



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

EMBALSE DE BARASONA

LIMNOS

1996

EMBALSE DE BARASONA**1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Nombre:	BARASONA - JOAQUÍN COSTA
Pki - Pkf:	800-1.700
Código cauces:	
Cuenca:	Ésera - Cinca
CH:	Ebro
Provincia:	Huesca
Propietario:	Estado
Año de terminación:	1932-1972

2) USOS Y TIPO DE PRESA

Usos:	Abastecimiento/Riego/ Hidroeléctrico
Actividades:	Navegación/Navegación a motor/Baños/ Club náutico/Pesca (Régimen especial aguas ciprinícolas)
Interés Natural:	Aves acuáticas/Otras especies

Comentarios:

- Se abastecen del agua del embalse los municipios de Monzón, Binefar y Tamarite a partir de su toma en el Canal de Aragón y Cataluña. El aprovechamiento hidroeléctrico pertenece a Hidro-Nitro Española S.A. que tiene una central eléctrica a unos 2 km aguas abajo de la presa (Central de San José) con un caudal nominal total de 36 m³/s (hay dos grupos de generación que pueden turbinar hasta 18 m³ cada uno).
- En relación con la pesca, el embalse está calificado de régimen especial de aguas ciprinícolas y es escenario deportivo de pesca (Orden de 17 de enero de 1996 de la DGA).

- El embalse tiene interés natural por aves acuáticas (cormoranes invernantes, anátidas) y por la presencia de nutria en la zona. Respecto a las aves acuáticas este embalse está incluido en la lista de Zonas húmedas de importancia nacional de la DGA y de la SEO.
- Hay bastante actividad de navegación especialmente a remo y vela, y existe un club náutico en Graus.

Tipo de presa:	Gravedad con planta curva	
Cota tomas (m s.n.m.):	Aliviadero:	440,17
	Riegos y producción	
	hidroeléctrica:	417,00
	Desagüe de fondo:	395,38
Torre de tomas:	No existe	
Escala de peces:	No existe	

Comentarios:

- En la gestión ordinaria del embalse, el agua sale por la toma de riegos y de producción hidroeléctrica (cota del eje 417 m) a través de un canal excavado en la montaña. Éste conecta con una tubería forzada en la central de San José donde se turbinan el agua y posteriormente se deriva por el canal de Cataluña y Aragón para los riegos y abastecimiento. La capacidad de este canal es de 36 m³/s hasta la central de El Ciego (situada aguas abajo de la confluencia de los ríos Ésera y Cinca), y a partir ésta es de 30 m³/s, por lo que sólo se turbinan en El Ciego el excedente de agua (hasta 6 m³/s). Los turbinados junto con el agua que circula por el río Ésera se vierten en un azud del que sale el canal de Arias I. Este azud está colonizado por carrizo y constituye un hábitat para aves acuáticas y peces.
- Por lo tanto, en la gestión ordinaria del embalse, el agua que sale de Barasona por la toma de riegos y producción eléctrica no alcanza el río Ésera, y sólo en caso de que el caudal sea superior a 30 m³/s, el excedente se vierte en el azud de Arias I.

- El tramo del río Ésera bajo la presa no tiene un caudal de compensación definido, si bien actualmente (verano de 1996) circulan unos 0,7 m³/s, procedentes de fugas en las compuertas de fondo que están en reparación.
- La toma de riego y producción hidroeléctrica se abastece de aguas del hipolimnion durante el periodo estival. Sin embargo el riesgo de turbinar aguas anóxicas es muy reducido.

