



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

**EMBALSE DE EL GRADO**

**LIMNOS**

**1996**

**EMBALSE DE EL GRADO****1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

<b>Nombre:</b>	El Grado
<b>Pki - Pkf:</b>	9.850
<b>Código cauces:</b>	11.650
<b>Cuenca:</b>	Cinca-Segre
<b>CH:</b>	Ebro
<b>Provincia:</b>	Huesca
<b>Propietario:</b>	Estado
<b>Año de terminación:</b>	1969

**2) USOS Y TIPO DE PRESA**

<b>Usos:</b>	Riego/Hidroeléctrico
<b>Actividades:</b>	Navegación/Navegación a motor/Baños/ /Pesca (Régimen especial aguas salmonícolas)
<b>Interés Natural:</b>	Otras especies

**Comentarios:**

- El embalse de El Grado recibe las aguas del río Cinca que proceden del embalse de Mediano, situado inmediatamente aguas arriba. Los usos principales del embalse son suministro de agua para riego y producción hidroeléctrica. Las aguas para riego se derivan por el canal del Cinca que parte de la propia presa. El agua que no se usa en los riegos de la zona se vierte en el canal de Monegros. El aprovechamiento hidroeléctrico, a cargo de E.N.H.E.R., se realiza en dos centrales, una situada a pie de presa (Grado I) y la otra ubicada a unos 5 km aguas abajo de la presa (Grado II).
- En el embalse hay poca actividad náutica y recreativa (baños y especialmente embarcaciones a motor) debido a la falta de buenos accesos por lo escarpado de las laderas.

- En relación con la pesca, el embalse está calificado de régimen especial de aguas salmonícolas (Orden de 17 de enero de 1996 de la DGA) y la afluencia de pescadores es escasa.
- El embalse presenta un interés moderado por aves acuáticas (se ven anátidas y cormoranes) y es zona de paso para la nutria.

<b>Tipo de presa:</b>	Gravedad	
<b>Cota tomas (m s.n.m.):</b>	Aliviadero:	440,2
	Toma hidroeléctrica:	426,2
	Toma de riegos:	420
	Desagüe de fondo:	365
<b>Torre de tomas:</b>	No existe	
<b>Escala de peces:</b>	No existe	

### Comentarios:

- La explotación del embalse se realiza normalmente a través de la toma de riegos (en la cota 420 del cuerpo de la presa) que vierte en el canal del Cinca. El agua de los riegos puede turbinarse primero en la central a pie de presa (El Grado I), y luego se conduce por el canal del Cinca que discurre por la margen derecha del río; en este canal existe una derivación hasta la central eléctrica de El Grado II, cuyos turbinados se vierten al río. La concesión para producción eléctrica es de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo este caudal máximo el único que se vierte fuera de la época de riegos. La concesión de agua para los riegos es de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Los desagües de fondo están en buen uso; se maniobran cada mes y se vierte agua una vez al año.
- El agua que circula por el río procede de vertidos de aliviadero o de fondo (de forma ocasional) y de los turbinados de la central hidroeléctrica El Grado II.

**3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA**

<b>Volumen (hm<sup>3</sup>):</b>	400
<b>Superficie (ha):</b>	1273
<b>Cota (m s.n.m.):</b>	450
<b>Profundidad máxima (m):</b>	85
<b>Profundidad media (m):</b>	31,4
<b>Profundidad termoclina (m):</b>	10-30
<b>Desarrollo de volumen:</b>	1,1
<b>Volumen epilimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	67-112
<b>Volumen hipolimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	102-283
<b>Relación E/H:</b>	0,4-0,6
<b>Fluctuación de nivel:</b>	Poco
<b>Tiempo de residencia (meses):</b>	2-5

**Comentarios:**

- La termoclina se encuentra de 7 -10 hasta 30-35 m. La toma hidroeléctrica y de riegos se abastece del hipolimnion con volúmenes embalsados altos y medios; mientras que con volúmenes muy bajos (170 hm<sup>3</sup>) se toma agua de la termoclina o del epilimnion.
- Los volúmenes de epilimnion e hipolimnion se han calculado para las reservas más baja (169 hm<sup>3</sup>), media (370 hm<sup>3</sup>) y máxima (396 hm<sup>3</sup>) registradas en agosto en el periodo de 1977 a 1990. La relación E/H es menor que 1 en todos los casos considerados, lo cual reduce la probabilidad de aparición de anoxia.
- El riesgo de enturbiamiento del agua por erosión de las laderas del embalse es muy bajo, debido a la escasa oscilación del embalse.
- El tiempo de residencia del agua es, en general, entre 2 y 5 meses lo cual favorece la eutrofia.

