



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

EMBALSE DE CAMARASA

LIMNOS

1996

EMBALSE DE CAMARASA**1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Nombre:	Camarasa
Pki - Pkf:	3500 -2135
Código cauces:	
Cuenca:	Noguera-Pallaresa
CH:	Ebro
Provincia:	Lérida
Propietario:	F.E.C.S.A.
Año de terminación:	1920

2) USOS Y TIPO DE PRESA

Usos:	Hidroeléctrico/Regulación
Actividades:	Navegación/Navegación a motor/Baños/Club náutico/Pesca
Interés Natural:	Aves/Otras especies

Comentarios:

- El embalse de Camarasa se localiza en el tramo bajo del río Noguera-Pallaresa aguas arriba de su confluencia con el río Segre. Es propiedad de F.E.C.S.A. y se destina a la producción de energía eléctrica, en la central existente a pie de presa (potencia instalada de 56.000 Kw).
- En el embalse se practica la navegación. Existe un club náutico instalado en la margen izquierda, a unos 6 km de la presa. El acceso es difícil en la mayor parte del embalse y respecto a la pesca, éste es coto en consorcio.
- El embalse tiene interés natural por aves rapaces (quebrantahuesos, alimoche, buitre leonado), las cuales nidifican en los farallones rocosos que lo limitan. Respecto a las aves acuáticas el embalse tiene interés moderado. También es zona de paso de nutria. Se ha solicitado la figura de Parque natural para la franja fluvial en la que se encuentra el embalse.

Tipo de presa:	Gravedad planta curva	
Cota tomas (m s.n.m.):	Aliviadero:	329,0
	Toma:	324,7
	Central hidroeléctrica:	310,17
Torre de tomas:	No existe	
Escala de peces:	No existe	

Comentarios:

- En la gestión normal del embalse, el agua sale por la toma hidroeléctrica y se dirige por una tubería forzada hasta la central situada a pie de presa. El caudal de turbinación varía entre 10 y 40 m³/s y se restituye al río al pie de la central. La toma hidroeléctrica se encuentra bastante alta (a 65 m del nivel del cauce) en la presa, lo que limita el riesgo de vertido de aguas anóxicas en caso de que éstas se produzcan. El embalse carece de desagüe de fondo, lo que favorece su aterramiento.

3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

Volumen (hm³):	163,4
Superficie (ha):	624
Cota (m s.n.m.):	336,17
Profundidad máxima (m):	91
Profundidad media (m):	26
Profundidad termoclina (m):	4-35
Desarrollo de volumen:	0,9
Volumen epilimnion (hm³):	19-23
Volumen hipolimnion (hm³):	45-87
Relación E/H:	0,3-0,4
Fluctuación de nivel:	Mucha
Tiempo de residencia (meses):	1- 2

Comentarios:

- En el perfil realizado en agosto de 1996 se observa una termoclina superficial (4 m) y otra profunda (35 m) y en ambas se incrementa la concentración del oxígeno disuelto; la termoclina profunda separa aguas de conductividad diferente (mayor en el fondo). La toma hidroeléctrica se abastece de agua del hipolimnion si la termoclina es superficial y de agua de la propia termoclina o del epilimnion si la termoclina es profunda.
- Los volúmenes de epilimnion y hipolimnion se han calculado para las reservas mínima (64,1 hm³), media (94,7 hm³) y máxima (110 hm³) observadas en agosto en el periodo de 1959 a 1990 y con la termoclina a 4 m. La relación E/H es menor que 1 en todos los casos, lo cual es favorable al reducir la probabilidad de aparición de anoxia.
- La oscilación del embalse puede llegar a ser de más 10 m. Sin embargo el riesgo de erosión de las laderas es reducido por lo encajonado del vaso del embalse ($Dv < 1$).
- El tiempo de residencia es reducido, lo que limita la eutrofia.

4) HIDROQUÍMICA

Embalse

Conductividad ($\mu\text{S/cm}$):	178-464
Calcio (mg/L):	16-67
Fosfato (mg/L):	0-0,09
Nitrato (mg/L):	0-2,6
Amonio (mg/L):	0-0,16

Comentarios:

- El agua presenta una mineralización moderada. La concentración de calcio en el agua es relativamente elevada; así como la de sulfato (62 mg/L, valor medio en estudio de Synconsult 1989-91).

