



**DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL DE EMBALSES  
EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

**EMBALSE DE OLIANA**

**LIMNOS**

**1996**

**EMBALSE DE OLIANA****1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

<b>Nombre:</b>	Oliana
<b>Pki - Pkf:</b>	15.500-16.600
<b>Código cauces:</b>	
<b>Cuenca:</b>	Segre
<b>CH:</b>	Ebro
<b>Provincia:</b>	Lérida
<b>Propietario:</b>	Estado
<b>Año de terminación:</b>	1959

**2) USOS Y TIPO DE PRESA**

<b>Usos:</b>	Riegos/ Hidroeléctrico/Regulación
<b>Actividades:</b>	Navegación/Navegación a motor/Baños/Pesca
<b>Interés Natural:</b>	-

**Comentarios:**

- La finalidad del embalse es la regulación del río Segre para el riego a través del Canal Principal de Urgel (que sale a unos 35 km aguas abajo de la presa), y la producción de energía eléctrica en la central de pie de presa. La central hidroeléctrica es propiedad de F.E.C.S.A. y tiene una potencia instalada de 42.000 KVA en tres grupos de generación.
- La navegación y el baño son actividades que se practican en el embalse, aunque de forma limitada por las dificultades de acceso a la orilla. Desde el punto de vista de la explotación sólo existen restricciones a aquellas actividades cuando el volumen embalsado es muy bajo (cota 488,6 mínima de explotación).
- El embalse tienen un interés natural por aves acuáticas moderado (se observan anátidas y garzas).

<b>Tipo de presa:</b>	Gravedad con planta curva
<b>Cota tomas (m s.n.m.):</b>	Aliviadero: 509,3
	Central hidroeléctrica: 482,5
	Desagüe de fondo: 446,68
	Desagüe de fondo: 446,79
<b>Torre de tomas:</b>	No existe
<b>Escala de peces:</b>	No existe

## Comentarios:

- Las cotas que se presentan son las oficiales en m s.n.m.; en los documentos del proyecto la cota de máximo nivel normal es la 472,7 (primitiva) que equivale a 518,3 (oficial).
- El embalse cuenta con los siguientes órganos de maniobra: aliviadero en coronación con compuertas, toma de agua en la margen izquierda adosada al paramento aguas arriba de la presa, y desagües de fondo instalados en los túneles de desviación del río (cota umbral del desagüe derecho 446,6 e izquierdo 446,79). La central hidroeléctrica se encuentra al pie de la presa en su estribo izquierdo y recibe las tres tuberías forzadas procedentes de la toma, que conectan con las tres turbinas tipo Francis existentes, con un caudal de turbinación de 20,7 m<sup>3</sup>/s cada una. El caudal turbinado se restituye a pie de presa (unos 15 m aguas arriba del túnel izquierdo del desagüe de fondo). El caudal mínimo para riegos y servidumbre varía entre 11,45 (marzo) y 20 m<sup>3</sup>/s (junio-julio).
- La toma hidroeléctrica se encuentra en el hipolimnion aunque se localiza a unos 40 m por encima del nivel del cauce lo cual atenúa el riesgo de turbinar aguas anóxicas en caso de que se produzcan.
- Los desagües de fondo se encuentran actualmente inoperantes y está en proyecto su reparación.

**3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA**

<b>Volumen (hm<sup>3</sup>):</b>	101
<b>Superficie (ha):</b>	443
<b>Cota (m s.n.m.):</b>	518,3
<b>Profundidad máxima (m):</b>	72,7
<b>Profundidad media (m):</b>	22,8
<b>Profundidad termoclina (m):</b>	5-15
<b>Desarrollo de volumen:</b>	1,0
<b>Volumen epilimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	11-20
<b>Volumen hipolimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	38-80
<b>Relación E/H:</b>	0,2-0,3
<b>Fluctuación de nivel:</b>	Mucha
<b>Tiempo de residencia (meses):</b>	1-2

**Comentarios:**

- La termoclina se encuentra entre 5 y 15 m en verano; el límite superior de la termoclina se encuentra entre 5 y 7 m mientras que el límite inferior es más variable y difícil de determinar.
- Los volúmenes de epilimnion y hipolimnion se han calculado para la reserva más baja (49 hm<sup>3</sup>), media (85,4 hm<sup>3</sup>) y más alta (100,5 hm<sup>3</sup>) observadas en agosto (en el periodo de 1959-1990). La relación E/H es menor que 1 en todos los casos considerados, lo cual reduce la probabilidad de aparición de anoxia.
- La oscilación del embalse es elevada y supera los 10 m. Esto unido al perfil del embalse en V ( $D_v = 1$ ) favorece la erosión de las laderas.
- El tiempo de residencia es en general bajo, lo cual limita la eutrofia.