#### 4) HIDROQUÍMICA

##### Embalse

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>):</b>	215-550
<b>Calcio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	40-102
<b>Fosfato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0-0,01
<b>Nitrato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,02-2,18
<b>Amonio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,01-0,09

##### Comentarios:

- El agua es moderadamente y posee un elevado contenido alto de calcio, lo cual es favorable para limitar la eutrofia del embalse. La concentración de nutrientes es moderada-baja (excepto la concentración de nitrato que puede ser alta).

##### Tributario principal

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>):</b>	190-342
<b>Calcio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	40-63
<b>Fosfato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0-0,03
<b>Nitrato (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0-3,0
<b>Amonio (<math>\text{mg}/\text{L}</math>):</b>	0,01-0,09

##### Comentarios:

- El agua del río Cinca (procedente del embalse de Mediano) en su entrada en el embalse de El Grado es moderadamente mineralizada y con un contenido de nutriente bajo, excepto el nitrato cuyas concentraciones son un poco más elevadas. Los datos de calidad (estación 441 de la red ICA) a la salida del embalse son las siguientes: Conductividad: 174-479  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; calcio: 36-48  $\text{mg}/\text{L}$ , nitrato: 1,0-2,1  $\text{mg}/\text{L}$  ; amonio: 0,04-0,6  $\text{mg}/\text{L}$  ; fosfato: 0,02-0,25  $\text{mg}/\text{L}$ .
- La carga de nutrientes que aporta el río Cinca al embalse se estimó en 9  $\text{tm}/\text{año}$  de fósforo y 921  $\text{tm}/\text{año}$  de nitrógeno (datos de Synconsult 1990-91). Esta

carga procede principalmente de los vertidos de aguas residuales urbanas que afectan al embalse de Mediano y a la actividad ganadera que se desarrolla en la cuenca del embalse y especialmente en la subcuenca del río Susía.

## 5) ESTADO TRÓFICO

<b>Nivel trófico:</b>	Oligotrófico
<b>Hipolimnion:</b>	Con oxígeno
<b>Blooms algales:</b>	No

### Comentarios:

- El embalse se califica de oligotrófico según el estudio de Synconsult (1990-91). En el muestreo realizado en agosto de 1996 (año húmedo) el embalse es también oligotrófico, según la concentración de clorofila ( $0,7 \text{ mg/m}^3$ ) y la aplicación del modelo de Vollenweider para la concentración de fósforo en el agua de entrada ( $0,03 \text{ mg/L}$  de fosfato). La transparencia del agua (disco de Secchi de  $5,4 \text{ m}$ ) indica aguas mesotróficas, según los criterios de OCDE, si bien esto es porque aquella no sólo está influida por el fitoplancton sino también por sólidos inorgánicos en suspensión y por fenómenos de dispersión de la luz en aguas carbonatadas.
- El hipolimnion se presenta oxigenado durante toda la época de estratificación, según los datos consultados.
- La carga de fósforo y nitrógeno (procedente de los tributarios y de la escorrentía) que alcanzan al embalse según los datos de Synconsult para 1990 son del orden de  $17 \text{ tm/año}$  de fósforo y  $1094 \text{ tm/año}$  de nitrógeno. La carga de nitrógeno es bastante elevada en el contexto de la cuenca del Ebro. La carga de fósforo es moderada y no sobrepasa los límites críticos propuestos por Vollenweider (1976).

## 6) PECES

<b>Densidad:</b>	Baja
------------------	------

**Especies:**

*Barbus graellsii* (barbo de Graells)  
*Chondrostoma toxostoma* (madrilla)  
*Micropterus salmoides* (perca americana)  
*Salmo trutta* (trucha común)  
*Stizostedion lucioperca* (lucioperca)  
*Leuciscus cephalus* (cacho)

**7) SEDIMENTOS**

**Nivel de aterramiento:** Bajo  
**Materia orgánica:** Baja  
**Producción de metano:** Baja  
**Riesgo de contaminación:** Bajo

**Comentarios:**

- No se conoce el grado de aterramiento del embalse aunque se supone bajo, según la información del encargado de la presa y del perfil batimétrico realizado. El sedimento es limoso-arcilloso, muy plástico.

