio y Provincia	CC.AA.	Año	Redes de control
965	1	Estany Romedo de Baix	Lladorre (Lérida)	Cataluña	2012	V
967	1	Lac de Mar	Naut Arán (Lérida)	Cataluña	2012	I
968	20	Laguna de Sariñena	Sariñena (Huesca)	Aragón	2012	V O
973	26	Galacho de Juslibol	Juslibol (Zaragoza)	Aragón	2012	V O
974	23	Laguna de Carralagroño	Laguardia (Álava)	País Vasco	2013	V O
976	26	Galacho de La Alfranca	Pastriz (Zaragoza)	Aragón	2012	V

MAS	Tipo IPH	Nombre de la masa	Municipio y Provincia	CC.AA.	Año	Redes de control
980	1	Estany de Mariola	Lladorre (Lérida)	Cataluña	2012	I
981	2	Estany de Montolíu	Naut Arán (Lérida)	Cataluña	2012	I
982	1	Embalse Bramatuero Alto	Panticosa (Huesca)	Aragón	2012	I
984	23	Laguna de Gallocanta	Berruoco (Zaragoza)	Aragón	2013	V R
985	18	Laguna de la Estanca	Caspe (Zaragoza)	Aragón	2012	V O
988	23	Salada Grande o Laguna de Alcañiz	Alcañiz (Teruel)	Aragón	2013	V O
989	23	Laguna de La Playa	Sástago (Zaragoza)	Aragón	2013	V O
990	22	Laguna Salada de Chiprana	Chiprana (Zaragoza)	Aragón	2012	V O
991	1	Laguna Larga	Neila (Burgos)	Castilla y León	2012	O
992	23	Laguna de Carravalseca	Laguardia (Álava)	País Vasco	2013	V O
993	18	Pantano de la Grajera	Logroño (La Rioja)	La Rioja	2012	I
999	1	Embalse de Arriel Alto	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón	2012	I
1003	2	Embalse de Ip	Canfranc (Huesca)	Aragón	2012	I
1007	18	Embalse de las Cañas	Viana (Navarra)	Navarra	2012	V O
1012	4	Estany de la Llebreta	La Val de Boí (Lérida)	Cataluña	2012	V
1013	1	Embalse Bramatuero Bajo	Panticosa (Huesca)	Aragón	2012	I
1016	20	Laguna de Pitillas	Pitillas (Navarra)	Navarra	2013	V O
1015	1	Estany Gran del Pessó	La Val de Boí (Lérida)	Cataluña	2012	I
1017	1	Laguna Negra	Neila (Burgos)	Castilla y León	2012	V O
1019	15	Lago de Arreo	Lantarón (Álava)	País Vasco	2012	V
1021	1	Estany de Mariolo	La Torre de Cabdella (Lérida)	Cataluña	2012	V
1022	18	La Estanca de Alcañiz	Alcañiz (Teruel)	Aragón	2012	V O
1025	24	Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Arkaute	Vitoria-Gasteiz (Álava)	País Vasco	2012	V O
1027	2	Lago de Marboré	Bielsa (Huesca)	Aragón	2012	V
1035	18	Laguna de Lor	Cascante (Navarra)	Navarra	2012	V O
1037	21	Laguna del Musco	Laguardia (Álava)	País Vasco	2013	V
1045	24	Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Betoño	Vitoria-Gasteiz (Álava)	País Vasco	2012	I
1046	11	Cañizar de Villarquemado	Villarquemado (Teruel)	Aragón	2012	I
1050	2	Ibón de Baños	Panticosa (Huesca)	Aragón	2012	I
1677	18	Balsa de la Morea	Beriain (Navarra)	Navarra	2012	V O
1678	18	Balsa del Pulguer	Tudela (Navarra)	Navarra	2012	V
1682	16	Laguna de Prao de la Paúl	Laguardia (Álava)	País Vasco	2012	I
1683	23	Salinas de Añana	Salinas de Añana (Álava)	País Vasco	2013	I
1743	5	Complejo Lagunar Humedales de la Sierra de Urbión. Laguna pequeña de Urbión	Viniegra de Abajo (La Rioja)	La Rioja	2013	I
1744	3	Laguna de Urbión	Viniegra de Abajo (La Rioja)	La Rioja	2012-2013	I
1745	1	Complejo Lagunar Cuenca de San Nicolás (1,3): Estany Llong (tipo 1)	La Val de Boí (Lérida)	Cataluña	2012	I
1746	1	Complejo Lagunar Cuenca de Flamisell (1,3): Estany de Morera 2 (tipo 1)	La Torre de Cabdella (Lérida)	Cataluña	2012	I
1748	3	Complejo Lagunar Cuenca del Peguera (1,3): Estany de Lladrés (tipo 3)	Espot (Lérida)	Cataluña	2012	I
1754	4	Complejo Lagunar Cuenca del Peguera tipo 4: Estany Trescuro de Baix	Espot (Lérida)	Cataluña	2012	I
1755	3	Complejo Lagunar Cuenca del Bohi tipo 3: Estany Xic del Pessó	La Val de Boí (Lérida)	Cataluña	2012	I
1756	4	Complejo Lagunar Cuenca de San Nicolás tipo 4: Estany de Dellui	La Val de Boí (Lérida)	Cataluña	2012	I
1757	11	L'Aríspe y Baltasar y Panxa. Ullals de Baltasar	Amposta (Tarragona)	Cataluña	2012	I
-	16	Laguna de Guialguerrero	Cubel (Zaragoza)	Aragón	2012	V R
-	2	Ibón de Estanés	Ansó (Huesca)	Aragón	2012-2013	I