#### 4) HIDROQUÍMICA

##### Embalse

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>):</b>	160-445
<b>Calcio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	20-62
<b>Fosfato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,01-0,28
<b>Nitrato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0-4,15
<b>Amonio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,01-1,75

##### Comentarios:

- El agua presenta una mineralización moderada. La concentración de calcio es relativamente elevada, lo cual tiende a disminuir la eutrofia. La concentración de nutrimento puede ser bastante elevada (especialmente el nitrógeno) y se debe a los aportes del río Segre.

##### Tributario principal

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>):</b>	217-445
<b>Calcio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	57-59,7
<b>Fosfato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,02-0,3
<b>Nitrato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,1-4,65
<b>Amonio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,02-0,48

##### Comentarios:

- El tributario principal es el río Segre con agua moderadamente mineralizada y contenido de nutrimento bastante elevado en algunas ocasiones. Las cargas de fósforo y nitrógeno se estiman en: 143 tm/año y 789 tm/año respectivamente (según datos de Synconsult de 1990).

## 5) ESTADO TRÓFICO

<b>Nivel trófico:</b>	Eutrófico
<b>Hipolimnion:</b>	Anóxico
<b>Blooms algales:</b>	-

### Comentarios:

- Synconsult (muestreo de 1990-91) y Morgui *et al.* (1990) califican a este embalse como eutrófico. La carga total de fósforo y nitrógeno que alcanza el embalse (tributarios + escorrentía) es de 150 tm/año de fósforo y de 914 tm/año de nitrógeno (según datos de Synconsult, 1990-91). La aplicación del modelo de Vollenweider indica una situación de eutrofia, en la que se sobrepasa ampliamente la carga peligrosa. La abundancia de calcio en el agua, la renovación relativamente alta y el gran volumen del hipolimnion, son factores amortiguadores de la eutrofia de este embalse.
- En el muestreo de 1996, que corresponde a un año húmedo, el embalse es mesotrófico de acuerdo con la concentración de clorofila ( $3,3 \text{ mg/m}^3$ ) y disco de Secchi (2,7 m). Asimismo, la concentración puntual de fósforo en el tributario ( $0,026 \text{ mg/L de PO}_4^{-3}$ ) es relativamente baja por lo que la aplicación del modelo de Vollenweider para esa concentración, da como resultado un estado de mesotrofia.
- El hipolimnion muestra un descenso de la concentración de oxígeno en profundidad hasta quedar totalmente anóxico cerca del fondo. En septiembre de 1996, el agua anóxica apareció a los 30 m de profundidad, localizada por debajo de la toma hidroeléctrica.

## 6) PECES

<b>Densidad:</b>	Media
<b>Especies:</b>	<p><i>Barbus graellsii</i> (barbo de Graells)</p> <p><i>Barbus haasi</i> (barbo culirroyo)</p> <p><i>Chondrostoma toxostoma</i> (madrilla)</p> <p><i>Scardinius erythrophthalmus</i> (gardí)</p> <p><i>Salmo trutta</i> (trucha común)</p> <p><i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco-iris)</p>

## 7) SEDIMENTOS

<b>Nivel de aterramiento:</b>	Medio
<b>Materia orgánica:</b>	Alta
<b>Producción de metano:</b>	Alta
<b>Riesgo de contaminación:</b>	Bajo

### Comentarios:

- La pérdida de capacidad del embalse es de 15,1 hm<sup>3</sup>, lo que supone un 15% de la capacidad inicial (según Avendaño *et al.*, 1996).
- Los lodos son limosos, móviles y con abundante materia orgánica; también se apreció la presencia de metano. Esto representa un riesgo general de enturbiamiento del agua tanto en el embalse como en el tramo fluvial en caso de vertido de fondo.

**8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA**

<b>Anchura del cauce (m):</b>	20-25
<b>Pendiente (%):</b>	0,17
<b>Caudal de compensación (m<sup>3</sup>/s):</b>	4,8
<b>Estructura del lecho:</b>	Tabla
<b>Objetivo de calidad:</b>	OC-2
<b>Usos:</b>	Pesca/riego/piscifactoría
<b>Fauna acuática</b>	
<b>Índice biótico (B.M.W.P.):</b>	67-90
<b>Índice biótico (nivel de calidad):</b>	2
<b>Calificación del tramo según peces:</b>	Transición
<b>Especies de peces:</b>	

*Barbus graellsii* (barbo de Graells)  
*Barbus haasi* (barbo culirroyo)  
*Chondrostoma toxostoma* (madrilla)  
*Leuciscus cephalus* (cacho)  
*Phoxinus phoxinus* (piscardo)  
*Scardinius erythrophthalmus* (gardí)  
*Salmo trutta* (trucha común)  
*Oncorhynchus mykiss* (trucha arco-iris)  
*Gobio gobio* (gobio)  
*Blennius fluviatilis* (fraile)

**Ecosistema de ribera:**

Vegetación de ribera escasa o inexistente. Algunas choperas (*Populus* sp.) alejadas del cauce.

