



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

EMBALSE DE LINSOLES

LIMNOS

1996

EMBALSE DE LINSOLES**1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Nombre:	Linsoles
Pki - Pkf:	7.310-7.360
Código cauces:	
Cuenca:	Ésera - Cinca
CH:	Ebro
Provincia:	Huesca
Propietario:	Energías de Aragón S.A. (EASA)
Año de terminación:	1964

2) USOS Y TIPO DE PRESA

Usos:	Hidroeléctrico
Actividades:	Navegación/Pesca (Régimen especial aguas salmonícolas)
Interés Natural:	Otras especies

Comentarios:

- El uso principal del embalse es la producción de energía eléctrica a cargo de Eléctricas Reunidas de Zaragoza, que cuenta con dos centrales hidroeléctricas, la de Eriste y la de Sesué, situadas aguas arriba y abajo del embalse. La central de Eriste trabaja con las aportaciones de las presas de Paso Nuevo (Ésera) y Estós, y de los ríos Eriste y La Vall; su caudal de turbinación es de 36,9 m³/s. El agua turbinada se recoge en el embalse de Linsoles. La central de Sesue está situada a unos 6 km aguas abajo de la presa de Linsoles. El agua llega a la central por una galería de presión de 4.600 m que desemboca en una tubería forzada de 419,6 m, y tiene un caudal de turbinación de 32 m³/s.
- La navegación a motor está prohibida. Se práctica piragüismo. En relación con la pesca, el embalse está calificado de régimen especial de aguas habitadas por la trucha (Orden de 17 de enero de 1996 de la DGA).

- El embalse tiene interés natural por indicios de la presencia de nutria en la zona. Gran parte de la cuenca de los tributarios del embalse está enclavada en tierras del Parque Posets-Maladeta.

Tipo de presa:	Gravedad	
Cota tomas (m s.n.m.):	Aliviadero:	1072,0
	Toma hidroeléctrica:	1070,0
	Desagüe de fondo:	1060,0
Torre de tomas:	No existe	
Escala de peces:	No existe	

Comentarios:

- El embalse es de regulación diaria, y turbina sólo en las horas punta, por lo que tiene una oscilación diaria de unos 2-5 m.
- El agua para la producción hidroeléctrica se conduce hasta la central de Sesué, por medio de una galería a presión de 4,6 km de longitud que conecta con una tubería forzada de 419 m de longitud y un salto bruto máximo de 146,5 m. Posteriormente, el agua turbinada se restituye al río en el embalse de Villanova desde donde se canaliza hasta el salto de Sopeira.
- El desagüe de fondo se utiliza para desaguar la primera parte de las avenidas durante el deshielo o en periodos de fuertes lluvias, y de este modo reducir el aterramiento del embalse.

3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

Volumen (hm³):	3,0
Superficie (ha):	42
Cota (m s.n.m.):	1.077,0
Profundidad máxima (m):	21
Profundidad media (m):	7,14
Profundidad termoclina (m):	1-2
Desarrollo de volumen:	1,02
Volumen epilimnion (hm³):	0,28-0,38

Volumen hipolimnion (hm³):	0,7-1,58
Relación E/H:	0,2-0,3
Fluctuación de nivel:	Medio
Tiempo de residencia (meses):	<1

Comentarios:

- La termoclina se encontraba entre 1 y 2 m en el muestreo realizado en agosto de 1996, lo cual sitúa a la toma hidroeléctrica en el hipolimnion; sin embargo no existe riesgo de turbinar aguas anóxicas ya que el embalse es oligotrófico y la probabilidad de que éstas se produzcan es baja.
- Los volúmenes de epilimnion e hipolimnion se han calculado para la reserva máxima, media y mínima registrados en agosto (datos entre 1986 y 1990) y considerando la termoclina localizada a 1 m de la superficie. La relación E/H es menor que 1 en todos los casos, lo cual reduce la probabilidad de aparición de anoxia.
- El embalse presenta un riesgo de erosión de las laderas (y de enturbiamiento del agua) moderado, de acuerdo con la morfometría del embalse ($Dv \cong 1$) y la fluctuación del nivel del agua (entre 2 y 7 m) que suele ser diaria (salvo los fines de semana).
- El agua del embalse se renueva mucho y el tiempo de residencia es inferior a 1 mes. La tasa de renovación elevada limita su eutrofia.