Programas de Control (o Redes)= V: Vigilancia - O: Operativo - I: Investigación - R: Referencia.

De los 41 lagos estudiados en 2012, hay dos que todavía están pendientes de declararse como masa de agua: la Laguna del Guialguerrero y el Ibón de Estanés. Asimismo varias masas de agua son complejos lagunares, por lo que en estos casos se seleccionó un lago representativo del complejo lagunar para llevar a cabo el muestreo.

En 2013 se han muestreado 11 lagos, la mayoría lagos temporales. Hay dos lagos, la laguna de Urbión y el Ibón de Estanés, que se han muestreado tanto en 2012 como en 2013.

### 4.3 METODOLOGÍA DE MUESTREO

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 2012 los muestreos se llevaron a cabo durante los meses de agosto y septiembre. Se visitó cada lago una vez.
- En 2013 la mayoría de los lagos muestreados han sido lagos temporales de las tipologías 5, 21 y 23. Se han muestreado en dos ocasiones a lo largo del año, a finales del invierno (marzo), que se corresponde con el inicio del llenado y, en primavera (a finales de mayo), antes del comienzo de la época de desecación estival. La Laguna de Urbión y el Ibón de Estanés se han visitado una vez a finales de julio.

En todos los casos se ha procedido a la toma de medidas in-situ y a la toma de muestras para evaluar las condiciones biológicas, fisicoquímicas e hidromorfológicas de cada masa de agua. Para los muestreos se han seguido las directrices metodológicas de los Protocolos de muestreo y análisis publicados para cada indicador de calidad por el Ministerio y por el CEDEX:



Embalse Bramatuero Bajo. Panticosa (Huesca).

- **Fitoplancton**

- Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. Código: M-LE-FP-2013.
- Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. Código: MFIT-2013.

- **Otra Flora Acuática**

- Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos. Código: ML-L-OFM-2013.
- Protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos. Código: OFALAM-2013.

- **Invertebrados Bentónicos**

- Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos. Código: ML-L-I-2013.
- Protocolo para el cálculo del índice de invertebrados IBCAEL en lagos. Código: IBCAEL-2013.

- **Indicadores Físicoquímicos e Hidromorfológicos**

- Especificaciones establecidas en el protocolo de muestreo de fitoplancton de lagos y embalses. Código: M-LE-FP-2013.
- Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y físicoquímicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lagos en aplicación de la DMA. CEDEX, 2010d.
- Orden MAM/3207/2006, de 25 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MMA-EECC-1/06, sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.