**Comentarios:**

- Aguas abajo de Oliana, el Segre circula por una llanura aluvial bastante ancha y de escasa pendiente. El río es básicamente una tabla con abundantes piedras que aparecen recubiertas de perifiton. No hay bosque de ribera desarrollado.

- En el tramo se practica la pesca (Pesca controlada en consorcio Oliana-Basella) y existe una piscifactoría a 1,5 km de la presa. La comunidad de peces está caracterizada por la dominancia de los ciprínidos autóctonos como el barbo común (*Barbus graellsii*), madrilla (*Chondrostoma toxostoma*) y el cacho (*Leuciscus cephalus*). La trucha común (*Salmo trutta*) se reproduce en el tramo aunque no es muy abundante; también hay trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) que procede de la piscifactoría existente cerca de la presa y de las sucesivas repoblaciones efectuadas.
- El tramo recibe como mínimo un caudal de 4,8 m<sup>3</sup>/s para cubrir las necesidades de agua de la piscifactoría.
- La calidad biológica (índice B.M.W.P.) del tramo fluvial es moderada-alta. Los valores del índice son de aguas de la clase 2 que son aquellas que muestran indicios de contaminación.

## 9) RIESGOS AMBIENTALES

### MORTANDAD DE PECES

1. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas. En sequía.
2. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.
3. Mortandad de peces en el embalse por afloramiento de aguas profundas tóxicas y sedimentos debido a la liberación de metano.
4. Mortandad de peces en el embalse por pérdida de hábitats, destrucción y concentración de individuos. En sequía.
5. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por el régimen hidroeléctrico (variaciones bruscas y de rango elevado del caudal de agua).

## **AFECCIONES A LOS PECES**

1. Afecciones a los peces del embalse por pérdida de áreas de reproducción.
2. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción de los frezaderos por la retención de gravas y arenas en el embalse.
3. Afecciones a los peces por el favorecimiento de la presencia de garzas (*Ardea cinerea*) en los embalses y ríos regulados.
4. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.
5. Afecciones a los peces del embalse por pérdida de hábitat (reducción del alimento) debido a oscilaciones del nivel del agua.
6. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por alteraciones del régimen térmico de las aguas.
7. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por efecto barrera a los desplazamientos aguas arriba y abajo (migraciones de salmónidos).

## **AFECCIONES A OTRA FAUNA**

1. Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del nivel del agua.

## **AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA**

Ninguna.

## **RIESGOS HIDROLÓGICOS**

Ninguno.

## **AFECCIONES A LOS USOS DEL EMBALSE Y DEL TRAMO FLUVIAL**

1. Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por la presencia de tóxicos derivados de los fenómenos de reducción del hipolimnion.
2. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa (ver afecciones a los peces).
3. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del embalse (ver afecciones a los peces).
4. Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por enturbiamiento del agua del embalse o del río.
5. Afección a la pesca en el embalse por la dificultad de acceso con el nivel bajo.
6. Afección a la pesca en el embalse y en el tramo fluvial bajo la presa por el incremento de la población de garzas.
7. Afección a la seguridad física de los pescadores en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal

## **RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN**

1. Presencia de troncos y maderos a la deriva durante en deshielo o en época de lluvias.

## **COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES**

- Los impactos más importantes derivados de las características y estado trófico del embalse afectan al tramo fluvial bajo la presa. En el mismo puede tener lugar una mortandad de peces, debido al turbinado o vertido de fondo de aguas con tóxicos ( $\text{SH}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) por ser anóxicas, en periodos de sequía y con el volumen embalsado bajo. Cuando el volumen embalsado es alto el agua anóxica no alcanza la toma hidroeléctrica. También podría verse afectada la instalación de acuicultura existente 1,5 km aguas abajo de la presa.

- La fluctuación del nivel constituye el factor limitante para el desarrollo de la comunidad de peces en el embalse ya que es causa de pérdida de hábitat, de concentración de individuos y pérdida de puestas principalmente en los periodos de sequía. En el tramo fluvial, la fluctuación del caudal puede ser causa de mortandad de peces (al quedar aislados al disminuir el caudal) y de disminución de la calidad biológica del tramo.
- Con el embalse bajo, existe riesgo de mortandad de peces por mezcla súbita del agua (con tóxicos y sedimento), a causa de la liberación de metano del sedimento.
- La elevada tendencia al aterramiento y el tipo de lodos bastante movilizables, constituyen riesgos de enturbiamiento del agua en el embalse, y en el tramo fluvial en caso de vertidos de agua de fondo. El agua turbia y con lodos podría provocar afecciones a las comunidades biológicas y a los usos del tramo (piscifactoría y pesca).
- Existe riesgo para la navegación a motor por abundancia de troncos y restos vegetales flotantes en periodos de deshielo o de fuertes precipitaciones. En la visita efectuada en septiembre de 1996 en la zona de fluctuación del nivel se observó la presencia muy abundante de troncos, maderos y basuras varias (neumáticos, electrodomésticos etc.).