- El agua del embalse presenta un contenido moderado de nutrimento.
- La elevada concentración de calcio rebaja la disponibilidad del fósforo, lo cual es un factor limitante de la eutrofia.

Tributario principal

Conductividad ($\mu\text{S/cm}$):	180-400
Calcio (mg/L):	75
Fosfato (mg/L):	0,01-0,04
Nitrato (mg/L):	0,2-2,0
Amonio (mg/L):	0-0,08

Comentarios:

- El agua del río Noguera Pallaresa en su entrada en el embalse tiene unas características similares a las comentadas para el embalse.
- Las aportaciones de nutrimento por el tributario principal son moderadas (especialmente la del fósforo) dentro del contexto de la cuenca del Ebro. Este río aporta al embalse, según datos de Synconsult (1990), unas cargas de fósforo y nitrógeno de 14 y 607 tm/año, respectivamente.

5) ESTADO TRÓFICO

Nivel trófico:	Mesotrófico
Hipolimnion:	Anóxico
Blooms algales:	-

Comentarios:

- Synconsult (muestreo de 1990-91) califica a este embalse como mesotrófico, de acuerdo con varios índices tróficos. La carga total de fósforo y nitrógeno que alcanza el embalse (tributario + escorrentía) es de 23 tm/año de fósforo y de 758 tm/año de nitrógeno (datos de 1990). La aplicación del modelo de Vollenweider

indica que se rebasa la carga de fósforo considerada como peligrosa. Morgui *et al.* (1990) califican el embalse como mesotrófico-eutrófico. Sin embargo hay que tener en cuenta que la elevada concentración de calcio y elevada tasa de renovación del agua, son factores amortiguadores de la eutrofia de este embalse.

- En el muestreo de 1996, que corresponde a un año húmedo, el embalse es oligotrófico de acuerdo con los valores de la concentración de clorofila (2,0 mg/m³) y de la transparencia del agua (DS de 6,9 m) y según la clasificación de OCDE (1980). La concentración de fosfato en el tributario (0,043 mg/L) se encuentra en el límite entre la oligotrofia y la mesotrofia.
- El hipolimnion contiene oxígeno durante el verano, y puede presentar anoxia en otoño e invierno. Synconsult encuentra concentraciones de oxígeno inferiores a 1 mg/L a partir de 60 m de profundidad en diciembre de 1989 y octubre de 1990. La capa anóxica se encontró por debajo de la toma hidroeléctrica por lo que en estos casos no existió riesgo de turbinación de aguas anóxicas.

6) PECES

Densidad:	Media
Especies:	<i>Cyprinus carpio</i> (carpa común) <i>Barbus</i> spp. (barbo) <i>Micropterus salmoides</i> (black-bass) <i>Chondrostoma toxostoma</i> (madrilla)

7) SEDIMENTOS

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

Comentarios:

- El aterramiento se considera alto (en el perfil batimétrico realizado en agosto de 1996 se localizó la máxima profundidad a 52,5 m lo que supone un grosor

puntual de lodos, en el punto de muestreo, de unos 38 m). El aterramiento del embalse está favorecido por la ausencia de desagües de fondo que permitan desaguados periódicos de agua profunda y lodos. Según FECSA existe un estudio batimétrico del embalse, que no ha podido ser consultado para este estudio.

- Los lodos son limosos y muy móviles; sin embargo el riesgo de enturbiamiento del agua del tramo fluvial bajo la presa es bajo por la ausencia de desagües de fondo.

8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

Anchura del cauce (m):	50
Pendiente (%):	1
Caudal de compensación (m³/s):	No
Estructura del lecho:	Tabla/Rápido/Balsa
Objetivo de calidad:	OC-2
Usos:	Riego/Pesca
Fauna acuática	
Índice biótico (B.M.W.P.):	69
Índice biótico (nivel de calidad):	2
Calificación del tramo según peces:	Ciprinícola
Especies de peces:	<p><i>Cyprinus carpio</i> (carpa común)</p> <p><i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco-iris)</p> <p><i>Barbus graellsii</i> (barbo de Graells)</p> <p><i>Micropterus salmoides</i> (black-bass)</p> <p><i>Gobio gobio</i> (gobio)</p> <p><i>Scardinius erythrophthalmus</i> (gardí)</p>

Ecosistema de ribera:

Existe bosque de ribera con un grado de conservación medio. Está constituido por chopos (*Populus* sp.), mimbreras (*Salix* sp.) y alisos (*Alnus glutinosa*).