Las muestras se han conservado refrigeradas (en torno a 4°C) y en ausencia de luz (en neveras rígidas) durante su traslado al laboratorio y hasta su análisis.

## ■ 4.4 DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO

### ■ 4.4.1 MÉTRICAS APLICADAS

Para valorar las condiciones biológicas, físicoquímicas e hidromorfológicas de los lagos cuyo estado ecológico se quiere determinar, se han empleado los siguientes elementos de calidad recomendados por la IPH:

#### ■ 4.4.1.1 INDICADORES BIOLÓGICOS

De los elementos de calidad recomendados por la IPH (fitoplancton, otra flora acuática –macrófitos–, fauna bentónica de invertebrados y fauna ictiológica) se han utilizado los siguientes:

\* **Fitoplancton.** Se utiliza por su valor indicador del nivel de eutrofia en las aguas. Las métricas que se aplican a lagos son únicamente aquéllas relacionadas con abundancia y biomasa.

- **Concentración de clorofila-a.** Es una métrica indirecta de la abundancia y biomasa del fitoplancton y, por lo tanto, de la producción primaria y del grado trófico de la masa de agua. Esta métrica es considerada en todos los lagos de la demarcación. Se expresa en mg/m<sup>3</sup>.

- **Biovolumen total de fitoplancton.** Esta métrica se logra a partir del sumatorio del biovolumen de cada taxón presente en la muestra, que se obtiene multiplicando la abundancia de cada taxón por el volumen promedio de un individuo de ese taxón. Sólo se utiliza para los lagos de los tipos 1-4, 11 y 15, ya que para el resto de tipologías no se dispone de condiciones de referencia. Se expresa en mm<sup>3</sup>/L.
- \* **Otra flora acuática.** En este caso se refiere a los macrófitos (hidrófitos y helófitos) presentes en una masa de agua. Evalúan las presiones de tipo hidromorfológico, de eutrofización y las presiones por introducción de especies exóticas. Las métricas utilizadas son:
  - **Presencia/Ausencia de hidrófitos.** Esta métrica se utiliza únicamente en los lagos de los tipos 1-5 y, de éstos, sólo en aquéllos que de manera natural pueden tener macrófitos. Se excluyen por lo tanto aquellos lagos situados por encima de los 2300m de altitud y aquéllos que no disponen de un sustrato adecuado para el enraizamiento de hidrófitos.
  - **Riqueza de especies de macrófitos típicos.** Esta métrica se aplica en los tipos de lagos 11, 15-18 y 24 a 26. El procedimiento consiste en el recuento de todos los taxones típicos de macrófitos, tanto hidrófitos como helófitos, presentes en la masa de agua.
  - **Cobertura total de hidrófitos típicos.** Se aplica en los lagos de los tipos 11, 15, 18 y 20-26. Se obtiene un porcentaje de cobertura de hidrófitos en la zona de la cubeta que reúne las características para ser colonizada.
  - **Cobertura total de helófitos típicos.** Esta métrica se aplica en los tipos de lagos 11, 15-18 y 20-26. Evalúa el porcentaje de cobertura de helófitos litorales en las zonas del litoral de la cubeta, que por sus condiciones de tipo de sustrato y pendiente, permitan el enraizamiento.
  - **Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas.** Se utiliza en todos los tipos de lagos para medir la presión por eutrofización. Como resultado se obtiene un porcentaje de cobertura de aquellas especies de hidrófitos propias de aguas eutróficas.
  - **Cobertura de especies exóticas de macrófitos.** Esta métrica se usa en todos los tipos de lagos. Evalúa la presión por especies exóticas, cuantificando la presencia de estas especies en la masa de agua.
- \* **Fauna de invertebrados bentónicos.** Responde a presiones de eutrofización y de tipo hidromorfológico. Se evalúa mediante una única métrica.
- **IBCAEL.** Esta métrica se aplica a todos los tipos de lagos. Se calcula a partir de las muestras de macroinvertebrados (índice RIC) y microinvertebrados bentónicos (índice ABCO).