## **ACTUACIONES (MEDIDAS CORRECTORAS, PROCEDIMIENTOS DE DESEMBALSE; ACTUACIONES EN SEQUÍA).**

Control de la eutrofia: Este embalse es eutrófico debido a los aportes de aguas residuales urbanas, ganaderas e industriales que recibe el Segre. El control de la eutrofia requiere un plan de gestión de aguas residuales de los municipios de la cuenca (principalmente de los procedentes del Valira en Andorra) así como de las instalaciones agroalimentarias y ganaderas existentes en Orgañá y Coll de Nargó. También es favorable el mantenimiento de la tasa de residencia del embalse elevada para limitar la eutrofia.

- Actuaciones en sequía: Controlar la concentración de oxígeno disuelto,  $\text{SH}_2$  y  $\text{NH}_4$  en el agua del hipolimnion. Dejar de turbinar o verter de fondo en las siguientes condiciones:
  - ⇒ si aparece  $\text{SH}_2$
  - ⇒ si no se asegura una concentración de oxígeno superior a 4 mg/L en el agua que se vierte en el río.
  - ⇒ si la concentración de  $\text{NH}_4$  es mayor de 8 mg/L.
- Control del aterramiento: Realizar vertidos de fondo en periodos de alta disponibilidad hídrica y siempre que no se detecte anoxia en el fondo. Coordinar los vertidos de fondo con aportes de agua de aliviadero o de la central hidroeléctrica para disminuir la turbiedad del agua.
- Control del afloramiento de metano: Si se requiere realizar un desembalse importante, controlar la presencia de burbujas en la superficie del agua tras el primer descenso del nivel de 50 cm. Si aparece burbujeo, interrumpir el desembalse hasta que las burbujas desaparezcan. Posteriormente continuar con el mismo procedimiento.
- Control del riesgo de flotantes para la navegación: Retirar los troncos y basuras acumuladas en las laderas cuando el nivel es bajo, al final del verano, para evitar su refluotación durante las lluvias de otoño o en el deshielo de primavera.

## PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

- Medir la concentración de oxígeno a tres niveles en el hipolimnion (toma hidroeléctrica) durante el periodo de estratificación térmica (especialmente al final del verano).
- Analizar la concentración de  $\text{SH}_2$  y  $\text{NH}_4$  si la concentración de oxígeno es inferior a 1 mg/L.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS  
DEL EMBALSE Y TRIBUTARIO PRINCIPAL**

**EMBALSE:** **Oliana** **Fecha:** 12/9/96  
**Coordenadas UTM (presa):** 31TCG590617

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	281	NH <sub>4</sub> superf. (mg/L) :	0
Ca (mg/L) :	-	NH <sub>4</sub> fondo (mg/L) :	0,6
NO <sub>3</sub> (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) :	3,3
PO <sub>4</sub> (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	2,76

---

---

**Tributario principal:** **Segre**

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	372	NO <sub>3</sub> (mg/L) :	2
Ca (mg/L) :	59,7	NH <sub>4</sub> (mg/L) :	0,05
		PO <sub>4</sub> (mg/L) :	0,026

---

---

ESTUDIO DE ÍNDICES BIÓTICOS EN RÍOS REGULADOS DE LA C.H.E.

