



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

EMBALSE DE CALANDA

LIMNOS

1996

EMBALSE DE CALANDA**1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Nombre:	Calanda
Pki - Pkf:	8.160-9.110
Código cauces:	
Cuenca:	Guadalope
CH:	Ebro
Provincia:	Teruel
Propietario:	Estado
Año de terminación:	1982

2) USOS Y TIPO DE PRESA

Usos:	Abastecimiento/Riegos/Hidroeléctrico /Regulación
Actividades:	Baños/Pesca
Interés Natural:	Otras especies

Comentarios:

- Los usos más importantes del embalse son los riegos y el aprovechamiento hidroeléctrico. El agua para riego se turbinan previamente en una central a pie de presa que pertenece a la comunidad de regantes de Calanda y tiene una potencia de 500 K.V.A. Los turbinados (del orden de unos 2 m³/s) se vierten al río y constituyen el caudal alimentador de la Estanca de Alcañiz, a partir de una toma en un azud existente aguas abajo. También se deriva agua (unos 0,5 m³/s) para la central térmica de Andorra que pertenece a ENDESA, y agua para riegos (unos 0,2 m³/s) por la acequia de Calanda, la cual cuenta con una central hidroeléctrica que puede turbinar el agua opcionalmente. Existe una última toma de agua para riegos del Guadalopillo que se encuentra fuera de servicio.
- El abastecimiento de algunas poblaciones como Castellserás, Alcañiz y Calanda se realiza a partir del agua del embalse, si bien ésta se toma del canal alimentador de la Estanca.

- El embalse es frecuentado por pescadores y sus aguas están declaradas como trucheras en régimen especial y coto deportivo de pesca (Orden de 17 de enero de 1996; DGA).
- Aunque el embalse no está catalogado de interés natural por aves acuáticas, es frecuentado por anátidas y algunas grullas. Se ha detectado la presencia de nutrias en la mayor parte del río (especialmente en el curso medio y alto). La supervivencia de esta especie está ligada a la presencia de peces en el río y a la existencia de tramos poco accesibles o poco frecuentados, ambos requisitos se encuentran en la mayor parte de la cuenca alta del río Guadalope.

Tipo de presa:	Escollera	
Cota tomas (m s.n.m.):	Aliviadero:	434,65
	Central hidroeléctrica	
	y de riegos:	405,5
	Desagüe de fondo:	389,5
Torre de tomas:	No existe	
Escala de peces:	No existe	

Comentarios:

- Existe una única toma en la cota 405,5 a partir de la que se deriva el agua para los usos del embalse: agua para riego (unos 2,2 m³/s), que se turbinan en la central de pie de presa del río (central 2) y luego se vierte en el río; agua para la Central térmica de Andorra, propiedad de ENDESA, (unos 0,5- 0,6 m³/s); y agua de riego que se deriva por el canal de Calanda (0,2 m³/s).
- En época de riegos el río lleva un caudal elevado, aunque fluctuante. Durante la visita efectuada en agosto, el caudal era del orden de 2,2 m³/s. Cuando finaliza la temporada de riegos el caudal de compensación es de unos 0,4-0,5 m³/s y se vierte por los desagües de fondo.

3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

Volumen (hm³):	54,3
Superficie (ha):	312
Cota (m s.n.m.):	440
Profundidad máxima (m):	53
Profundidad media (m):	17,4
Profundidad termoclina (m):	9-16
Desarrollo de volumen:	0,98
Volumen epilimnion (hm³):	2-16
Volumen hipolimnion (hm³):	1-16
Relación E/H:	1-2
Fluctuación de nivel:	Media
Tiempo de residencia (meses):	2-5

Comentarios:

- La termoclina se encontró entre 9 y 16 m en agosto de 1996, por encima de la toma hidroeléctrica y de riego. Por este motivo, existe riesgo de verter aguas anóxicas en el río en caso de que éstas se produzcan.
- En la época estival los volúmenes embalsados no suelen superar los 30 hm³, y en años secos el embalse puede tener menos de 3 hm³. Para este rango, y durante la estratificación, el volumen del hipolimnion no supera el del epilimnion y en todos los casos la relación E/H es mayor que 1. Esto hace que el riesgo de producirse anoxia sea relativamente alto en este embalse.
- La oscilación del embalse es media (unos 8 m), lo cual unido a un perfil del embalse relativamente cerrado ($Dv < 1$), hacen que el riesgo de enturbiamiento del agua por erosión al descender el nivel del agua sea moderado.
- El tiempo de residencia es elevado, lo cual favorece la eutrofia.