3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

Volumen (hm³):	92,2
Superficie (ha):	692
Cota (m s.n.m.):	447,67
Profundidad máxima (m):	59,5
Profundidad media (m):	13
Profundidad termoclina (m):	5 - 10
Desarrollo de volumen:	0,7
Volumen epilimnion (hm³):	14,4-33,5
Volumen hipolimnion (hm³):	16,3-57,8
Relación E/H:	0,5 - 0,8
Fluctuación de nivel:	Media
Tiempo de residencia (meses):	1-2

Comentarios:

- La termoclina se encuentra entre 5 y 10 m. La toma hidroeléctrica y de riego se encuentra por debajo de la termoclina por lo que se abastece de agua del hipolimnion. Sólo en el caso de encontrarse el embalse muy bajo, por debajo de la cota 422 se tomaría agua no hipolimnética en verano, y esta situación es muy inusual.
- Los volúmenes de epilimnion e hipolimnion se han calculado para la reserva más baja y más alta registradas en agosto que son 30,7 hm³ en 1970 y 91,4 hm³ en 1986. La relación E/H es menor que 1 en los dos casos considerados, lo cual reduce la probabilidad de aparición de anoxia.

- El embalse presenta un desarrollo de volumen característico de un perfil estrecho y encajonado siendo la oscilación del embalse entre 5 y 8 m. Esto hace que la superficie erosionable en las laderas, en caso de que el embalse esté bajo, sea relativamente pequeña. Entonces el riesgo de aterramiento que presenta este embalse está poco influido por la erosión del vaso del embalse (ver menú de sedimentos).
- El agua del embalse se renueva bastante y el tiempo de residencia es, en general, de 1 a 2 meses. La tasa de renovación elevada limita su eutrofia.

4) HIDROQUÍMICA

Embalse

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$):	200 -500
Calcio (mg/L):	26-70
Fosfato (mg/L):	0-0,06
Nitrato (mg/L):	0,2-3,7
Amonio (mg/L):	0-2,4

Comentarios:

- El agua del embalse es mineralizada y carbonatada, con una concentración de calcio elevada, lo cual limita su eutrofia.

Tributario principal

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$):	170-360
Calcio (mg/L):	27-64
Fosfato (mg/L):	0-0,09
Nitrato (mg/L):	0,2-2,9
Amonio (mg/L):	0,01-0,8

Comentarios:

- El agua del tributario principal (río Ésera) tiene las mismas características que las del embalse.
- La carga de nutrientes que aporta al embalse es bastante elevada (unos 50 tm/año de fósforo y entre 200-1000 tm/año de nitrógeno) (datos de Synconsult 1990-91). Esta carga procede de los vertidos de aguas domésticas e industriales (mataderos) no depurados que se vierten en los ríos Ésera e Isabena. En concreto las aguas residuales de Graus (municipio localizado en el río Ésera 1 km aguas arriba del embalse) se vierten al río sin depurar (actualmente existe un proyecto de instalación de una depuradora). La incorporación de una carga de nutrientes alta favorece la eutrofia del embalse.

5) ESTADO TRÓFICO

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

Comentarios:

- El agua presenta un nivel trófico entre la oligotrofia (años húmedos) y la mesotrofia (años secos) (Synconsult, 1989-91; Morgui *et al.*, 1990; Limnos, 1996). Los valores del disco de Secchi son en general bajos pero no se deben a la eutrofia, sino a sólidos inorgánicos en suspensión y a fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas.
- El hipolimnion se presenta oxigenado con valores de 4-5 mg/L de oxígeno disuelto en profundidad.
- La carga de fósforo y nitrógeno (procedente de los tributarios y de la escorrentía) que alcanzan al embalse según los datos de Synconsult son de 10 - 55 tm/año de fósforo y 293 -1061 tm/año de nitrógeno, cargas que se consideran altas en el contexto de la cuenca del Ebro. La aplicación del método de Vollenweider para las cargas citadas indica que para el fósforo se sobrepasa la carga peligrosa (que

conduciría a la eutrofia del embalse). Sin embargo la alta concentración de calcio del agua, la elevada tasa de renovación y el volumen del hipolimnion limitan la manifestación de la eutrofia

6) PECES

Densidad: Media

Especies:

Barbus graellsii (barbo de Graells)

Barbus haasi (barbo culirrojo)

Chondrostoma toxostoma (madrilla)

Micropterus salmoides (perca americana)

Cyprinus carpio (carpa)

Rutilus arcasii (bermejuela)