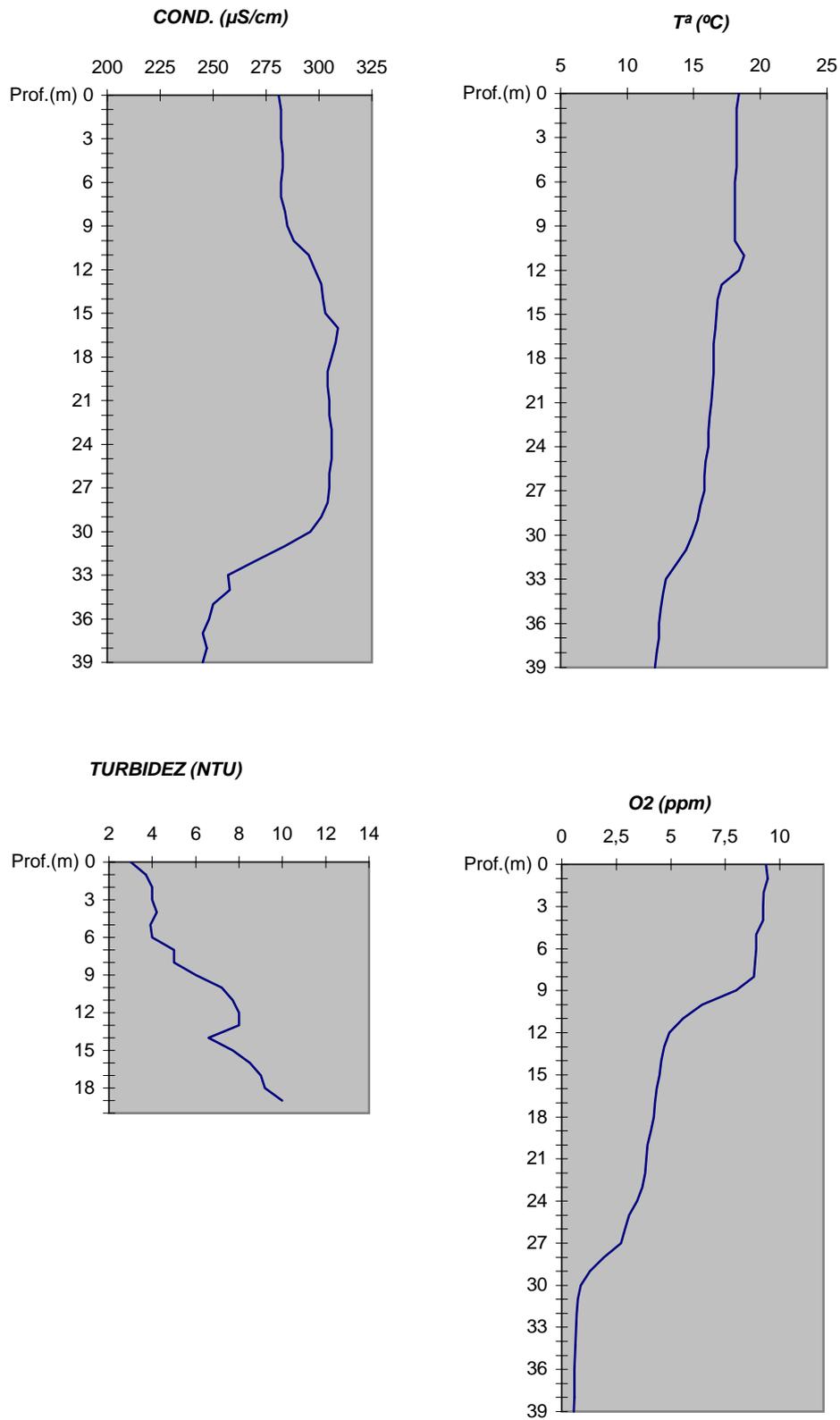
TRAMO FLUVIAL: Segre  
 EMBALSE AGUAS ARRIBA DEL TRAMO: Oliana

FECHA: 12/09/96

B.M.W.P.			
<b>ARÁCNIDOS</b>		<b>EFEMERÓPTEROS</b>	
<i>Hidracarina</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Siphonuridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Heptageniidae</i>	10 <input checked="" type="checkbox"/>
<b>COLEÓPTEROS</b>		<i>Leptophlebiidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Dryopidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Potamanthidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Elmidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemeridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Helophoridae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemerellidae</i>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Hydrochidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Oligoneuriidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
<i>Hydraenidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Baetidae</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Clambidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Caenidae</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Haliplidae</i>	4 <input type="checkbox"/>		
<i>Curculionidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<b>HETERÓPTEROS</b>	
<i>Chrysomelidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Mesovellidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Helodidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Hydrometridae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Hydrophilidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Gerridae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Hygrobiidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Nepidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Dytiscidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Naucoridae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Gyrinidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Pleidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
		<i>Notonectidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<b>CRUSTÁCEOS</b>		<i>Corixidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Astacidae</i>	8 <input type="checkbox"/>		
<i>Corophiidae</i>	6 <input type="checkbox"/>	<b>HIRUDÍNEOS</b>	
<i>Gammaridae</i>	6 <input type="checkbox"/>	<i>Piscicolidae</i>	4 <input type="checkbox"/>
<i>Asellidae</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Glossiphoniidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Ostracoda</i>	3 <input type="checkbox"/>	<i>Hirudidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
		<i>Erpobdellidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<b>DÍPTEROS</b>			
<i>Athericidae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<b>MEGALÓPTEROS</b>	
<i>Blephariceridae</i>	10 <input type="checkbox"/>	<i>Sialidae</i>	4 <input type="checkbox"/>
<i>Tipulidae</i>	5 <input type="checkbox"/>		
<i>Simuliidae</i>	5 <input checked="" type="checkbox"/>	<b>MOLUSCOS</b>	
<i>Tabanidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Neritidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Stratiomyidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Viviparidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Empididae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Ancylidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Dolichopodidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Unionidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
<i>Dixidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Valvatidae</i>	3 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Ceratopogonidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Hydrobiidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Anthomyiidae</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Lymnaeidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Limoniidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Physidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Psychodidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Planorbidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Chironomidae</i>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Bithyniidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Culicidae</i>	2 <input type="checkbox"/>	<i>Bythinellidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Muscidae</i>	2 <input type="checkbox"/>	<i>Sphaeridae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Thaumaleidae</i>	2 <input type="checkbox"/>		
<i>Ephydriidae</i>	2 <input type="checkbox"/>	<b>TURBELARIOS</b>	
		<i>Planariidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
		<i>Dugesidae</i>	5 <input checked="" type="checkbox"/>
		<i>Dendrocoelidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
		<b>ODONATOS</b>	
		<i>Aphelocheiridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Lestidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Calopterygidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Gomphidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Cordulegasteridae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Aeshnidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Corduliidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Libellulidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Platycnemididae</i>	6 <input type="checkbox"/>
		<i>Coenagriidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
		<b>OLIGOQUETOS</b>	
		Todos	1 <input checked="" type="checkbox"/>
		<b>PLECÓPTEROS</b>	
		<i>Taeniopterygidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Leuctridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Capniidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Perlodidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Perlidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Chloroperlidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Nemouridae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<b>TRICÓPTEROS</b>	
		<i>Phryganeidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Molannidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Beraeidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Odontoceridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Leptoceridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Goeridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Lepidostomatidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Brachycentridae</i>	10 <input checked="" type="checkbox"/>
		<i>Sericostomatidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Psychomyiidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Philopotamidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Glossosomatidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Rhyacophilidae</i>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
		<i>Polycentropodidae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<i>Limnephilidae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<i>Hydroptilidae</i>	6 <input type="checkbox"/>
		<i>Hydropsychidae</i>	5 <input checked="" type="checkbox"/>

PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BMWP: 67		
CLASE DE CALIDAD	PUNTUACIÓN BMWP	SIGNIFICADO
I'	> 150	Aguas muy limpias
I	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible
II	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación
III	36-60	Aguas contaminadas
IV	16-35	Aguas muy contaminadas
V	>15	Aguas fuertemente contaminadas

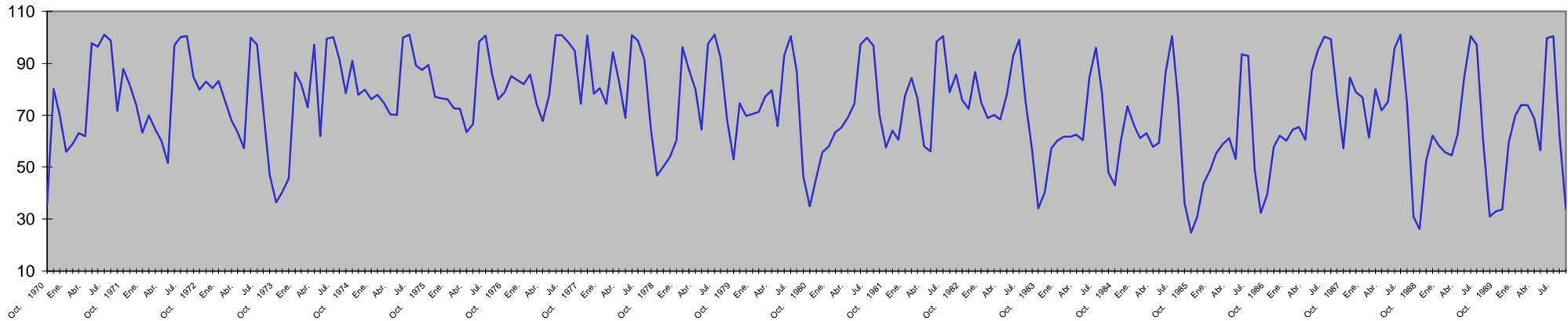
## EMBALSE DE OLIANA



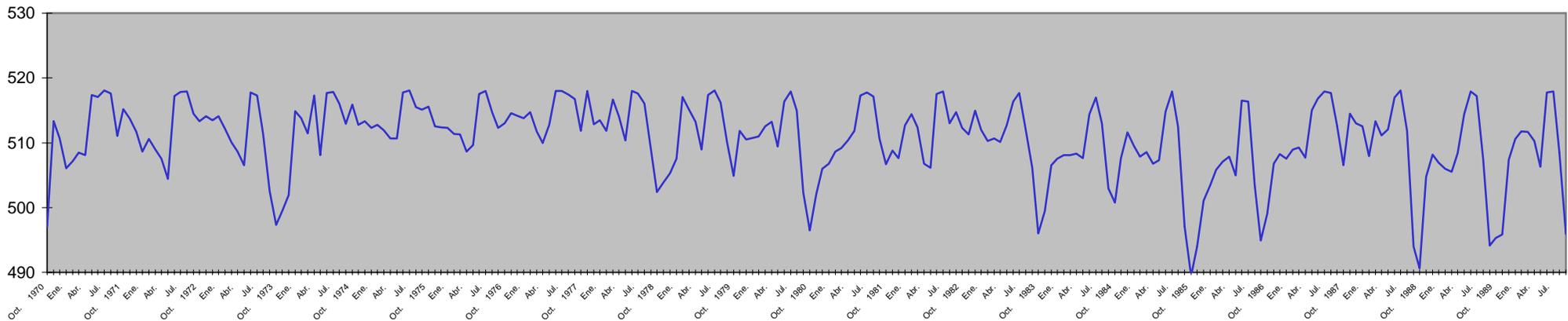
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 12 de septiembre de 1996. Cota: 459,97.