Comentarios:

- El río Noguera-Pallaresa bajo la presa de Camarasa recorre unos 500 m antes de confluir con el Segre. Este tramo está en un congosto y es poco accesible. La presa no deja caudal de compensación ya que los turbinados se restituyen al río en el propio tramo.
- Los datos del tramo fluvial que se presentan corresponden al río Segre aguas abajo de la confluencia del Noguera-Pallaresa y antes del embalse de San Lorenzo Mongay. En este tramo, el río es ancho (unos 50 m), y presenta un caudal bastante elevado; en el cauce alternan zonas de tabla, rápidos y balsas y hay abundancia de gravas. La vegetación acuática está representada por juncos y carrizo en las orillas, y por perifiton y algas filamentosas en los sustratos sumergidos.
- La calidad biológica (índice B.M.W.P.) del tramo del río Segre aguas abajo de la desembocadura del Noguera-Pallaresa es moderada. El valor del índice en agosto de 1996 indica aguas con algunos efectos de contaminación (clase 2).
- El tramo fluvial se repuebla con trucha de piscifactoría.

9) RIESGOS AMBIENTALES

MORTANDAD DE PECES

Ninguna

AFECCIONES A LOS PECES

1. Afecciones a los peces del embalse por pérdida de hábitat (reducción del alimento) debido a oscilaciones del nivel del agua.
2. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.

AFECCIONES A OTRA FAUNA

1. Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal.
2. Afecciones a la población de nutrias de la zona por el efecto barrera de la presa.
3. Afecciones a las nutrias por disminución de la densidad de peces.

AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA

Ninguna

RIESGOS HIDROLÓGICOS

Ninguno

AFECCIONES A LOS USOS DEL EMBALSE Y DEL TRAMO FLUVIAL

1. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del embalse (ver afecciones a los peces).
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 en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal.
4. Afección a la seguridad física de los pescadores en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal.

RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN

Ninguno

COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES

- Este embalse presenta riesgos ambientales poco importantes. La fluctuación del nivel del agua en el embalse puede limitar la biomasa de peces. Esto se considera poco importante ya que el embalse es encajonado y el descenso del nivel del agua no supone una pérdida de mucha superficie inundada, y por lo tanto de hábitat para los peces.
- El vertido de aguas anóxicas se considera poco probable dado que éstas se producen en las capas más profundas y no alcanzan la toma hidroeléctrica. Asimismo, el vertido de lodos y de aguas turbias es poco probable por la ausencia de desagües de fondo.
- La fluctuación del caudal en el tramo fluvial por el régimen de turbinados afecta a un tramo muy corto; ya que la incorporación del caudal del Segre se efectúa a unos 500 m de la presa. Esto hace que la comunidad de peces se encuentre poco afectada.

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

- Control de la eutrofia: El embalse tiende a la eutrofia según Synconsult por lo que deberían tomarse las medidas de gestión de las aguas residuales urbanas y ganaderas en los municipios de la cuenca y especialmente en los establecimientos ganaderos existentes en la zona del embalse de Terradets.
- Actuaciones en sequía: Aunque la probabilidad de turbinar agua anóxica es pequeña no es imposible, por lo que se debería controlar la concentración de oxígeno disuelto, SH_2 y NH_4 en el agua del hipolimnion. Dejar de turbinar en las siguientes condiciones:

⇒ si aparece SH_2 en el hipolimnion y el SH_2 no se oxida o desaparece totalmente en el primer kilómetro del embalse receptor.

PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

- Medir la concentración de oxígeno disuelto a la cota 300 mensualmente, desde agosto hasta que se destruya la estratificación térmica (temperatura superficial del agua a 11°C).
- Si se mide menos de 1 mg/L analizar también la concentración de SH₂ y NH₄.
- En caso de vertido de agua con SH₂ al embalse situado aguas abajo dimensionar la pluma de agua tóxica.