Salmo trutta (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 debido a la naturaleza arcillosa de la cuenca y al mal estado de conservación de la misma. Los materiales de la cuenca del Ésera e Isábena son muy erosionables, y especialmente el último río por su cercanía con el embalse, debe contribuir en gran medida a su aterramiento.
- Desde el llenado del embalse en 1932 hasta 1994 se calcula que se han acumulado 25 hm³ de sedimento con un espesor entre 25 y 28 m antes del dragado de 1994. Esto ha hecho necesario el vertido periódico de lodos (en 1973, 1978, 1994). En el último, la carga de lodos que vertió el embalse se estimó en 3 hm³. Según el estudio de Avendaño *et al.* (1996) la pérdida de volumen desde su llenado se estima en un 34,88%.

8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

Anchura del cauce (m):	15
Pendiente (%):	0,8
Caudal de compensación (m³/s):	0
Estructura del lecho:	Rápidos/Balsas
Objetivo de calidad:	OC-1
Usos:	Abastecimiento/Pesca/ /Ecológico
Fauna acuática	
Índice biótico (B.M.W.P.):	36 - 95
Índice biótico (nivel de calidad):	2-3
Calificación del tramo según peces:	Transición
Especies de peces:	<i>Chondrostoma toxostoma</i> (madrilla) <i>Barbus graellsii</i> (barbo de Graells) <i>B. haasi</i> (barbo culirrojo) <i>Salmo trutta</i> (trucha común) <i>Noemacheilus barbatulus</i> (lobo de río) <i>Micropterus salmoides</i> (black-bass) <i>Gobio gobio</i> (gobio) <i>Blennius fluviatilis</i> (pez fraile)

Ecosistema de ribera:

El desarrollo del bosque de ribera está limitado por las laderas rocosas y pendientes del tramo fluvial aguas abajo de la presa. Sólo aparecen algunas manchas discontinuas constituidas por sauces y chopos en estado arbustivo. La vegetación helófito es muy escasa.

Comentarios:

- El río Ésera entre la presa de Barasona y el río Cinca recorre unos 7 km a través de un desfiladero rocoso de paredes verticales; en su tramo final se abre a la llanura aluvial del Cinca. El caudal que circula por el tramo suele ser bajo (e incluso puede ser nulo) y procede de las filtraciones de agua en la presa y de afloramientos a lo largo del recorrido. No existe un caudal de compensación

definido, si bien en julio de 1996 circulaban unos 700 l/s producto de fugas en las compuertas de fondo que se encuentran en reparación. La morfometría del tramo lo hace poco sensible a los vertidos por lodos, los cuales circulan libremente hasta el río Cinca donde pueden acumularse en el azud de Arias I.

- El nivel de calidad según el índice biótico B.M.W.P. es variable en los datos consultados; en ocasiones presenta valores de aguas contaminadas (clase III) y en otros, valores de aguas con indicios de contaminación (clase II). Esto se atribuye a alteración hidrológica (variación del caudal y de la velocidad del agua, secado del tramo) ya que la calidad físico-química del agua es buena.
- La densidad de peces en el tramo fluvial es baja desde el desembalse de 1994. Las características del río lo hacen apropiado para la trucha si se dejara un caudal de compensación de agua fría, aunque su interés para la pesca es escaso por las dificultades de acceso.
- Este tramo es zona de paso para la nutria, la cual habita preferentemente la cuenca del Ésera y del Isábena aguas arriba de Barasona. También puede encontrarse en el azud donde se recogen las aguas turbinadas por la Central de El Ciego y las del río Ésera.

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.
3. Mortandad de peces en el embalse por pérdida de hábitats, destrucción y concentración de individuos.
4. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por cambios bruscos de la temperatura del agua debidos a vertidos de aguas frías.

AFECCIONES A LOS PECES

1. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción o eliminación del caudal.
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 de los frezaderos por la retención de gravas y arenas en el embalse.
4. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por efecto barrera a los desplazamientos aguas arriba y abajo (migraciones de salmónidos).
5. Afecciones a los peces autóctonos del tramo fluvial aguas arriba del embalse por la migración de especies indeseables desde el embalse.