# EMBALSE DE OLIANA

## VOLUMEN EMBALSADO (hm<sup>3</sup>)

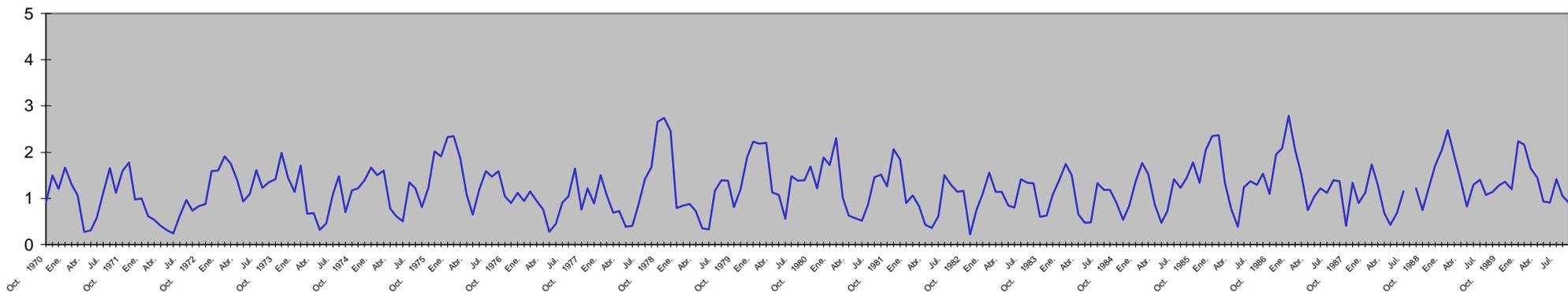


## FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)

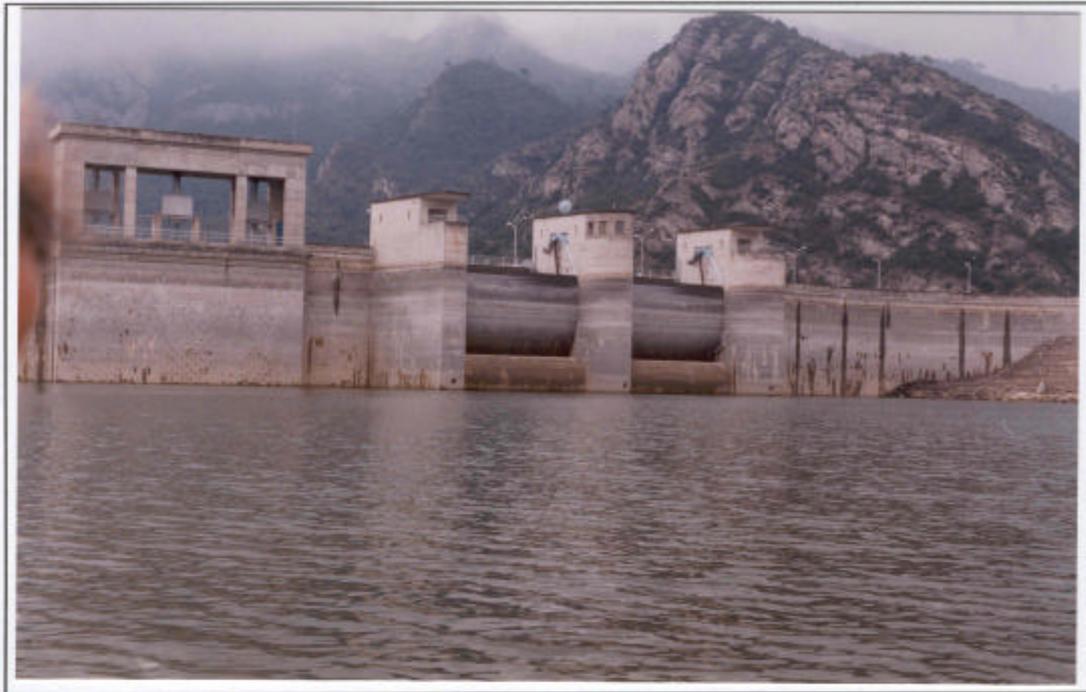


# EMBALSE DE OLIANA

## TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE OLIANA



Presa de Oliana, el día 12 de septiembre de 1996.