4) HIDROQUÍMICA

Embalse

Conductividad (µS/cm):	92-110
Calcio (mg/L):	-
Fosfato (mg/L):	-
Nitrato (mg/L):	-
Amonio (mg/L):	0

Comentarios:

- El agua del embalse es poco mineralizada según la medida de la conductividad en agosto de 1996. No se detecta amonio ni en superficie ni en el fondo. No se dispone de datos sobre otras características físico-químicas del agua (Ver tributario).

Tributario principal

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$):	230-305
Calcio (mg/L):	50,9
Fosfato (mg/L):	0,02-0,086
Nitrato (mg/L):	0,29-0,77
Amonio (mg/L):	-

Comentarios:

- El agua del tributario principal (río Ésera) es moderadamente mineralizada. Presenta concentraciones relativamente altas de fósforo y nitrógeno para ser aguas de montaña (Datos de Limnos para el estudio de CHE sobre caudales de compensación, 1990, y actuales -agosto 1996). Esto se debe a los vertidos sin depurar de los municipios de la zona, en especial de Benasque, Eriste y Anciles, así como de Cerler (en el arroyo Remascaró). También puede ser importante el aporte de nitrógeno procedente de la actividad ganadera (ganado estabulado y al pasto).

5) ESTADO TRÓFICO

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

Comentarios:

- El embalse es oligotrófico según la concentración de clorofila en agosto de 1996 (0,2 mg/L). La transparencia del agua, según la profundidad del disco de Secchi, presenta valores en el límite entre la oligotrofia y la mesotrofia (5,9 m) según OCDE (1983).
- La aplicación del modelo de Vollenweider (relación entre aportación anual de fósforo al embalse y las características morfométricas e hidráulicas del embalse) para la concentración de fosfato de 0,027 mg/L (medida en agosto de 1996) y para una aportación media al embalse de 330,0 hm³ (valor medio del periodo 1986-90) da como resultado una situación de eutrofia, en la que se supera ampliamente la carga de fósforo considerada peligrosa. Sin embargo, no hay que olvidar que este diagnóstico está basado en un solo dato de la concentración de fósforo por lo que el resultado se considera sólo orientativo.
- El hipolimnion se encuentra oxigenado con valores de alrededor 11 mg/L de oxígeno disuelto en toda la columna de agua (agosto, 1996).
- No se producen proliferaciones de algas.

6) PECES

Densidad:	Media
Especies:	<i>Salmo trutta</i> (trucha común)

7) SEDIMENTOS

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

Comentarios:

- El embalse es susceptible de aterramiento ya que recibe los arrastres del barranco de Remascaró. Éste se encuentra ubicado en morrenas glaciares con abundantes arcillas, fácilmente movilizables. Ésta es la causa de que se hayan tenido que realizar vaciados totales del embalse, el último en el invierno de 1996, y de que se haya construido una embocadura nueva del desagüe de fondo para que pueda funcionar con independencia del nivel de lodos (información de ERZ, 1996).
- El sedimento es limo-arcilloso muy plástico, y con poca materia orgánica (según la muestra extraída en el verano de 1996), después del vaciado realizado en invierno. Según información de ERZ, los sedimentos presentaban una capa de materia orgánica superficial y se observó burbujeo de metano al descender el nivel del agua. No tiene riesgo de estar contaminado ya que no existe actividad industrial en la cuenca.

8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

Anchura del cauce (m):	3-7
Pendiente (%):	2,3
Caudal de compensación (m³/s):	No
Estructura del lecho:	Rápidos/Balsas
Objetivo de calidad:	OC-1
Usos:	Pesca/Ecológico
Fauna acuática	
Índice biótico (B.M.W.P.):	84-90
Índice biótico (nivel de calidad):	2
Calificación del tramo según peces:	Salmonícola
Especies de peces:	<i>Salmo trutta</i> ,

Ecosistema de ribera:

El bosque de ribera está bien desarrollado y conservado. Está constituido por sauces (*Salix* spp.), chopos (*Populus* spp.), fresnos (*Fraxinus* sp.), etc.