**8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA**

**Anchura del cauce (m):** 50  
**Pendiente (%):** 0,5  
**Caudal de compensación (m<sup>3</sup>/s):** No  
**Estructura del lecho:** Tabla/Balsas  
**Objetivo de calidad:** OC-1  
**Usos:** Riegos/Pesca  
**Fauna acuática**  
**Índice biótico (B.M.W.P.):** 36-75  
**Índice biótico (nivel de calidad):** 2  
**Calificación del tramo según peces:** Transición  
**Especies de peces:**

*Chondrostoma toxostoma* (madrilla)  
*Barbus graellsii* (barbo de Graells)

*Barbus haasi* (barbo culirroyo)  
*Salmo trutta* (trucha común)  
*Leuciscus cephalus* (cacho)  
*Rutilus arcasii* (bermejuela)  
*Gobio gobio* (gobio)  
*Noemacheilus barbatulus* (pez lobo)  
*Blenius fluviatilis* (fraile)

## **Ecosistema de ribera:**

- La vegetación de ribera está prácticamente ausente en el tramo próximo a la presa. Aguas abajo hay formaciones arbustivas de mimbráceas (*Salix* sp.). En la zona del azud de Arias (donde confluyen las aguas del río Ésera) hay un carrizal desarrollado y de gran interés natural.

## **Comentarios:**

- El tramo bajo la presa y hasta la incorporación del desagüe de El Grado II (a unos 6 km de la presa) posee un cauce muy abierto en el que pueden circular una o más venas de agua. El caudal existente procede de filtraciones ya que no se ha definido ningún caudal de compensación. En el tramo hay balsas, algunas aisladas del curso fluvial. En la visita efectuada en julio de 1996, el tramo presentaba agua estancada.

Aguas abajo del desagüe de El Grado II, el río recibe las aguas del río Ésera que se embalsan en el azud de Arias. Las condiciones de aterramiento de este lugar permiten la existencia de un carrizo de notable interés para las aves acuáticas y anfibios. Entre las aves acuáticas hay garza imperial (catalogada como vulnerable según Decreto 49/1995 de la D.G.A.), el aguilucho lagunero y el somormujo lavanco).

- El tramo tiene interés para la pesca. Las aguas se califican de trucheras en régimen especial y existe un coto deportivo de pesca entre la presa y el puente de las Pilas (situado a unos 10 km de la presa).

- La calidad biológica del tramo aguas abajo de la desembocadura del canal de descarga de la central El Grado II es variable. Los valores del índice (B.M.W.P.) presentan valores propios de aguas contaminadas o con indicios de contaminación. Esto se debe, sin embargo, a la alteración del régimen hidrológico más que a alteraciones de la calidad del agua.
- La presencia de la nutria en el tramo debe ser ocasional y poco frecuente.

## **9) RIESGOS AMBIENTALES**

### **MORTANDAD DE PECES**

Ninguna

### **AFECCIONES A LOS PECES**

1. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción o eliminación del caudal. En sequía.
2. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.
3. 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.
4. 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.
2. Afecciones a la comunidad de anfibios del tramo fluvial bajo la presa por distorsiones del régimen hidrológico.

3. Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal.

## **AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA**

1. Afecciones al ecosistema de ribera del tramo fluvial bajo la presa por descenso del nivel freático (sobreexcavación del cauce).

## **RIESGOS HIDROLÓGICOS**

Ninguno

## **AFECCIONES A LOS USOS DEL AGUA EN EL EMBALSE Y EN EL TRAMO FLUVIAL**

1. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa (ver afecciones a los peces).
2. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal y nivel del agua.

## **RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN**

Ninguno.

## **COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES**

- Los riesgos ambientales más importantes son los que afectan al tramo fluvial bajo la presa. En el primer tramo (entre la presa y el desagüe de la central El Grado II) el riesgo se debe a la ausencia de caudal de compensación. El río no se llega a secar, ya que existen afloramientos de agua subterránea (unos 90 L/s); el tramo presenta un caudal reducido y en ocasiones el agua queda estancada y aislada en balsas. Esto limita la abundancia de los organismos acuáticos (zoobentos y peces). Entre el desagüe de la central eléctrica y el azud de Arias el tramo está sometido a importantes variaciones del caudal como consecuencia del régimen de turbinados. Esto produce afecciones a las comunidades bióticas que se reflejan en los indicadores biológicos (B.M.W.P.) que dan valores de aguas

alteradas, y en la escasa abundancia de peces. La merma de la calidad biológica se mantiene en el tramo del río Cinca entre el azud de Arias y la confluencia con el río Vero y está causada por las variaciones de caudal ya que la calidad físico-química del agua es buena.