#### ■ 4.4.1.2 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

Teniendo en cuenta el documento del CEDEX, se han medido las siguientes métricas representativas de las condiciones generales de los lagos:

- **Transparencia:** Profundidad de visión del Disco de Secchi (m). Esta métrica será de aplicación únicamente en los tipos de lagos profundos de los tipos 1-4 y 15.
- **Salinidad:** Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- **Estado de acidificación:** pH y Alcalinidad (meq/l).
- **Condiciones relativas a nutrientes:** Fósforo total (mg/l).

#### ■ 4.4.1.3 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Se han tenido en cuenta las métricas propuestas por el CEDEX.

- **Alteraciones en el hidropериодо y en el régimen de fluctuación del nivel de agua.** Se considera que existe alteración significativa si se detecta la existencia de alguno de los siguientes impactos:
  - El caudal influente principal está regulado.
  - La masa de agua subterránea asociada presenta un mal estado cuantitativo, o el acuífero asociado está declarado como sobreexplotado.
  - Existencia de drenajes.
  - Existencia de aportes artificiales con características mineralógicas o tróficas significativamente diferentes de los naturales.
  - Existencia de aprovechamiento hidroeléctrico o cualquier otra actividad de regulación con incidencia significativa sobre el hidropериодо o el régimen de fluctuación del nivel del agua.
  - >50% de la cuenca vertiente está destinada a unos usos diferentes de los naturales o seminaturales.
- **Alteraciones en el régimen de estratificación.** Existe alteración significativa si se detecta la existencia de alguno de los siguientes impactos:
  - Existencia de aprovechamiento hidroeléctrico activo.
  - Otras actividades de regulación con incidencia significativa en los procesos naturales de mezcla y estratificación.
  - Existencia de vertidos térmicos.
- **Alteraciones en el estado y estructura de la cubeta.** Se considera que existe alteración significativa si se detecta la existencia de alguno de los siguientes impactos:
  - Acumulación antrópica de sedimentos.
  - Existencia de actividades de extracción de material.
  - Dragado.
  - Ahondamiento de la cubeta.
  - Existencia de estructuras artificiales en la cubeta.
  - >50% de la cuenca vertiente está destinada a unos usos diferentes de los naturales o seminaturales.
- **Alteraciones en el estado y estructura de la zona ribereña.** Existe alteración significativa si se detecta la existencia de alguno de los siguientes impactos:
  - Acumulación antrópica de materiales.
  - Existencia de actividades de extracción de material.
  - Existencia de estructuras artificiales en la cubeta.
  - Roturación de la zona ribereña para usos agrícolas.
  - Reducción de la cobertura natural de vegetación riparia.
  - Actividad ganadera intensiva.
  - Procesos de sobreerosión.
  - Plantación de especies exóticas.

## ■ 4.4.2 CÁLCULO DE ESTADO ECOLÓGICO

### ■ 4.4.2.1 INDICADORES BIOLÓGICOS

\* **Fitoplancton.** Para obtener el nivel de calidad del indicador, se siguen los siguientes pasos: En primer lugar, se realiza el **cálculo del Ratio de Calidad Ecológico (RCE)** para las métricas “concentración de clorofila a” y “biovolumen total de fitoplancton”. Se calcularán de forma inversa al procedimiento general, es decir, como la relación entre la Condición de Referencia (CR) y el valor de la métrica obtenido.