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

EMBALSE: **Camarasa** **Fecha:** 9/8/96
Coordenadas UTM (presa): 31TCG248419

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	198	NH ₄ superf. (mg/L) :	0
Ca (mg/L) :	-	NH ₄ fondo (mg/L) :	0
NO ₃ (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m ³) :	2
PO ₄ (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	6,94

Tributario principal: **Noguera Pallaresa**

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	225	NO ₃ (mg/L) :	0,93
Ca (mg/L) :	33,3	NH ₄ (mg/L) :	-
		PO ₄ (mg/L) :	0,043

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

TRAMO FLUVIAL:

Noguera Pallaresa

FECHA:

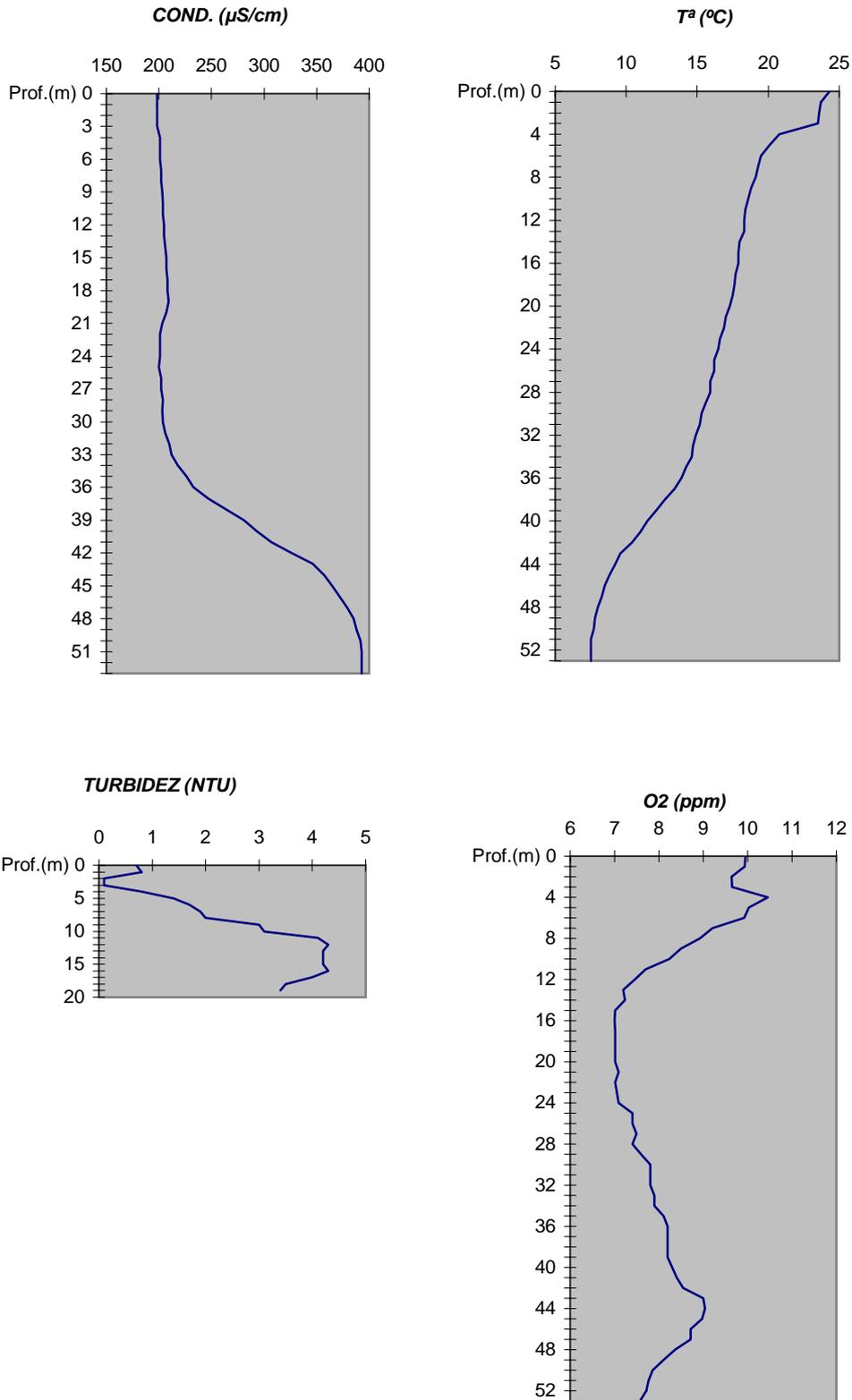
09/08/96

EMBALSE AGUAS ARRIBA DEL TRAMO: Camarasa

B.M.W.P.			
ARÁCNIDOS		EFEMERÓPTEROS	
<i>Hidracarina</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Siphonuridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Heptageniidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
COLEÓPTEROS		<i>Leptophlebiidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Dryopidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Potamanthidae</i>	10 <input checked="" 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 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>Halipidae</i>	4 <input type="checkbox"/>		
<i>Curculionidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	HETERÓPTEROS	
<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"/>
CRUSTÁCEOS		<i>Corixidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Astacidae</i>	8 <input type="checkbox"/>		
<i>Corophiidae</i>	6 <input type="checkbox"/>	HIRUDÍNEOS	
<i>Gammaridae</i>	6 <input checked="" 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"/>
DÍPTEROS			