Comentarios:

- El río Ésera bajo la presa de Linsoles presenta un cauce ancho (10-20 m) y pedregoso, aunque la lámina de agua sólo ocupa entre 3 y 7 m. El sustrato dominante son piedras aunque también hay gravas y arenas. El caudal que fluye en la época estival procede de filtraciones y de una fuente que aflora bajo la presa. El embalse no deja caudal ecológico. El caudal turbinado no se restituye al río hasta la central de Sesué a unos 6 km aguas abajo de la presa.; allí se vuelve a canalizar hacia otras centrales del grupo ENHER. Durante la visita efectuada en agosto de 1996 se estimó un caudal de 150 l/s a unos 2 km de la presa.
- El tramo es truchero y está vedado desde la presa hasta el puente viejo de la carretera a Benasque. Aguas abajo de la central de Sesué hay un tramo que es coto en régimen normal (entre el puente de Castejón de Sos y la presa de Sopeira).
- El nivel de calidad según el índice biótico B.M.W.P. es moderado, y corresponde a aguas con algunos efectos de contaminación (clase 2) que en este caso se deben más a alteración del régimen hidrológico que a la presencia de contaminantes.
- La densidad de peces en el tramo fluvial es baja.
- Este tramo es zona de paso para la nutria aunque no está confirmada la presencia permanente de esta especie.

9) RIESGOS AMBIENTALES

MORTANDAD DE PECES

1. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.
2. Mortandad de peces en el embalse por enturbiamiento del agua.

AFECCIONES A LOS PECES

1. Afecciones a los peces de peces del tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.
2. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por eliminación (colmatación) de frezaderos por vertido de lodos.
3. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción o eliminación del caudal. En sequía.
4. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.
5. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción de los frezaderos por la retención de gravas y arenas en el embalse.
6. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por efecto barrera a los desplazamientos aguas arriba y abajo (migraciones de salmónidos).

AFECCIONES A OTRA FAUNA

1. Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por aumento de la turbidez del agua, debido al vertido de agua turbia o con lodos.
2. Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del nivel del agua.
3. Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.

AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA

Ninguna

RIESGOS HIDROLÓGICOS

Ninguno

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

1. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del 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 seguridad física de los pescadores en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal
4. Afección a la pesca en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal.
5. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por vertidos de agua fría durante el periodo estival.

COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES

- De todos los riesgos indicados el más importante es el originado por el vertido de lodos y aguas turbias por el desagüe de fondo. La alta erosionabilidad de los materiales que atraviesa el barranco de Remascaró es el origen del aterramiento del embalse. Esto ha obligado a realizar varios vaciados totales del embalse y diferentes desaguados periódicos de fondo. Para el último vaciado se realizó un estudio previo y un seguimiento. Antes del vaciado, una parte de las truchas existentes se rescataron y trasladaron al embalse de Paso Nuevo, y otras salieron por el desagüe de fondo durante el vaciado. Como consecuencia de esto, la población de truchas es baja en el río; en el embalse, la población se recupera más fácilmente por la colonización de ejemplares procedentes de los ríos Ésera y Eriste.
- Los desaguados periódicos de fondo se realizan (según el grupo ERZ) en periodos de avenida, ya sean de fusión de nieve o de aguaceros, y cuando el nivel del embalse excede la cota de explotación normal. Estos desaguados de agua

turbia provocan afecciones graves a la comunidad de peces (mortandad, reducción de frezaderos) y a los usos en el tramo fluvial bajo la presa.

- Aguas abajo de la presa el caudal es bajo y poco fluctuante excepto cuando se vierte de fondo o se turbinan un caudal superior a 25 m³/s que es el que se deriva en Villanova; entonces el exceso se vierte en el río, produciendo fluctuaciones aperiódicas del caudal. El régimen de turbinados es diario, excepto en casos de fuerte estiaje y, según el grupo ERZ, no pasan más de 24 horas de interrupción del turbinado de caudales. La fluctuación aperiódica del caudal puede ser origen de disminución de la abundancia de truchas por reducción del alimento (zoobentos) y ser causa de riesgo físico a los pescadores al aumentar de golpe el caudal del río. Durante el verano de 1996, se produjo la muerte de un pescador por un incremento brusco del caudal, en el Congosto del Ventanillo.
- Otras afecciones sobre la población de truchas, como la reducción de frezaderos por retención de gravas, tiene menos importancia en este embalse ya que existen barrancos laterales que aportan gravas al cauce principal

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

- Controlar el aterramiento con periodicidad, estudiar medidas para controlar la erosión en el barranco Remascaró. Realizar los desaguados de fondo (anuales o semestrales) aprovechando situaciones de alta disponibilidad hídrica. Coordinar el vertido de fondo con vertidos de aliviadero (en casos de alta disponibilidad hídrica) o de la toma hidroeléctrica.
- En el caso del vaciado del embalse (como el realizado en el invierno de 1996) o si se prevé un vertido de lodos de importancia se realizarán estudios específicos para determinar la calidad de los mismos. Se realizarán vertidos preliminares de agua de aliviadero o de la toma hidroeléctrica para limpiar el cauce y mandar una señal de incremento de caudal a los organismos acuáticos. Posteriormente al vertido de fondo, se realizarán nuevos vertidos de limpieza para evitar la deposición de los limos en el cauce del río.