- El tramo está calificado de truchero ya que recibe aguas frías procedentes del Cinca; sin embargo la población de truchas está limitada por la alteración hidrológica y la baja abundancia de frezaderos.
- No se ha indicado ningún riesgo para la navegación, a pesar de que se conoce la presencia de algunas ruinas de casas en el vaso del embalse.

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

- Sería conveniente dejar un caudal de compensación mantenido con agua de fondo, para permitir la mejora ecológica del tramo situado inmediatamente aguas abajo de la presa. La fijación de dicho caudal requeriría un estudio previo, sin embargo estimamos que se encontraría alrededor de 500 L/s. Realizar obras para concentrar las venas de agua en un único curso.
- Tomar medidas de gestión de las aguas residuales que se puedan generar en la cuenca del embalse y del río Susía para evitar el incremento del nivel trófico; coordinar éstas con las medidas de gestión del embalse de Mediano ya que es en éste donde se producen los vertidos más importantes.

## **PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO**

- Ninguno.

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

**EMBALSE:** **El Grado** **Fecha:** 1/8/96  
**Coordenadas UTM (presa):** 31TBG717705

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	303	NH <sub>4</sub> superf. (mg/L) :	-
Ca (mg/L) :	-	NH <sub>4</sub> fondo (mg/L) :	0
NO <sub>3</sub> (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) :	0,7
PO <sub>4</sub> (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	5,40