- Cálculo para la concentración de clorofila-a (CONCLOa):  
RCE:  $[(1/\text{CONCLOa}) / (1/\text{CR\_CONCLOa})]$
- Cálculo para para el biovolumen total (BVOL<sub>TOT</sub>):  
RCE:  $[(1/\text{BVOL}_{\text{TOT}}) / (1/\text{CR\_BVOL}_{\text{TOT}})]$

Posteriormente se transforman los valores de RCE obtenidos a **RCE transformados** con el fin de normalizarlos a una escala lineal común:

- $\text{RCE\_trans} = \text{Val.trans}_i + (\text{RCE} - \text{Val}_i) * [(\text{Val.trans}_s - \text{Val.trans}_i) / (\text{Val}_s - \text{Val}_i)]$

Donde:

- RCE\_trans= Ratio de Calidad Ecológica transformado
- RCE= Ratio de Calidad Ecológica sin transformar
- Val.trans<sub>i</sub>= Valor de RCE de cambio de clase estado ecológico inferior transformado
- Val<sub>i</sub>= Valor de RCE de cambio de clase estado ecológico inferior sin transformar
- Val.trans<sub>s</sub>= Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior transformado
- Val<sub>s</sub>=Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior sin transformar

A continuación **se combinan los RCE transformados** para la clasificación del estado ecológico utilizando la siguiente fórmula:

- $\text{RCE trans final} = 0,75 \text{ RCE\_trans (CONCLOa)} + 0,25 \text{ RCE\_trans (BVOL}_{\text{TOT}})$

Por último, este **RCE transformado final se reescala a valores entre 0 y 1** tal como se recoge en la tabla 4.3.

■ **TABLA 4.3** UMBRALES PARA EL INDICADOR BIOLÓGICO FITOPLANCTON

Fitoplancton					
Rangos	Muy Bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
RCE trans final	>0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	<0,2

\* **Otra Flora Acuática.** Para obtener el nivel de calidad del indicador, en primer lugar se obtiene el **promedio** de las métricas que responden a cada tipo de presión (presiones de tipo hidromorfológico, presiones por eutrofia y presiones por especies exóticas). Posteriormente se sigue el criterio “One out-all out” y se escoge como valor el nivel de calidad de la métrica con **peor valor**.

\* **Fauna bentónica de invertebrados.** El nivel de calidad de este indicador es el **valor** directamente obtenido para la métrica IBCAEL que se calcula de la siguiente manera:

- $IBCAEL = (ABCO+1) \cdot \log(RIC+1)$

La combinación de los resultados obtenidos para los tres indicadores biológicos se realiza también según la norma “One out-all out”. Según este principio, el **estado según los indicadores biológicos** se corresponderá con el **peor** de los valores obtenidos de los tres.

#### ■ 4.4.2.2 INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS E HIDROMORFOLÓGICOS

Como nivel de calidad fisicoquímico e hidromorfológico se escogerá el de la métrica que haya obtenido una **peor** valoración en cada caso.

Para la **clasificación del estado ecológico** el peso principal lo tienen los indicadores de calidad biológicos. Los otros indicadores (fisicoquímicos e hidromorfológicos) se utilizan para modular el estado obtenido a partir de los indicadores biológicos. Las reglas de combinación se muestran en la tabla 4.4.

■ **TABLA 4.4** REGLAS DE COMBINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD EN LA CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LOS LAGOS

Indicadores BIOLÓGICOS	Indicadores FÍSICOQUÍMICOS	Indicadores HIDROMORFOLÓGICOS	Estado Ecológico
MB	MB	MB	MB
	MB/B	B	B
	Mod	MB/B	Mod
B	MB/B	MB/B	B
	Mod	-	Mod
Mod	MB/B	-	Mod
	Mod	-	Mod
Def	MB/B/Mod	-	Def
Malo	MB/B/Mod	-	Malo

Para los lagos artificiales o muy modificados debería calcularse el potencial ecológico en lugar del estado ecológico. En este sentido aún se está investigando y consensuando cuál es la metodología más adecuada para hacerlo, por eso hasta el momento en la demarcación hidrográfica del Ebro no se ha hecho ninguna diferenciación, aunque debe entenderse que en el caso de las masas de agua muy modificadas o artificiales cuando el resultado de la clasificación del estado ecológico es “muy bueno”, en realidad debería decirse que su potencial ecológico es “máximo”.

En el caso del estado químico todavía no se calcula ya que no se ha establecido aún la metodología más apropiada para su cálculo.