- Controlar el incremento de la eutrofia del agua, mediante medidas de gestión de las aguas residuales domésticas y ganaderas en Eriste, Benasque, Anciles y Cerler.
- Fijar un caudal de compensación de agua fría en el tramo fluvial bajo la presa para potenciar el desarrollo de la trucha. Este caudal sería del orden de 400-700 l/s.
- En sequía, no realizar vertidos de fondo si no se garantiza el suficiente caudal de dilución.

PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

Ninguno.

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

EMBALSE: **Linsoles** **Fecha:** 2/8/96
Coordenadas UTM (presa): 31TBH937178

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	92	NH ₄ superf. (mg/L) :	-
Ca (mg/L) :	-	NH ₄ fondo (mg/L) :	0
NO ₃ (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m ³) :	0,2
PO ₄ (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	5,90

Tributario principal: **Ésera**

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	305	NO ₃ (mg/L) :	0,77
Ca (mg/L) :	50,9	NH ₄ (mg/L) :	-
		PO ₄ (mg/L) :	0,086

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

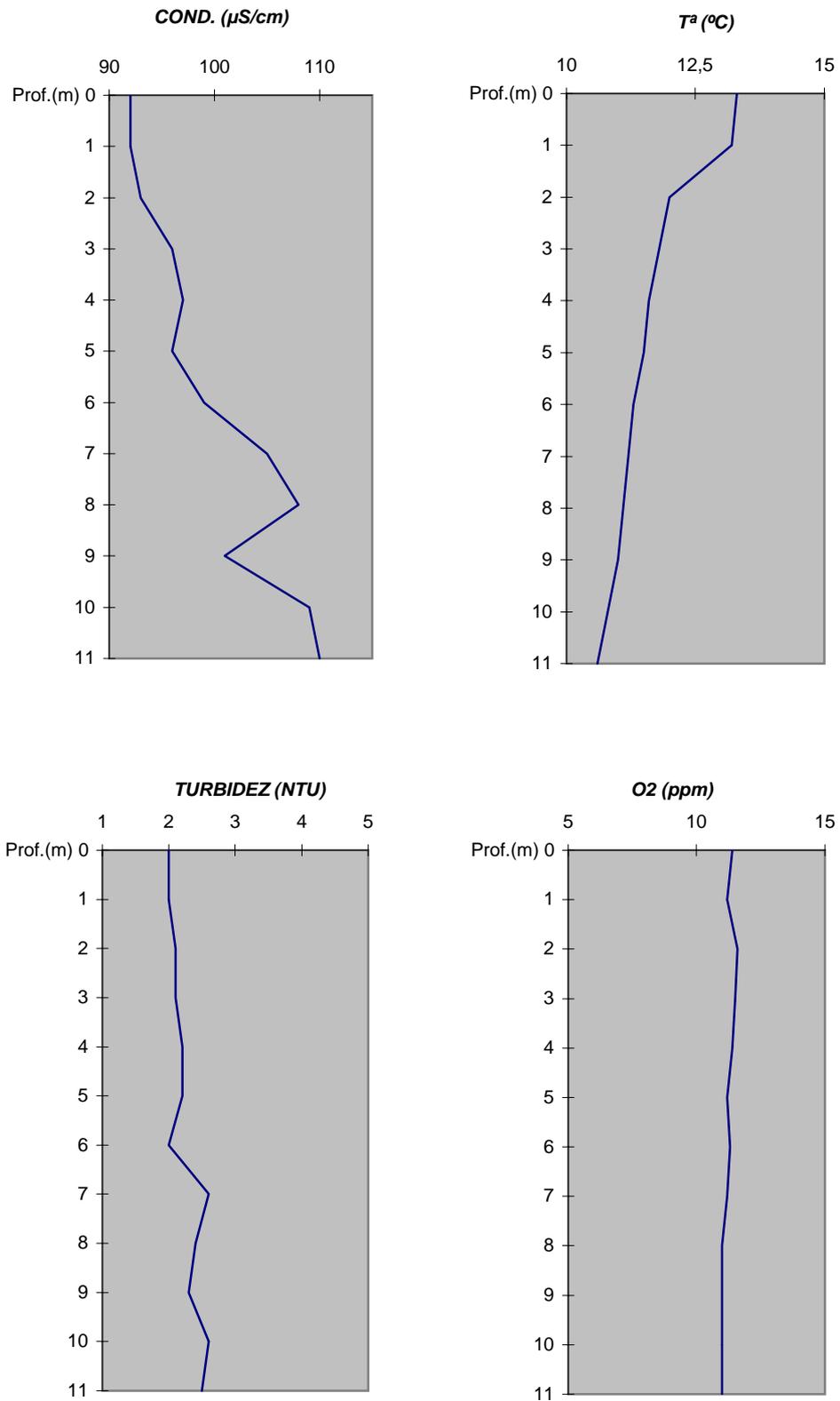
TRAMO FLUVIAL: Ésera
 EMBALSE AGUAS ARRIBA DEL TRAMO: Linsoles