<i>Athericidae</i>	10 <input type="checkbox"/>	MEGALÓPTEROS	
<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 type="checkbox"/>	MOLUSCOS	
<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 checked="" 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 type="checkbox"/>
<i>Ceratopogonidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Hydrobiidae</i>	3 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Anthomyidae</i>	4 <input 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"/>		
		ODONATOS	
		<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 checked="" 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"/>
		OLIGOQUETOS	
		Todos	1 <input checked="" type="checkbox"/>
		PLECÓPTEROS	
		<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"/>
		TRICÓPTEROS	
		<i>Phryganeidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Molannidae</i>	10 <input checked="" 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 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 type="checkbox"/>
		<i>Polycentropodidae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<i>Limnephilidae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<i>Hydroptilidae</i>	6 <input checked="" type="checkbox"/>
		<i>Hydropsychidae</i>	5 <input checked="" type="checkbox"/>
		TURBELARIOS	
		<i>Planariidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
		<i>Dugesidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
		<i>Dendrocoelidae</i>	5 <input type="checkbox"/>

PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BMWP: 69		
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

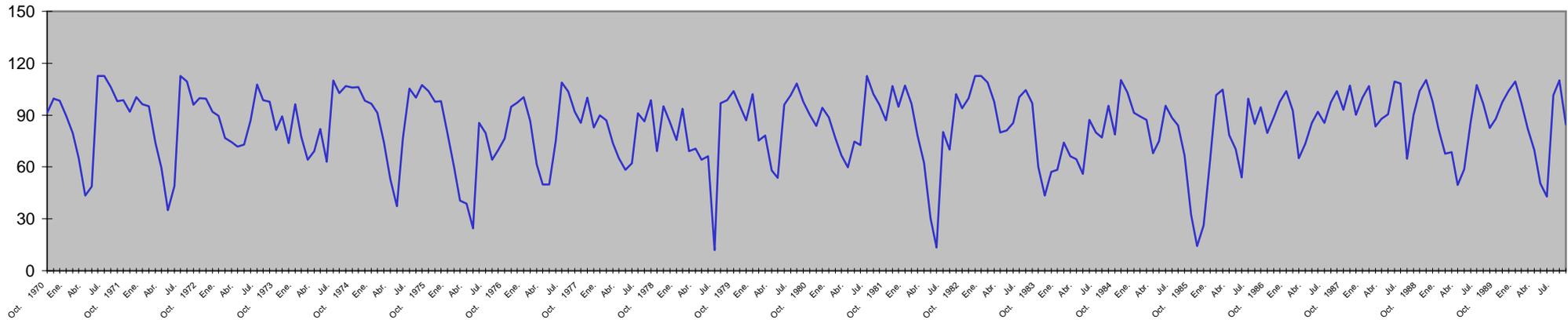
EMBALSE DE CAMARASA



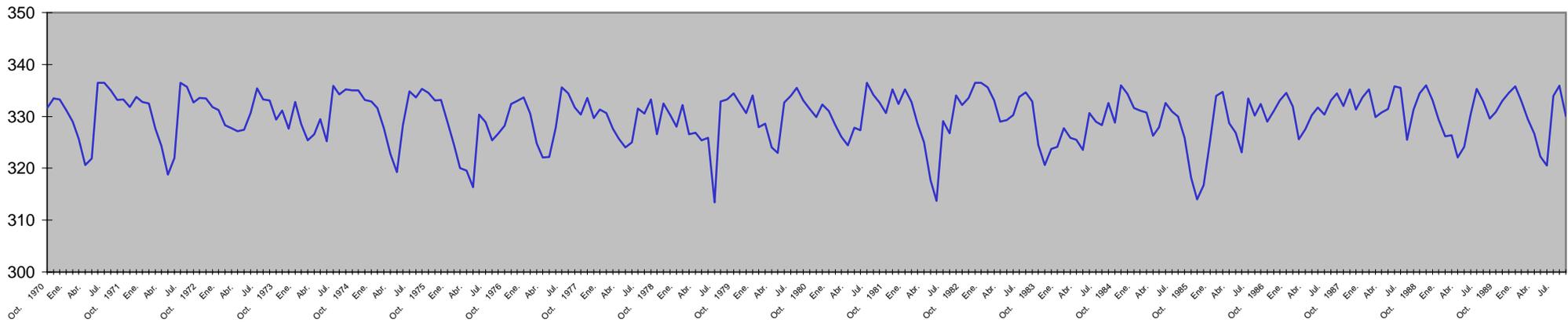
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 9 de agosto de 1996. Cota: 335,97.