---

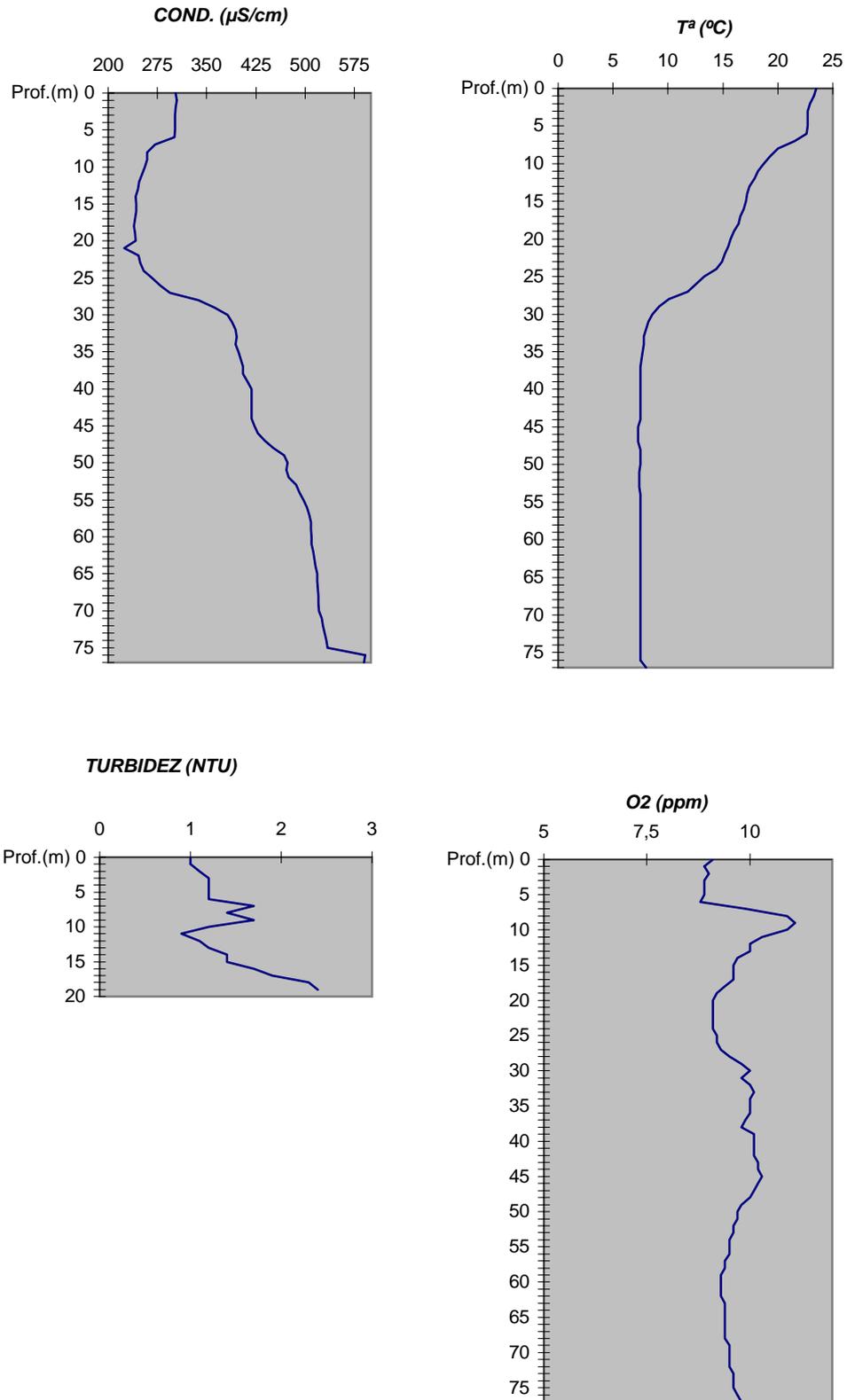
**Tributario principal:** **Cinca**

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	190	NO <sub>3</sub> (mg/L) :	0,79
Ca (mg/L) :	40,1	NH <sub>4</sub> (mg/L) :	-
		PO <sub>4</sub> (mg/L) :	0,030

---

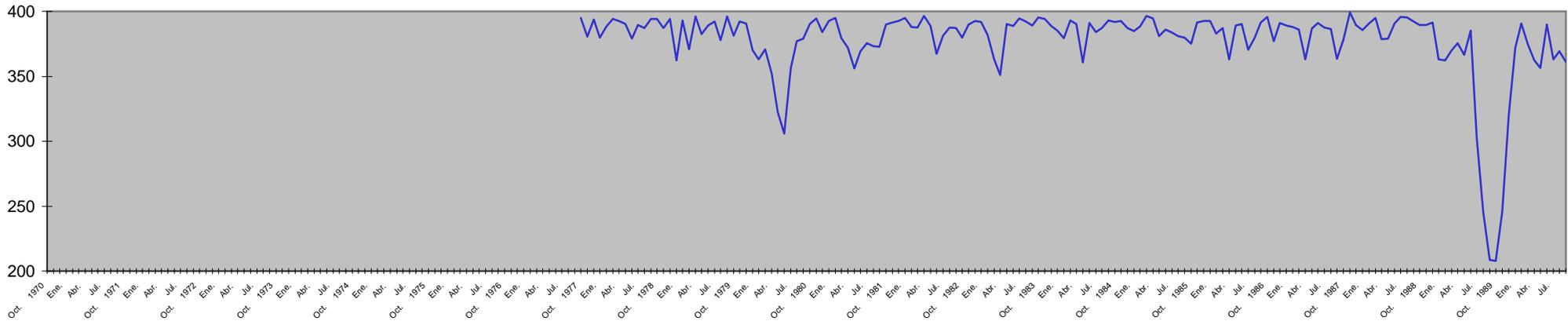
## EMBALSE DE EL GRADO



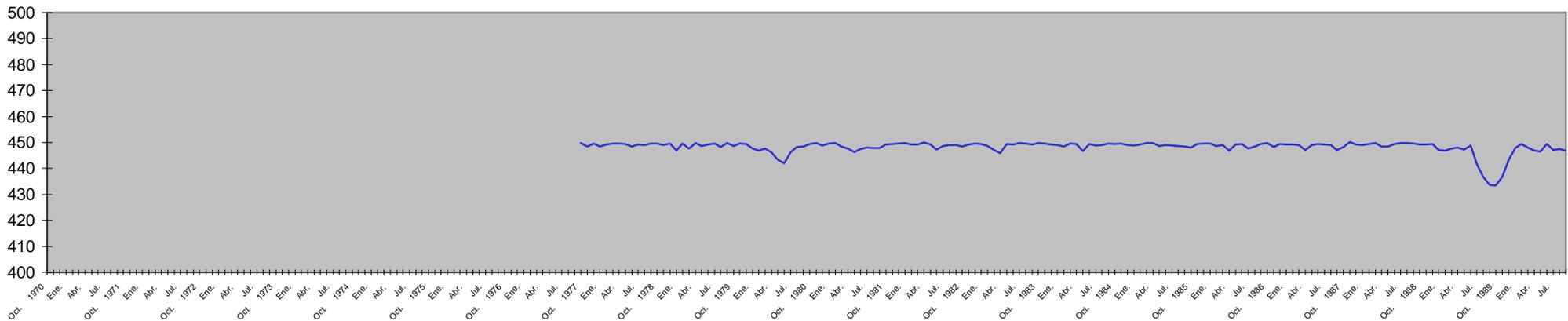
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 1 de agosto de 1996. Cota: 449,29.