FECHA: 02/08/96

B.M.W.P.			
ARÁCNIDOS		EFEMERÓPTEROS	
<i>Hidracarina</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Siphonuridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
		<i>Heptageniidae</i>	10 <input checked="" type="checkbox"/>
COLEÓPTEROS		<i>Leptophlebiidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Dryopidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Potamanthidae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Elmidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemeridae</i>	10 <input type="checkbox"/>
<i>Helophoridae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Ephemerellidae</i>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Hydrochidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Oligoneuriidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
<i>Hydraenidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Baetidae</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Clambidae</i>	5 <input type="checkbox"/>	<i>Caenidae</i>	4 <input type="checkbox"/>
<i>Halplidae</i>	4 <input type="checkbox"/>		
<i>Curculionidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	HETERÓPTEROS	
<i>Chrysomelidae</i>	4 <input type="checkbox"/>	<i>Mesoveliidae</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 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 checked="" type="checkbox"/>	MOLUSCOS	
<i>Tabanidae</i>	4 <input checked="" 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 type="checkbox"/>
<i>Anthomyiidae</i>	4 <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Lymnaeidae</i>	3 <input type="checkbox"/>
<i>Limoniidae</i>	4 <input checked="" 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 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 checked="" 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 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 checked="" type="checkbox"/>
		<i>Philopotamidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Glossosomatidae</i>	8 <input type="checkbox"/>
		<i>Rhyacophilidae</i>	7 <input checked="" type="checkbox"/>
		<i>Polycentropodidae</i>	7 <input type="checkbox"/>
		<i>Limnephilidae</i>	7 <input checked="" 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>Dugesiiidae</i>	5 <input type="checkbox"/>
		<i>Dendrocoelidae</i>	5 <input type="checkbox"/>