## 4.5 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS MASAS DE AGUA

En la tabla 4.5 se muestran, para los 41 lagos muestreados en 2012 y los 11 lagos de 2013, los resultados obtenidos para los indicadores de calidad biológicos, físicoquímicos e hidromorfológicos así como la clasificación del estado ecológico.

El significado de las columnas es el siguiente:

- **MAS:** código asignado a la masa de agua.
- **Tipo IPH:** tipología de la masa de agua.
- **IND\_B:** resultado de la evaluación de los indicadores biológicos en el año 2012-2013 (metodología apartado 4.4.2.1).
- **IND\_FQ:** resultado de la evaluación de los indicadores físicoquímicos en el año 2012-2013 (metodología apartado 4.4.2.2.)
- **IND\_HM:** resultado de la evaluación de los indicadores hidromorfológicos en el año 2012-2013 (metodología apartado 4.4.2.2.)
- **EE:** estado ecológico en año 2012-2013 (metodología apartado 4.4.2.)

**TABLA 4.5** ESTADO ECOLÓGICO DE LOS LAGOS MUESTREADOS EN 2012-2013

MAS	TIPO IPH	Nombre de la masa de agua	Naturaleza	IND_B	IND_FQ	IND_HM	EE_2012/13
965	1	Estany Romedo de Baix	Muy modificada	MB	B	B o Inferior	B
967	1	Lac de Mar	Muy modificada	B	B	B o Inferior	B
968	20	Laguna de Sariñena	Muy modificada	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
973	26	Galacho de Juslibol	Muy modificada	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
974	23	Laguna de Carralagroño	Natural	MB	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
976	26	Galacho de La Alfranca	Muy modificada	Malo	MB	Sin Datos	Malo
980	1	Estany de Mariola	Natural	B	MB	Sin Datos	B
981	2	Estany de Montolíu	Natural	MB	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod
982	1	Embalse Bramatuero Alto	Muy modificada	B	B	B o Inferior	B
984	23	Laguna de Gallocanta	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
985	18	Laguna de la Estanca	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
988	23	Salada Grande o Laguna de Alcañiz	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
989	23	Laguna de La Playa	Natural	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
990	22	Laguna Salada de Chiprana	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
991	1	Laguna Larga	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
992	23	Laguna de Carravalseca	Natural	MB	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
993	18	Pantano de la Grajera	Muy modificada	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
999	1	Embalse de Arriel Alto.	Muy modificada	B	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
1003	2	Embalse de Ip	Muy modificada	B	B	B o Inferior	B
1007	18	Embalse de las Cañas	Muy modificada	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1012	4	Estany de la Llebreta	Natural	MB	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod

MAS	TIPO IPH	Nombre de la masa de agua	Naturaleza	IND_B	IND_FQ	IND_HM	EE_2012/13
1013	1	Embalse Bramatuero Bajo	Muy modificada	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1015	1	Estany Gran del Pessó	Natural	MB	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod
1016	20	Laguna de Pitillas	Natural	Mod	B	B o Inferior	Mod
1017	1	Laguna Negra	Natural	Def	Mod o Inferior	Sin Datos	Def
1019	15	Lago de Arreo	Natural	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1021	1	Estany de Mariolo	Muy modificada	MB	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
1022	18	La Estanca de Alcañiz	Muy modificada	Def	B	B o Inferior	Def
1025	24	Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Arkaute	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
1027	2	Lago de Marboré	Natural	Mod	B	B o Inferior	Mod
1035	18	Laguna de Lor	Muy modificada	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
1037	21	Laguna del Musco	Natural	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1045	24	Encharcamientos de Salburúa y Balsa de Betoño	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
1046	11	Cañizar de Villarquemado	Muy modificada	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
1050	2	Ibón de Baños	Natural	Mod	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
1677	18	Balsa de la Morea	Muy modificada	Malo	MB	B o Inferior	Malo
1678	18	Balsa del Pulguer	Muy modificada	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1682	16	Laguna de Prao de la Paúl	Artificial	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1683	23	Salinas de Añana	Artificial	Malo	B	B o Inferior	Malo
1743	5	Complejo Lagunar humedales de la Sª Urbión: Laguna pequeña de Urbión	Natural	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
1744	3	Laguna de Urbión 2012	Natural	Mod	B	Sin Datos	Mod
1744	3	Laguna de Urbión 2013	Natural	MB	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod
1745	1	Complejo Lagunar Cuenca de San Nicolás (1,3): Estany Llong (tipo 1)	Muy modificada	B	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod
1746	1	Complejo Lagunar Cuenca de Flamisell (1,3): Estany de Morera 2 (tipo 1)	Natural	MB	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
1748	3	Complejo Lagunar Cuenca del Peguera (1,3): Estany de Lladrés (tipo 3)	Artificial	MB	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
1754	4	Complejo Lagunar Cuenca del Peguera tipo 4: Estany Trescuro de Baix	Natural	MB	MB	B o Inferior	B
1755	3	Complejo Lagunar Cuenca del Bohi tipo 3: Estany Xic del Pessó	Natural	MB	Mod o Inferior	Sin Datos	Mod
1756	4	Complejo Lagunar Cuenca de San Nicolás tipo 4: Estany de Dellui	Natural	MB	B	Sin Datos	B
1757	11	L'Arisepe y Baltasar y Panxa. Ullals de Baltasar	Natural	Def	Mod o Inferior	B o Inferior	Def
-	16	Laguna de Guialguerrero	Natural	Malo	Mod o Inferior	B o Inferior	Malo
-	2	Ibón de Estanés 2012	Natural	Mod	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod
-	2	Ibón de Estanés 2013	Natural	Mod	Mod o Inferior	B o Inferior	Mod

IND\_B: MB (Muy Bueno), B (Bueno), Mod (Moderado), Def (Deficiente) y Malo (Malo).

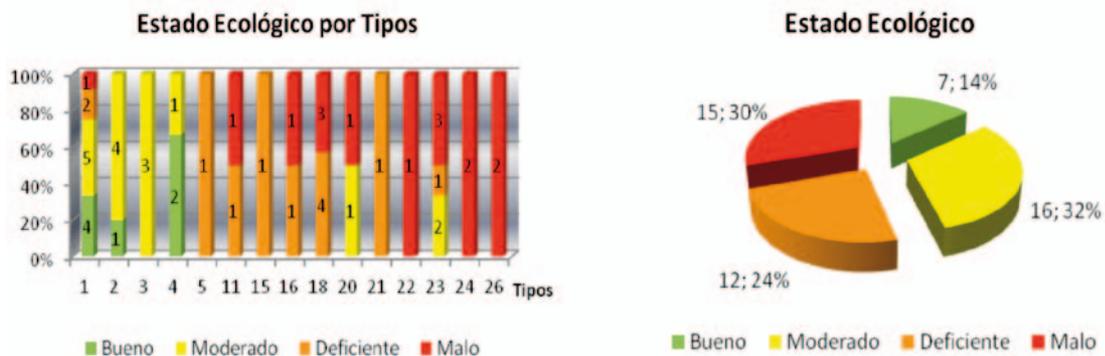
IND\_FQ: MB (Muy Bueno), B (Bueno) y Mod o Inferior (Moderado o Inferior).

IND\_HM: B o Inferior (Bueno o Inferior) y Sin Datos (Sin Datos).

EE: MB (Muy Bueno), B (Bueno), Mod (Moderado), Def (Deficiente), Malo (Malo).

En la figura 4.1. se puede observar la representación gráfica de la tabla 4.5. En el mapa 4.2. (recogido al final del informe) se puede ver la ubicación de los lagos muestreados en la demarcación, con los resultados del estado ecológico 2012-2013.

■ **FIGURA 4.1** RESULTADOS DEL ESTADO ECOLÓGICO 2012-2013



Los números de las columnas representan el nº de lagos.

## 4.6 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados analizados, durante los muestreos de 2012-2013 ningún lago ha obtenido la clasificación de “muy bueno”, 7 lagos han sido clasificados como “bueno”, 16 “moderado”, 12 “deficiente” y 15 “malo”.