# EMBALSE DE EL GRADO

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

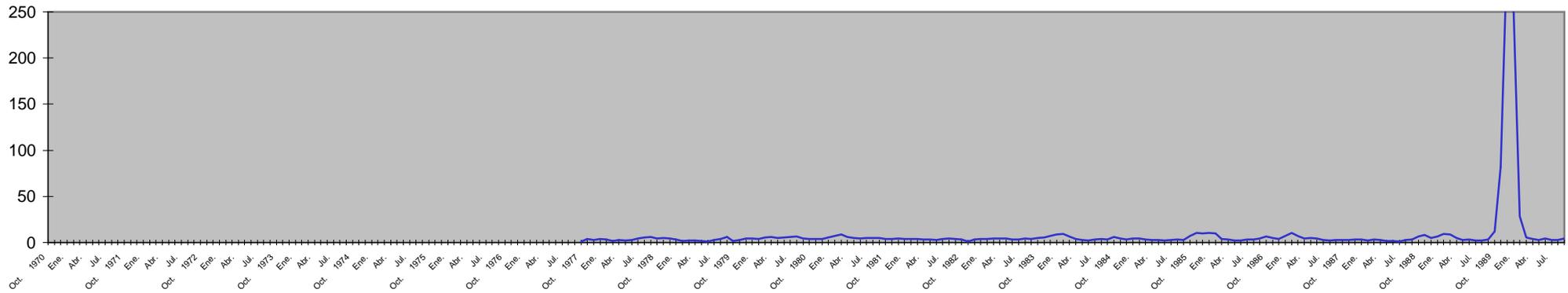


## FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



# EMBALSE DE EL GRADO

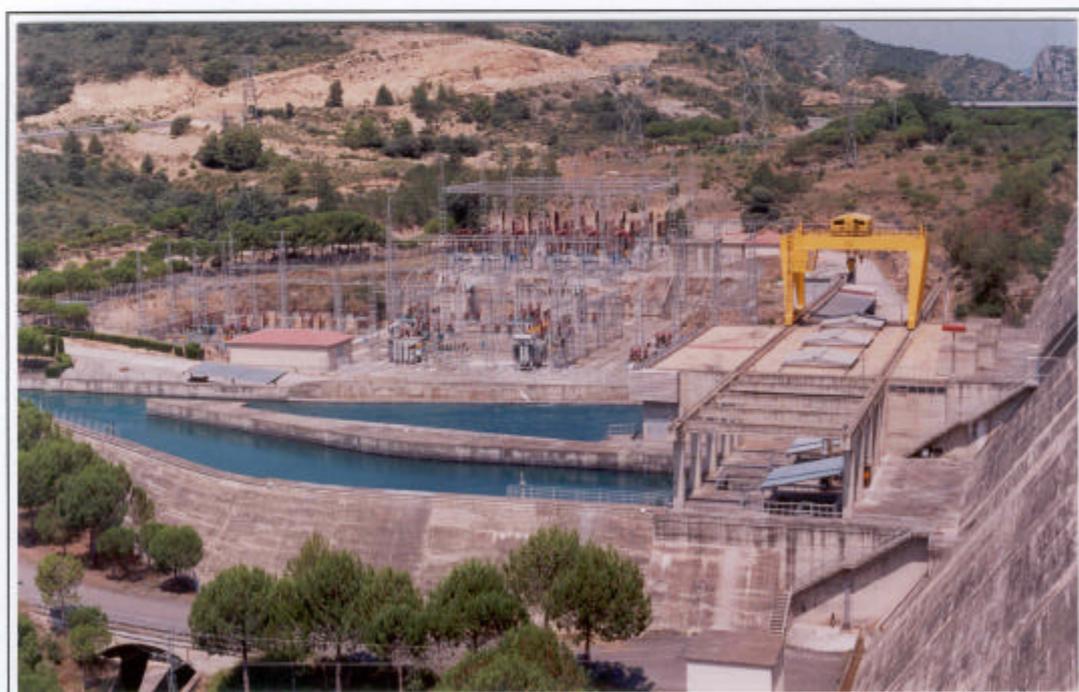
## TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE EL GRADO