PUNTAJACIÓN DEL ÍNDICE BMWP: 90		
CLASE DE CALIDAD	PUNTAJACIÓN 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

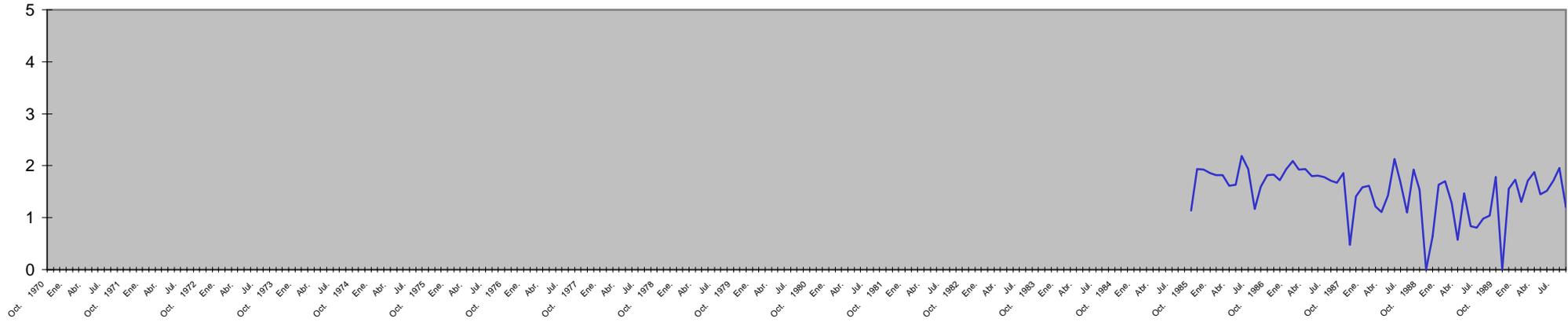
EMBALSE DE LINSOLES



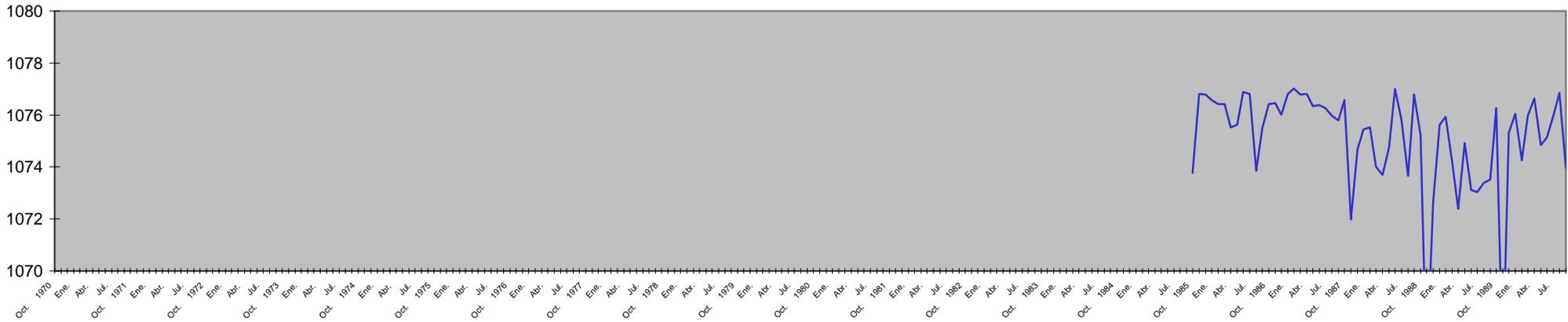
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 2 de agosto de 1996. Cota: 1075,8.

EMBALSE DE LINSOLES

VOLUMEN EMBALSADO (hm³)

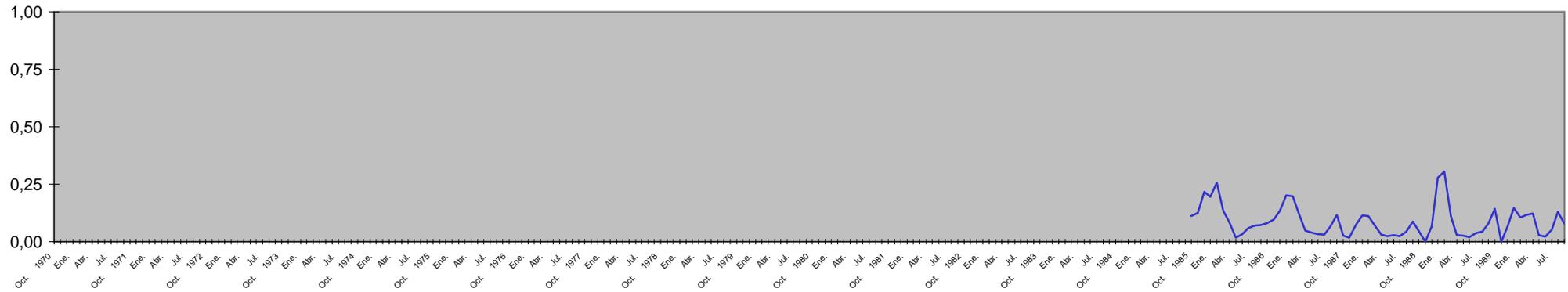


FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



EMBALSE DE LINSOLES

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE LINSOLES



Embalse de Linsoles bajo la niebla, el día 2 de agosto de 1996.



Sedimento extraído del embalse de Linsoles en la zona próxima a la presa.

EMBALSE DE LINSOLES



Río Ésera aguas abajo de la presa de Linsoles.



Río Ésera a 1 km aguas abajo de la presa de Linsoles.



ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LINSOLES 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Linsoles 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 <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

4) Porcentaje de cianobacterias

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

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

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

Donde:

$BVOL_{CIA}$	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

Adicional informe estado embalse de Linsoles 1996

Demarcación Hidrográfica del Ebro

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 LINSOLES

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 Linsoles.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA <i>a</i>	0,20	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	5,90	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,50	ULTRAOLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LINSOLES

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 Linsoles.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0,20	10,50	6,46	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	5,90	Bueno			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				2		BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO O SUPERIOR			
ESTADO FINAL				BUENO			

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