4) HIDROQUÍMICA

Embalse

Conductividad ($\mu\text{S/cm}$):	564-600
Calcio (mg/L):	-
Fosfato (mg/L):	-
Nitrato (mg/L):	-
Amonio (mg/L):	0,05

Comentarios:

El agua del embalse de Calanda presenta una mineralización moderada.

Tributario principal

Conductividad ($\mu\text{S/cm}$):	500-1240
Calcio (mg/L):	70
Fosfato (mg/L):	0,001-0,36
Nitrato (mg/L):	0,9-7
Amonio (mg/L):	0,09-0,48

Comentarios:

- El agua del río Guadalope que entra en el embalse de Calanda es moderadamente mineralizada y relativamente rica en calcio. La concentración de fósforo y nitrógeno es elevada como consecuencia de la actividad agrícola y ganadera (granjas) en la cuenca y de los vertidos de aguas residuales de los municipios próximos (Mas de las Matas). Sin embargo la elevada concentración de calcio es favorable para limitar la eutrofia.

5) ESTADO TRÓFICO

Nivel trófico:	Eutrófico
Hipolimnion:	Con oxígeno
Blooms algales:	No

Comentarios:

- El embalse es eutrófico en base la aplicación del modelo de Vollenweider para la concentración media de fósforo según datos de la red ICA (0,13 mg/L de fosfato) del río Guadalope y tomando una aportación media anual de 154,6 hm³. Sin embargo la manifestación de la eutrofia está limitada por el alto contenido de calcio del agua.
- Las concentraciones de fósforo (0,001 mg/L de fosfato) y clorofila (1,7 mg/L) medidas en el embalse y tributario en agosto de 1996, son bajas y propias de aguas oligotróficas; sin embargo esto se debe a lo húmedo del año y a que días antes del muestreo se registraron lluvias. Esto es también la causa de la turbidez del agua observada principalmente en el río.
- La columna de agua se encontró durante el muestreo de agosto de 1996 con una concentración mínima de oxígeno disuelto de 2 mg/L en profundidad. Sin embargo, dada la tendencia eutrófica del embalse es probable que en años secos pueda producirse anoxia en el hipolimnion, hecho favorecido por su relativo pequeño volumen. Además existe riesgo de verter aguas anóxicas en el río al finalizar el periodo estival y si se suelta el caudal de compensación por los desagües de fondo.

6) PECES

Densidad:

Media

Especies:

Salmo trutta (trucha común)

Chondrostoma toxostoma (madrilla)

Barbus haasi (barbo culirrojo)

Barbus graellsii (barbo de Graells)

Micropterus salmoides (black bass)

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 el perfil batimétrico realizado en la zona de la presa. Los desagües de fondo no están aterrados. En la visita se observó el agua turbia tanto en el río como en el embalse producida por las lluvias que se habían producido unos días antes.
- El sedimento es muy limoso y poco consistente, lo que favorece su movilización en caso de un vertido de fondo.

8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

Anchura del cauce (m):	10
Pendiente (%):	0,3
Caudal de compensación (m³/s):	0,5
Estructura del lecho:	Tabla/Rápidos
Objetivo de calidad:	OC2
Usos:	Abastecimiento/Riego/Pesca
Fauna acuática	
Índice biótico (B.M.W.P.):	39-58
Índice biótico (nivel de calidad):	3
Calificación del tramo según peces:	Ciprinícola
Especies de peces:	

Chondrostoma toxostoma (madrilla)

Barbus haasi (barbo culirrojo)

Barbus graellsii (barbo de Graells)

Micropterus salmoides (black bass)

Ecosistema de ribera:

Formado por algún bosque de chopos (*Populus* spp.) y mimbreras (*Salix* spp), y cañizal en los márgenes (*Phragmites*, *Typha*).

Comentarios:

- El tramo bajo la presa posee un coto de pesca de captura y suelta entre la presa y el puente de la carretera de Calanda a Torrevelilla, y un vedado desde dicho puente al azud de la Estanca.
- El río presenta un caudal relativamente alto ($2 \text{ m}^3/\text{s}$) durante la época de riegos aunque con fluctuaciones, lo que afecta al zoobentos y a los peces. Al finalizar la época de riegos se vierte un caudal de compensación de unos $0,4\text{-}0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- La calidad biológica es baja ya que el río recibe aportes de aguas residuales procedentes del Guadalopillo y de otros pueblos. El índice B.M.W.P. presenta valores propios de aguas contaminadas.