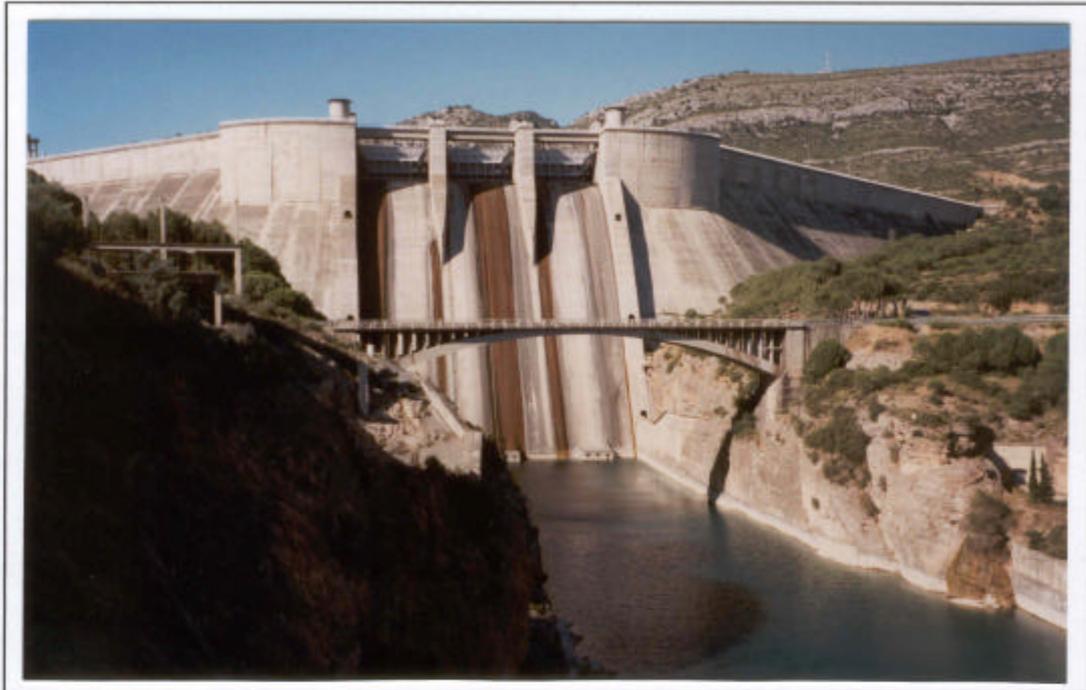
Embalse de El Grado y panorámica del Santuario de Torreciudad, enclavado en la margen izquierda.



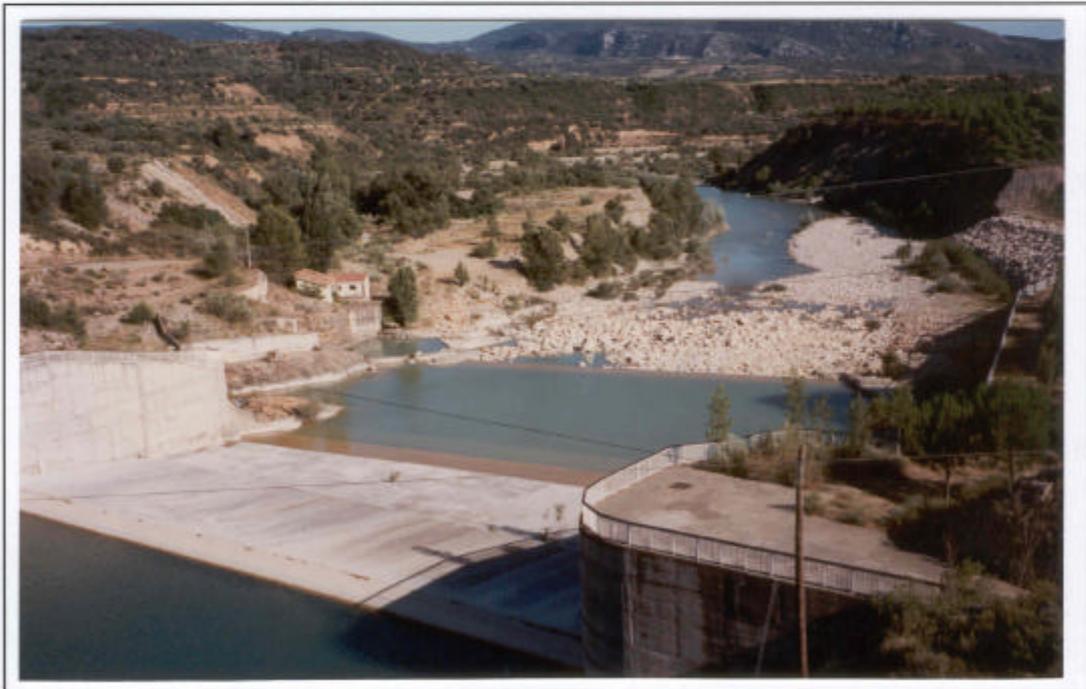
Canal de agua para riego a pie de presa. El agua ha sido turbinada previamente en la central hidroeléctrica.