AFECCIONES A OTRA FAUNA

1. Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal.
2. Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por aumento de la turbidez del agua, debido al vertido de agua turbia o con lodos.
3. Afecciones a la población de nutrias de la zona por el efecto barrera de la presa.
4. Afecciones a las aves acuáticas del embalse por pérdida de hábitats.
5. Afecciones a las aves acuáticas del embalse por pérdida de áreas de nidificación.

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 al agua para abastecimiento del embalse por enturbiamiento del agua del mismo.
2. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por el enturbiamiento del agua.
3. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del embalse (ver afecciones a los peces).
4. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa (ver afecciones a los peces).
5. Afección a la pesca en el embalse por la dificultad de acceso con el nivel bajo.

RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN

Ninguno

COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES

- De todos los riesgos indicados el más probable es el originado por el vertido de lodos por el desagüe de fondo. La alta erosionabilidad de los materiales de la cuenca del Ésera y especialmente del Isábena son las causas del aterramiento del embalse, y de que se deban realizar vertidos periódicos de lodos. El vertido de lodos afecta al cañón del río Ésera, y principalmente a la zona de su desembocadura en el río Cinca (azud de Arias I) donde se depositan los lodos movilizados. En estos ambientes se pueden producir mortandades y afecciones a los peces y afecciones a la nutria (indirectamente por pérdida de zonas de campeo).

En el caso de que el vertido de lodos se acompañe de un vaciado importante del embalse, se verán afectados los peces, por enturbiamiento del agua y pérdida de hábitat y concentración de individuos. Del mismo modo el dragado de sedimentos previo a un desagüe de fondo incrementará la turbidez del agua y puede tener afección sobre los peces y sobre el agua de abastecimiento.

- No se ha indicado ningún riesgo relacionado con la eutrofia del embalse ya que según los datos existentes el embalse se encuentra actualmente entre la oligotrofia y la mesotrofia.
- No se ha indicado ningún riesgo para la navegación ya que, aunque existen ruinas en el vaso del embalse (iglesia con campanario derruido, puente de antigua carretera), éstas sólo supondrían un riesgo cuando el nivel del agua estuviera muy bajo, y en este caso el acceso al embalse sería impracticable por los depósitos de lodos.

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

- Controlar el aterramiento con periodicidad y realizar 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 1994) o si se prevé un vertido de lodos de importancia se realizarán estudios específicos para determinar las condiciones del mismo. En todo caso 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 y en el azud (lo cual supone una pérdida de frezaderos en el río calificado de truchero).

- Controlar el incremento de la eutrofia del agua, mediante medidas de gestión de los residuos domésticos e industriales (mataderos) en la localidad de Graus y río Isábena.

- Evitar devolver al agua los peces capturados en los concursos de pesca. De esta manera se retira materia orgánica del embalse.
- Fijar un caudal de compensación de agua fría en el tramo fluvial bajo la presa para potenciar el desarrollo de las truchas en este tramo (dado que el tramo tiene un objetivo de calidad 1 lo que supone ser un tramo salmonícola).
- 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**