9) MENÚ DE RIESGOS AMBIENTALES

MORTANDAD DE PECES

1. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas (En sequía).
2. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por el régimen hidroeléctrico (variaciones bruscas y de rango elevado del caudal de agua).

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 cambios de la calidad físicoquímica del agua (En sequía).
3. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por distorsiones en el régimen hidrológico.
4. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por alteraciones del régimen térmico de las aguas.

AFECCIONES A OTRA FAUNA

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

AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA

Ninguna

RIESGOS HIDROLÓGICOS

Ninguno

AFECCIONES A LOS USOS DEL EMBALSE Y DEL TRAMO FLUVIAL

1. Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por tóxicos y malos sabores ocasionados por fenómenos de reducción en el hipolimnion (En sequía).
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

- Los riesgos más importantes son los que se relacionan con alteración del régimen hidrológico del río y con el posible vertido de aguas anóxicas en el mismo. El río presenta una notable alteración del régimen natural ya que en verano, cuando el caudal natural suele ser mínimo, es cuando se vierte más agua en el río (del orden de 2 m³/s) para satisfacer la demanda de riegos. En otoño e invierno sólo lleva 0,5 m³/s. Además el agua que se vierte en verano es fría, lo cual puede afectar a la comunidad biológica. La fluctuación del caudal como consecuencia de la demanda de riegos y del régimen de turbinados es un factor negativo para la comunidad biológica y de peces del tramo fluvial bajo la presa.
- Existe el riesgo de producción de aguas anóxicas y tóxicas en el hipolimnion en época de sequía. Esto podría afectar a la comunidad de peces (y a la pesca) y al abastecimiento que depende de este agua en el río y en el canal alimentador de la Estanca. Aunque el agua anóxica podría incrementar su contenido en oxígeno a lo largo del tramo fluvial hasta el azud de la toma del canal de la Estanca, no puede descartarse una posible mortandad de peces y una disminución de la calidad del agua.

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

- Control de la eutrofia: La tendencia eutrófica del embalse viene motivada principalmente por los aportes de nutrientes de origen agrícola -ganadero y al vertido de aguas domésticas de los municipios de la zona, para lo que se deberían diseñar medidas de gestión de las aguas residuales domésticas e industriales. El control de los nutrimentos de origen agrícola es muy difícil y una medida indirecta es la instalación de un pre-embalse de nivel menos fluctuante en la cola principal que desarrollaría una comunidad de carrizal, que retendría una parte de

los nutrientes del agua de los tributarios. Además se potenciarán los hábitats para aves acuáticas y peces.

- Actuaciones en sequía: 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

⇒ si no se asegura una concentración de oxígeno superior a 4 mg/L en el agua que circula por el río

⇒ si la concentración de NH_4 es mayor de 8 mg/L.

PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

- Medir la concentración de oxígeno en tres profundidades del hipolimnion (termoclina, media y fondo) durante la época de estratificación.
- Si la concentración de oxígeno es inferior a 1 mg/L, analizar también la concentración de SH_2 y de NH_4^+

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

EMBALSE: **Calanda** **Fecha:** 28/8/96
Coordenadas UTM (presa): 30TYL349335

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	564	NH ₄ superf. (mg/L) :	0,05
Ca (mg/L) :	-	NH ₄ fondo (mg/L) :	0,05
NO ₃ (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m ³) :	1,7
PO ₄ (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	1,96

Tributario principal: **Guadalope**

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	503	NO ₃ (mg/L) :	0,89
Ca (mg/L) :	70,1	NH ₄ (mg/L) :	0,1
		PO ₄ (mg/L) :	0,001

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

TRAMO FLUVIAL:

Guadalope

FECHA:

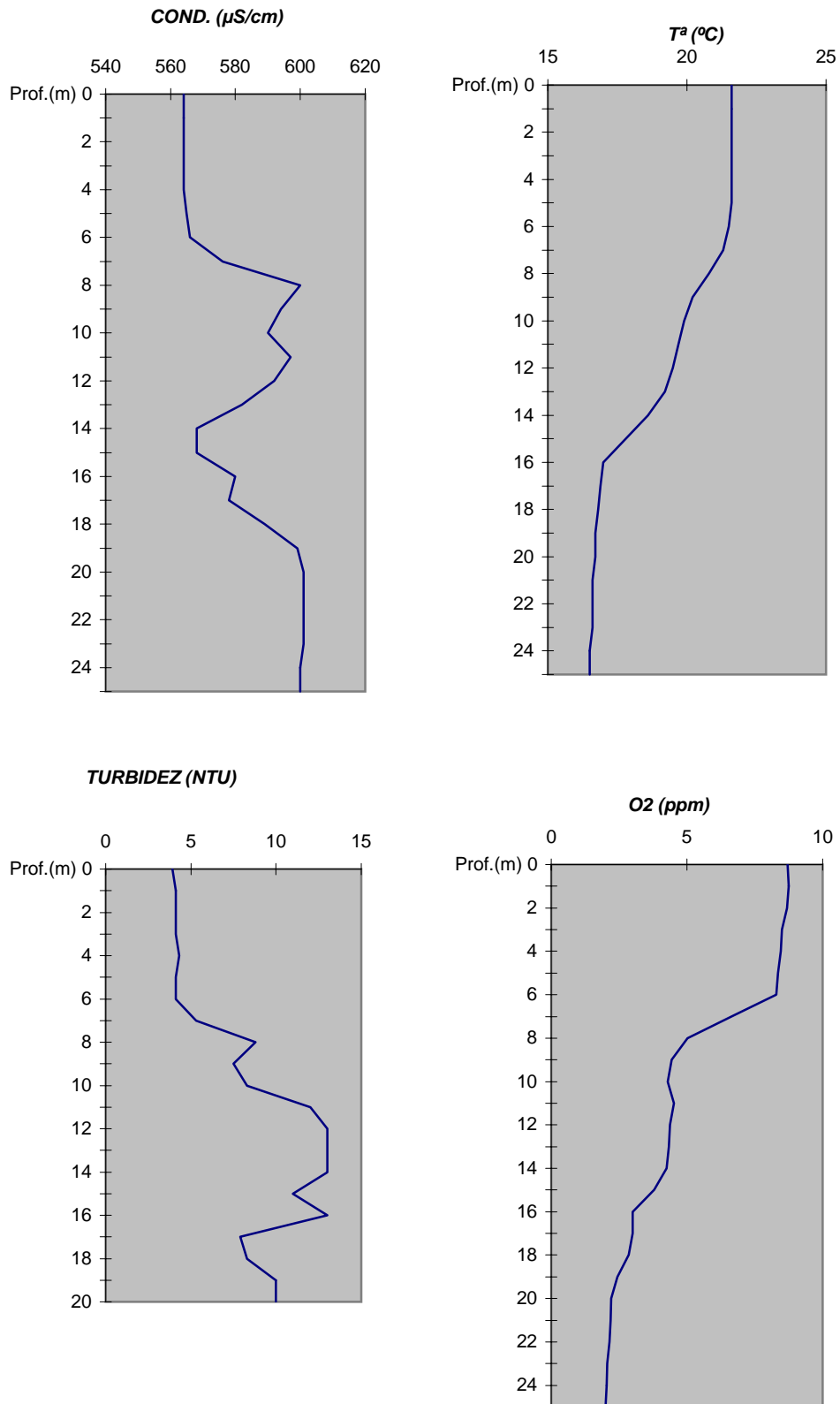
28/08/96

EMBALSE AGUAS ARRIBA DEL TRAMO: Calanda

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

PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BMWP: 58		
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