EMBALSE DE CAMARASA

VOLUMEN EMBALSADO (hm3)

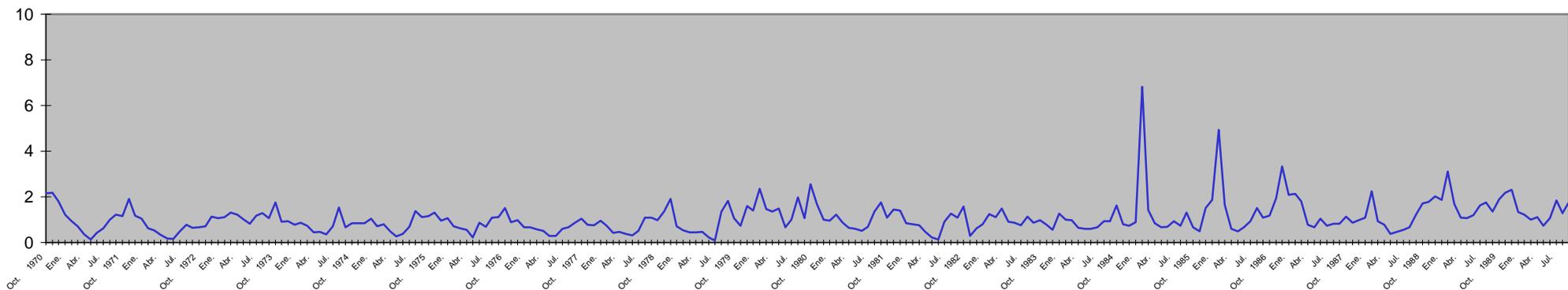


FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



EMBALSE DE CAMARASA

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE CAMARASA



Panorámica del embalse de Camarasa, desde el club náutico, el día 9 de agosto de 1996.



Presa de Camarasa.

EMBALSE DE CAMARASA



Embarcadero del club náutico localizado en la margen izquierda a unos 6 km aguas arriba de la presa de Camarasa.



Sedimento limoso extraído del embalse de Camarasa, en las cercanías de la presa.

EMBALSE DE CAMARASA



Río Noguera Pallaresa, inmediatamente aguas abajo de la presa de Camarasa. Se observa el desagüe del agua turbinada en la central hidroeléctrica situada a pie de presa.



Río Segre, a unos 3 km aguas abajo de su confluencia con el río Noguera Pallaresa. La turbidez del agua procede del río Segre.

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CAMARASA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Camarasa 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, recalculando 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 (n° 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 (μg)	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:

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

Cálculo para biovolumen:

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

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

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

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 _{CIA}	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL _{CHR}	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL _{MIC}	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL _{WOR}	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL _{TOT}	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 Tipos 1, 2 y 3	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango Tipo 12	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango Tipo 13	> 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_{trans}). 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 ³	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm ³ /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 ³	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm ³ /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 ₂)	> 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 CAMARASA

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
VALOR PROMEDIO	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

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 Camarasa.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA <i>a</i>	2,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	6,94	Ultraoligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,50	ULTRAOLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CAMARASA

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 ³ /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	
			Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
INDICADOR BIOLÓGICO			> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	< 0,2	
			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 ₂ hipolimnética (mg O ₂ /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
			Muy bueno	Bueno	Moderado		
INDICADOR FISICOQUÍMICO			< 1,6	1,6 – 2,4	> 2,4		

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 Camarasa.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	2,00	1,30	1,21	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	6,94			Muy Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				1			MUY BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO O SUPERIOR			
ESTADO FINAL				BUENO			

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