EMBALSE DE EL GRADO



Presa de El Grado.

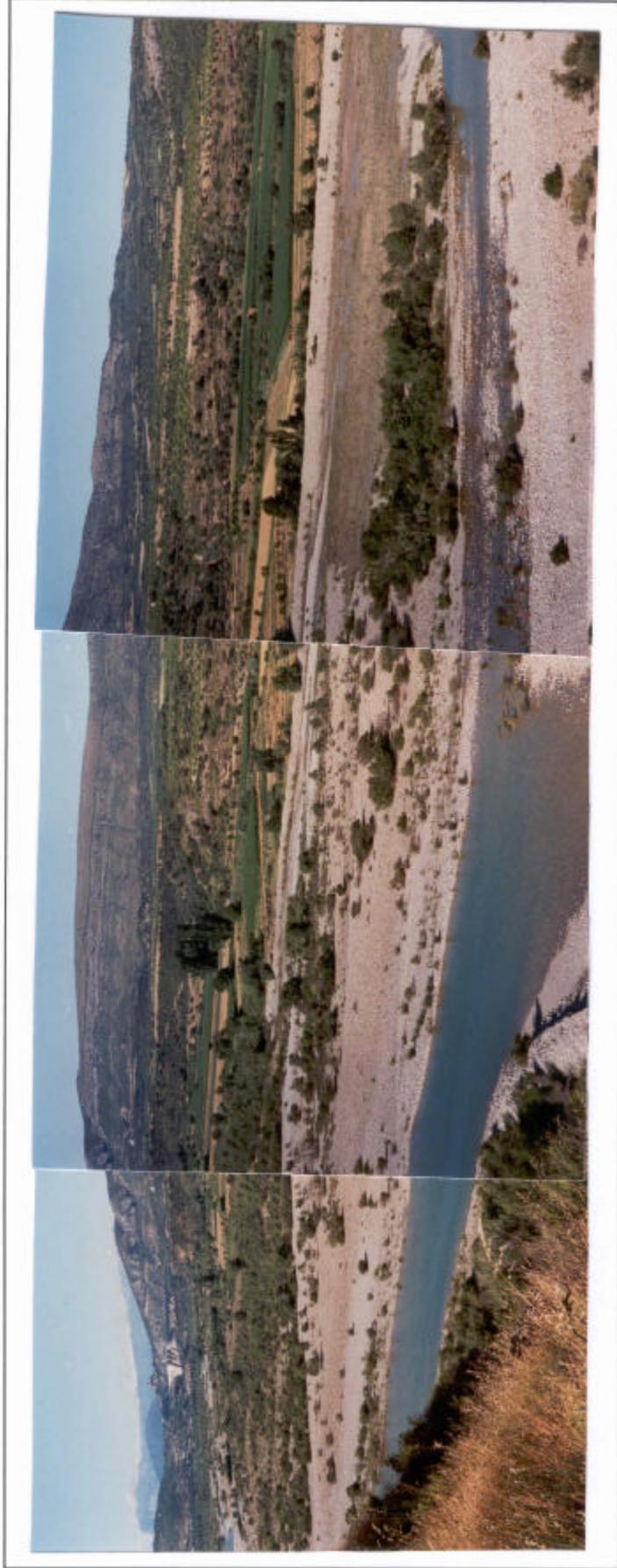


Río Cinca, en el tramo inmediatamente aguas abajo de la presa de El Grado.





## EMBALSE DE EL GRADO



Río Cinca entre la presa de El Grado y la desembocadura del río Ésera y del canal de la central hidroeléctrica.

Limnos

CE016529 / CHE

Diciembre, 1996

EMBALSE DE EL GRADO



Desembocadura del canal de la central hidroeléctrica Grado II. Se observan las excavaciones realizadas para proteger los peces durante el desaguado de fondo del embalse de Barasona (río Ésera), realizado en 1994.

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE EL GRADO 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de El Grado 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 Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 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
RCEtrans	> 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<sub>t</sub>) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B<sup>+</sup>/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 <sub>t</sub>	B <sup>+</sup> /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 EL GRADO

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 El Grado.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
COLOROFILA <i>a</i>	0,70	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	5,40	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>1,50</b>	<b>ULTRAOLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de clorofila *a* ha clasificado el embalse como ultraoligotrófico y la transparencia como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de El Grado ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE EL GRADO

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 El Grado.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,70	3,71	2,90	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)	5,40	Bueno			
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>BUENO O SUPERIOR</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de El Grado para el año 1996 es de nivel 2, **BUENO**.