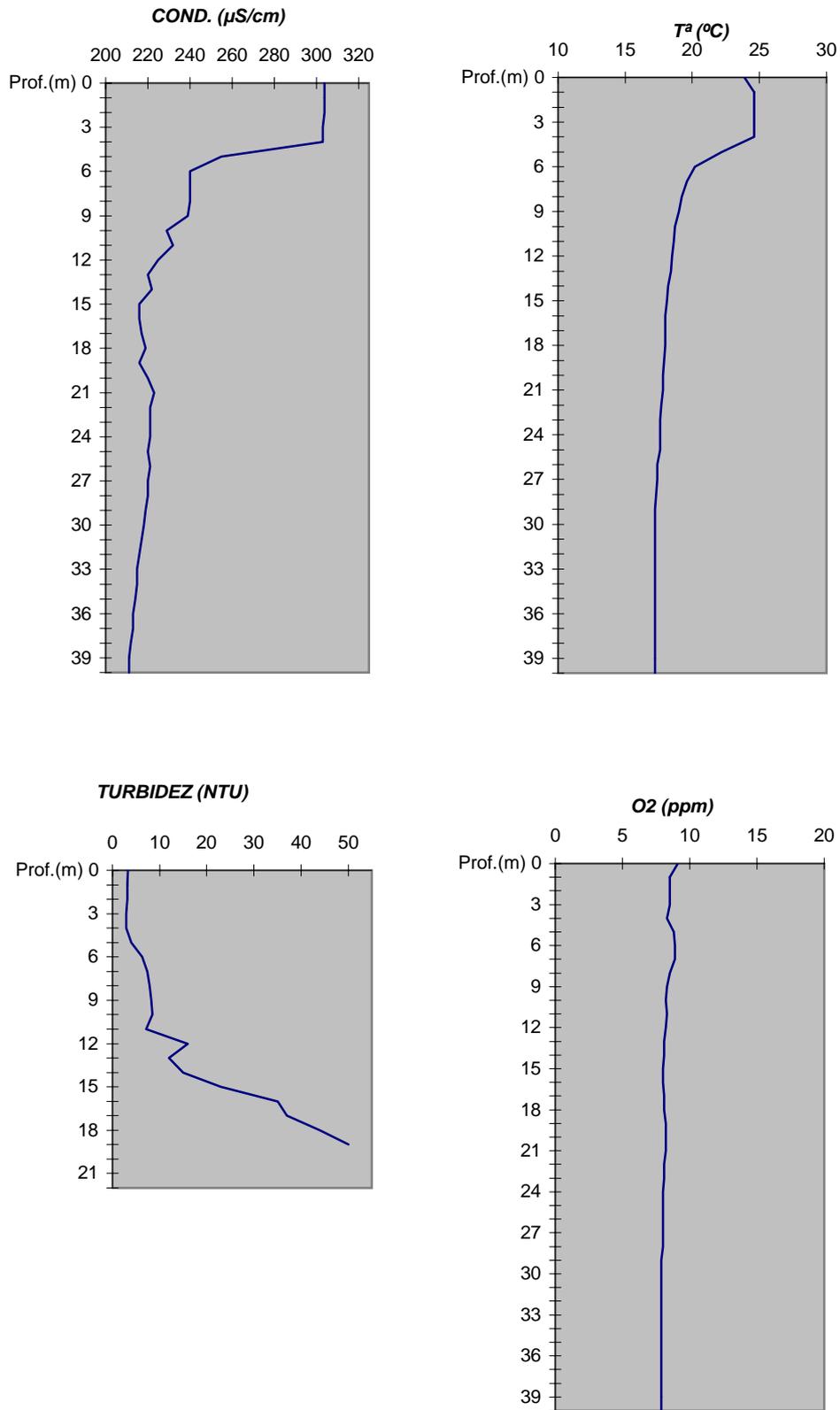
EMBALSE: **Barasona** **Fecha:** 31/7/96
Coordenadas UTM (presa): 31TBG778673

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	304	NH ₄ superf. (mg/L) :	-
Ca (mg/L) :	-	NH ₄ fondo (mg/L) :	-
NO ₃ (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m ³) :	2,2
PO ₄ (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	2,68

Tributario principal: **Ésera**

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	204	NO ₃ (mg/L) :	0,76
Ca (mg/L) :	27,3	NH ₄ (mg/L) :	-
		PO ₄ (mg/L) :	0,029