Por tipologías puede apreciarse que la mayor parte de los lagos de tipologías de alta montaña (1-4) reciben la clasificación de estado ecológico de “bueno” o “moderado”. Por el contrario, la mayor parte de los lagos interiores (tipos 11, 15, 16, 18, 20, 24 y 26) se hallan en estado “deficiente” o “malo”, y las lagunas temporales (tipos 5, 21, 23) estudiadas alcanzan un estado ecológico “moderado”, “deficiente” o “malo”.

En general lo que se observa es un empeoramiento del estado ecológico en los lagos ya muestreados previamente. Este empeoramiento puede deberse a dos causas:

- *Condiciones hidrológicas atípicas de 2012 y 2013*: el año 2012 fue extremadamente seco y cálido y 2013 ha sido un año con bastante pluviosidad y no demasiado caluroso.
- *Diferencias en la metodología de muestreo y análisis* respecto a los protocolos utilizados en años anteriores que estaban pendientes de aprobación definitiva por el Ministerio.

El año 2012 fue un año con una gran sequía y en general todos los lagos presentaron niveles hídricos más bajos de lo habitual. Esta circunstancia fue especialmente destacable en el Embalse de Ip y el Lac de Mar que tienen aprovechamiento hidroeléctrico; en el Lago de Marboré y el Embalse de Arriel Alto que están represados y, en los Embalses Bramatuero Alto y Bajo que sufrieron detracciones de agua muy importantes para realizar reparaciones en la presa.

La Laguna de Guialguerrero, el Embalse de las Cañas y el Cañizar de Villarquemado estaban prácticamente secos, ya que llevaban muchos meses sin recibir aportes de agua a causa de la sequía. La Laguna de Lor estaba también casi vacía ya que está regulada y el agua se utiliza para regadío y, la Balsa del Pulguer también presentó un nivel mucho más bajo que en años anteriores.



Estany de Montoliu. Naut Aran (Lleida).

Respecto a las lagunas temporales muestreadas en 2013, en el caso de la Laguna de Carralagroño, Carravalseca y Gallocanta pertenecientes a la tipología 23 y en el caso de la Laguna del Musco del tipo 21, la conductividad no ha alcanzado el mínimo característico del tipo. En estudios posteriores se analizará si se está produciendo una dilución artificial de las aguas, si depende de la variabilidad interanual de los nutrientes o si la pertenencia de estas lagunas al tipo asignado no es adecuada.

Por otro lado, la aplicación en este estudio 2012-2013 de las versiones aprobadas de los protocolos de muestreo y análisis elaborados por el Ministerio, con variaciones en las métricas aplicables y límites más restrictivos, hace que en algunos casos lagos que anteriormente alcanzaban el buen estado ahora no cumplan. Es el caso de la Laguna de la Estanca. En ella el cinturón de helófitos es del 100%. En años anteriores la métrica "Otra flora acuática" había alcanzado el estado "muy bueno", pero con la aplicación del nuevo protocolo de muestreo hay especies de helófitos con porcentajes de cobertura muy elevados que al no considerarse típicas para la tipología a la que pertenecen las lagunas, no son tenidas en cuenta para la métrica "Cobertura de helófitos típicos". En otros casos, la presencia de macrófitos no característicos del tipo provoca que descienda la métrica "Riqueza de especies de macrófitos".

En el caso del fitoplancton, solamente se han tenido en cuenta métricas relacionadas con la abundancia y la biomasa, como establece la versión aprobada del protocolo. Sin embargo no se han tenido en cuenta métricas relacionadas con la composición que sí se tuvieron en cuenta en años anteriores.

Unido a esto, la incorporación de métricas diferentes para los indicadores hidromorfológicos hace que muy pocos lagos puedan alcanzar el estado ecológico "muy bueno". Por ejemplo en el Estany Trescuro de Baix, tanto los indicadores biológicos como los fisicoquímicos se clasifican como "muy bueno", pero al estar regulada la cuenca, se considera presencia de presión y el estado ecológico final es "bueno".