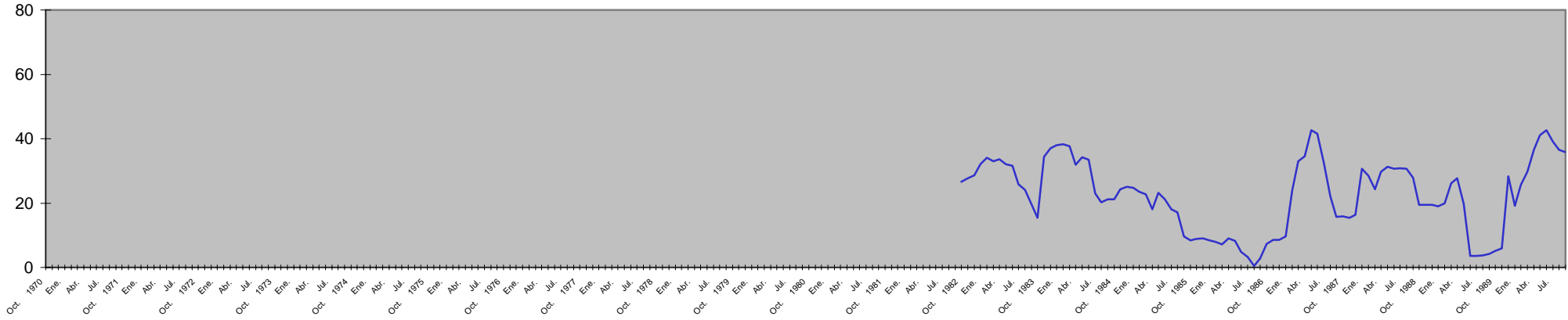
EMBALSE DE CALANDA



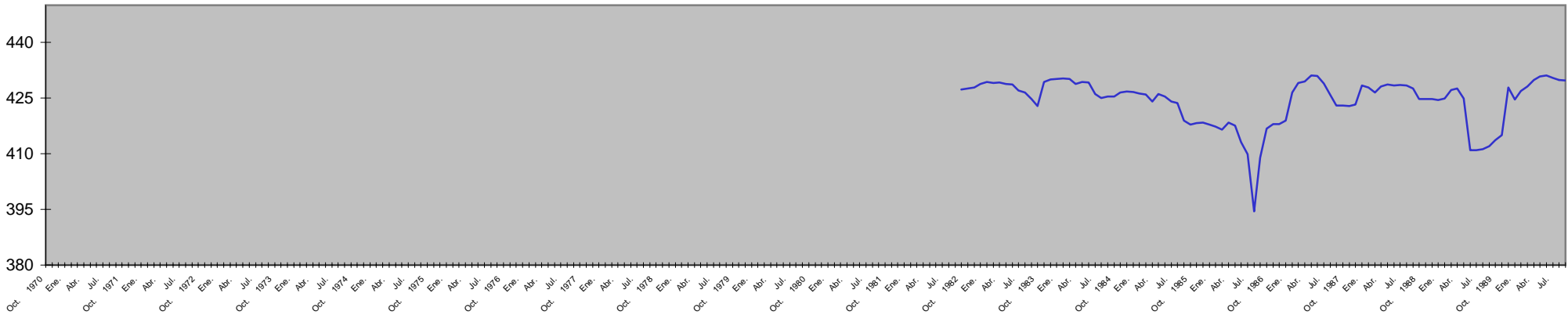
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 28 de agosto de 1996. Cota: 421,28.

EMBALSE DE CALANDA

VOLUMEN EMBALSADO (hm³)

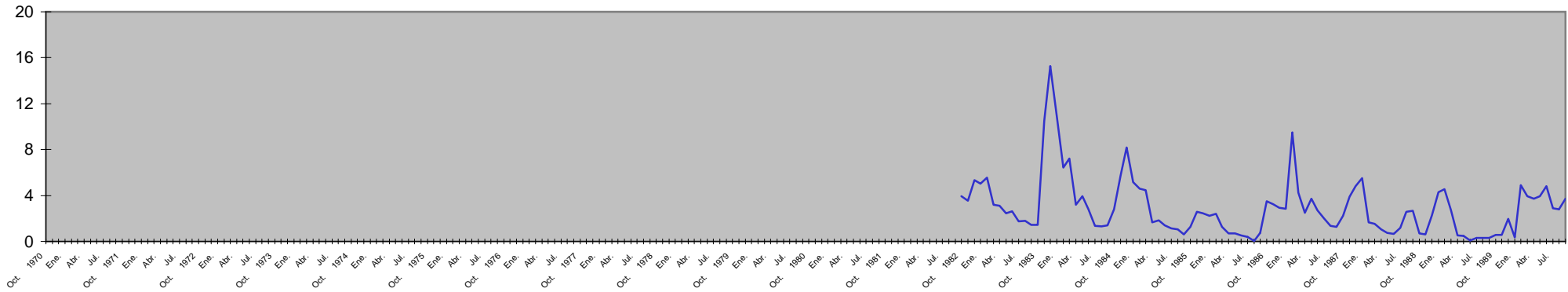


FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



EMBALSE DE CALANDA

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE CALANDA



Embalse de Calanda desde la presa el día 28 de agosto de 1996.



Presa de Calanda y desagüe de fondo.

EMBALSE DE CALANDA



Sedimento extraído del embalse de Calanda en la zona de la presa, el día 28 de agosto de 1996.



Río Guadalupe en el tramo inmediatamente aguas abajo de la presa de Calanda.

EMBALSE DE CALANDA



Río Guadalope, 1,5 km aguas abajo de la presa de Calanda, en agosto de 1996.



Río Guadalope a unos 8 km aguas abajo de la presa de Calanda y aguas arriba de Castelserás.

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CALANDA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Calanda 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 (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:

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

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>	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
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_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 físicoquímicos 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 CALANDA

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 Calanda.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA <i>a</i>	1,70	Oligotrófico
DISCO SECCHI	1,96	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,50	OLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CALANDA

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 <i>a</i> (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 Calanda.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	1,70	1,53	1,37	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,96	Moderado			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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