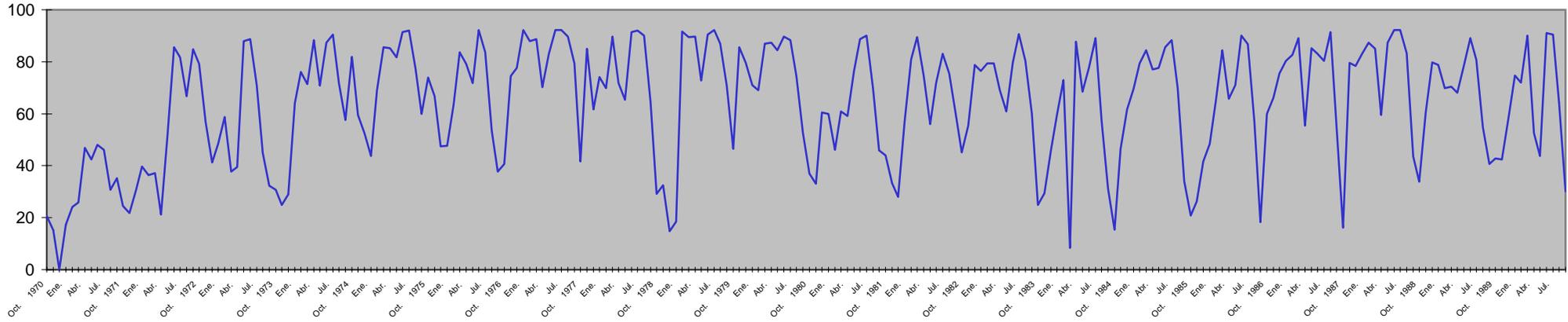
EMBALSE DE BARASONA



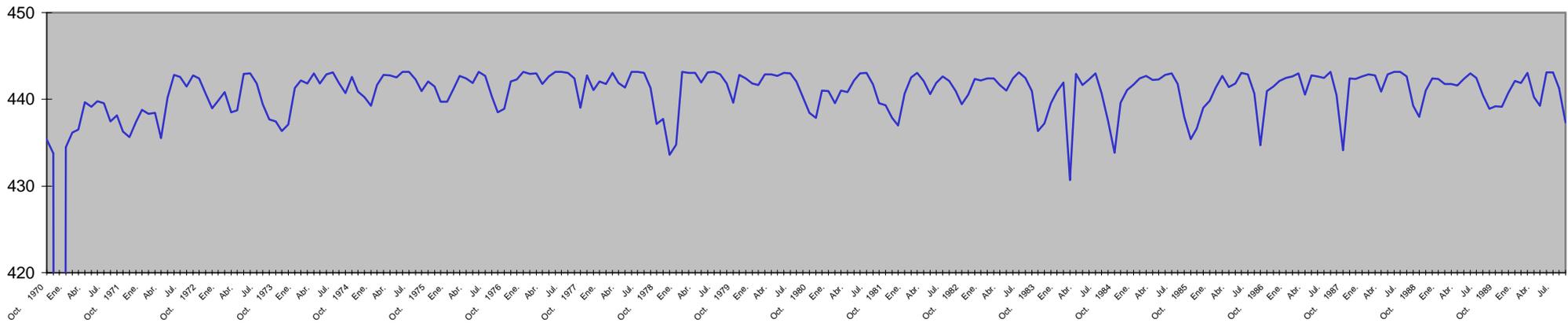
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 31 de julio de 1996. Cota: 446,36

EMBALSE DE BARASONA

VOLUMEN EMBALSADO (hm³)