Embalse de Oliana. Obsérvese la zona de fluctuación de nivel del agua.

EMBALSE DE OLIANA



Acumulación de troncos y basuras en la zona de fluctuación del nivel del agua, el día 12 de septiembre de 1996.



Detalle de los troncos y basuras acumulados en las márgenes del embalse.

EMBALSE DE OLIANA



Sedimento extraído del embalse de Oliana, en septiembre de 1996.



Detalle de la estructura del sedimento (cavidades) provocada por la presencia de gas metano.

EMBALSE DE OLIANA



Río Segre aguas abajo de la presa de Oliana.



Río Segre a unos 6 km aguas abajo de la presa de Oliana.



## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE OLIANA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Oliana recopilados durante el año 1996, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

### 1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

#### **a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)**

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

**Tabla A1.** Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

### b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ( $\mu\text{g/L}$ ) y densidad celular ( $\text{n}^\circ$  células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

**Tabla A2.** Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

### c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

**Tabla A3.** Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

### Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

**Tabla A4.** Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

**Tabla A5.** Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

## 2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

## 2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

### 2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

#### - Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

##### Cálculo para clorofila a:

$$\text{RCE} = [(1/\text{Chla Observado}) / (1/\text{Chla Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para biovolumen:

$$\text{RCE} = [(1/\text{biovolumen Observado}) / (1/\text{biovolumen Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$\text{RCE} = [(400 - \text{IGA Observado}) / (400 - \text{IGA Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$\text{RCE} = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

#### 1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

**Tabla A6.** Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

**Tabla A7.** Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado IGA, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice IGA se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

<i>Cr</i>	<b>Criptófitos</b>	<i>Cia</i>	<b>Cianobacterias</b>
<i>Cc</i>	<b>Crisófitos coloniales</b>	<i>D</i>	<b>Dinoflageladas</b>
<i>Dc</i>	<b>Diatomeas coloniales</b>	<i>Cnc</i>	<b>Crisófitos no coloniales</b>
<i>Chc</i>	<b>Clorococales coloniales</b>	<i>Chnc</i>	<b>Clorococales no coloniales</b>
<i>Vc</i>	<b>Volvocales coloniales</b>	<i>Dnc</i>	<b>Diatomeas no coloniales</b>

En cuanto al *IGA*, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

**Tabla A8.** Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

#### 4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

Donde:	BVOL <sub>CIA</sub>	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL <sub>CHR</sub>	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL <sub>MIC</sub>	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL <sub>WOR</sub>	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL <sub>TOT</sub>	Biovolumen total de fitoplancton

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

**Tabla A9.** Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE<sub>trans</sub>). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

**Tabla A10.** Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

**Tabla A11.** Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico ( $B^+/M$ , Bueno o superior-Moderado;  $M/D$ , Moderado-Deficiente;  $D/M$ , Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	$B^+/M$ (RCE)	$M/D$ (RCE)	$D/M$ (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,10	0,974	0,649	0,325
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 12	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,63	0,175	0,117	0,058
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,50	0,929	0,619	0,31
			Porcentaje de cianobacterias	0,10	0,686	0,457	0,229
Tipo 13	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,10	0,979	0,653	0,326
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

## 2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

### 1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

**Tabla A12.** Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

### 2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

**Tabla A13.** Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

### 3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

**Tabla A14.** Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

### 4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

**Tabla A15.** Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

**Tabla A16.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

## 2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA\_MA), como máximo admisible (NCA\_CMA) o en la biota (NCA\_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

**Tabla A17.** Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

## 2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

**Tabla A18.** Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE OLIANA

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

**Tabla A19.** Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ( $\mu\text{g P /L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>&lt; 1,8</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>

En la tabla A20 se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para cada campaña de muestreo.

**Tabla A20.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Oliana.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA <i>a</i>	3,30	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,76	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,00</b>	<b>MESOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de clorofila *a* ha clasificado el embalse como mesotrófico y la transparencia como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Oliana ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE OLIANA

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B+/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas A21 y A22.

**Tabla A21.** Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	≥ 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143	
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	≥ 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12	
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327	
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24	
			<b>Bueno o superior</b>	<b>Moderado</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Malo</b>	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,6</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	
			RANGOS DE VALORES				
Indicador	Elementos	Parámetros	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1,5 -3	0,7 -1,5	<0,7
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
			<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Moderado</b>		
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>&lt; 1,6</b>	<b>1,6 – 2,4</b>	<b>&gt; 2,4</b>		

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

**Tabla A22.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico (PE)
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

En la tabla A23 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

**Tabla A23.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Oliana.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )	3,30	0,79	0,85	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO O SUPERIOR</b>	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,76	Moderado			
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Oliana para el año 1996 es de nivel 3, **INFEROR A BUENO**.