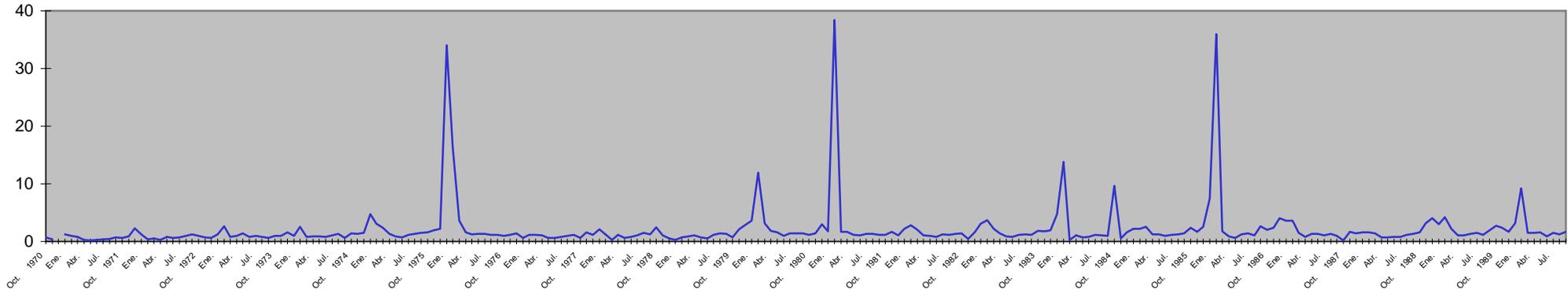


FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



EMBALSE DE BARASONA

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE BARASONA

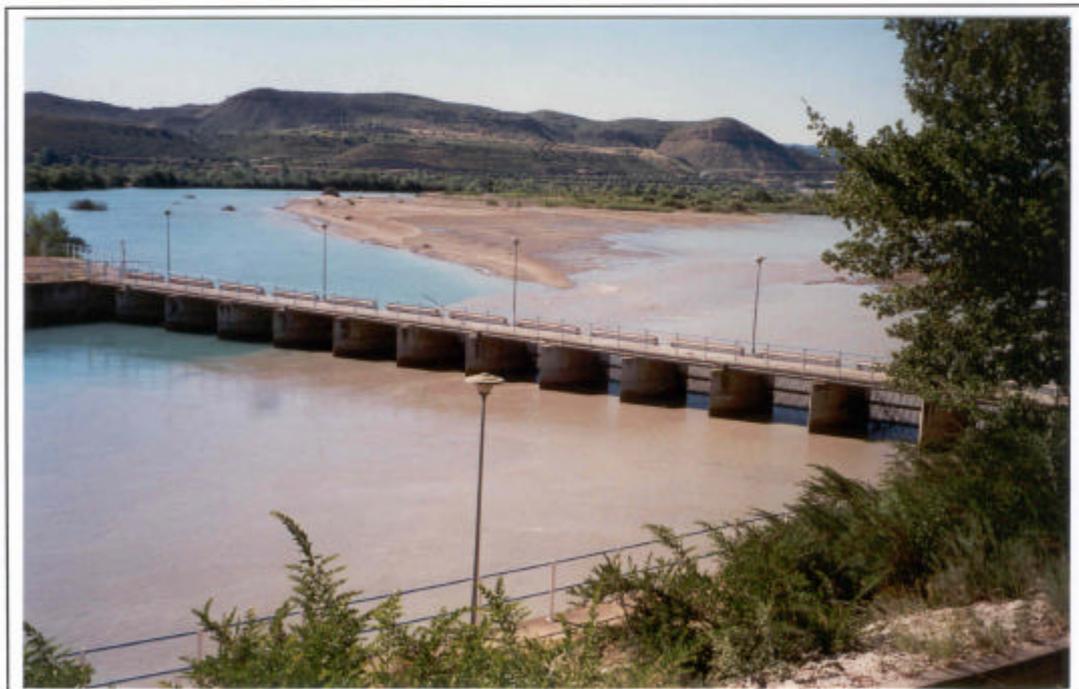


Río Ésera inmediatamente aguas abajo de la presa de Barasona. Se aprecia la turbidez de las aguas.

EMBALSE DE BARASONA



Río Ésera aguas arriba de su desembocadura en el río Cinca.



Zona de unión de los ríos Ésera y Cinca. Se observa parte de los lodos que se desaguaron del embalse de Barasona en 1994. La turbidez del agua se debe al arrastre de estos lodos por el río. Foto tomada el 8 de julio de 1996.



ADICIONAL INFORME EMBALSE DE BARASONA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Barasona 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 <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{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 FISICOQUÍMICOS

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 BARASONA

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 Barasona.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA <i>a</i>	2,20	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,68	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 Barasona ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE BARASONA

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

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

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

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

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

Tabla A22. Combinación de los indicadores.

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

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

Tabla A23. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Barasona.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	2,20	1,18	1,13	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,68	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 Barasona para el año 1996 es de nivel 3, **INFEROR A BUENO**.