



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

**EMBALSE DE ULLIVARRI-GAMBOA**

**LIMNOS**

**1996**

**EMBALSE DE ULLIVARRI****1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

<b>Nombre:</b>	Ullivarri
<b>Pki - Pkf:</b>	4.800-5.200
<b>Código cauces:</b>	
<b>Cuenca:</b>	Zadorra
<b>CH:</b>	Ebro
<b>Provincia:</b>	Álava
<b>Propietario:</b>	Iberdrola
<b>Año de terminación:</b>	1957

**2) USOS Y TIPO DE PRESA**

<b>Usos:</b>	Hidroeléctrico/Abastecimiento
<b>Actividades:</b>	Navegación/Navegación a motor/Baños/Pesca Club náutico
<b>Interés Natural:</b>	Aves acuáticas

**Comentarios:**

- El embalse de Ullivarri recoge las aguas de los ríos Zadorra y Barrundia, y parte del caudal de los ríos Argazubi, Añúa y Alegría que le llegan por un canal. El embalse abastece de agua a los municipios de Álava y Bilbao (en el segundo caso a través del trasvase de agua al embalse de Urrúnaga). El aprovechamiento hidroeléctrico se realiza en la central de Barazar que tiene una potencia instalada de 84 MW y un caudal nominal de turbinación de 30 m<sup>3</sup>/s; ésta se encuentra en el río Arratia (afluente del río Nervión). También se realiza producción de electricidad para servicios auxiliares de la propia presa, en una central instalada a pie de presa.
- En el embalse están permitidas, aunque con restricciones (debido a su uso para abastecimiento), la caza y pesca, baños y natación y la navegación con y sin motor. El litoral del embalse es muy frecuentado y existen áreas extensas destinadas al camping y al picnic, así como dos clubs náuticos (Vitoria y

Aldayeta) y cuatro casas de colonias (una instalada en la isla de Zuaza con capacidad para unas 500 personas). También hay mucha afluencia de pescadores.

- El embalse tiene interés natural por aves acuáticas; sus aguas están catalogadas de interés nacional por la SEO (1987). En 1994 se censaron 17.000 aves invernantes y unas 300 aves nidificantes.

<b>Tipo de presa:</b>	Contrafuertes	
<b>Cota tomas (m s.n.m.):</b>	Aliviadero:	-
	Toma de abastecimiento:	528,0
	Toma para trasvase:	527,35
	Toma hidroeléctrica:	521,9
	Desagües de fondo:	520,7
<b>Torre de tomas:</b>	No	
<b>Escala de peces:</b>	No	

#### Comentarios:

- En la gestión normal del embalse el agua se evacua por las siguientes vías: toma del trasvase Ullivarri-Urrúnaga (cota 527), caseta de bombeo de Aguas de Vitoria (cota 528) y toma de la central hidroeléctrica a pie de presa (cota 521). La toma para el trasvase se encuentra a 1 km de distancia de la presa en el margen derecho (cota 527,35). El trasvase se realiza por una galería de 3.549 m de longitud y el caudal de agua varía entre 8 (diferencia de cota entre embalses de 3 m) y hasta 15 m<sup>3</sup>/s. El agua para el abastecimiento de Vitoria se bombea desde un emplazamiento en el margen derecho próximo a la presa. Existen cinco bombas capaces de bombear un caudal de 1,2 m<sup>3</sup>/s, aunque la concesión es de 0,8 m<sup>3</sup>/s; el caudal medio que se bombea es de unos 68.500 m<sup>3</sup>/día. Por la toma hidroeléctrica se sueltan hasta 0,85 m<sup>3</sup>/s que es la capacidad máxima de turbinación del grupo generador existente en la central a pie de presa. Este agua se restituye al río, el cual tiene un caudal ecológico variable entre 375 L/s (invierno) y 700 L/s (verano).
- Los desagües de fondo están en buen uso aunque no se usan en la gestión ordinaria del embalse.

### 3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

<b>Volumen (hm<sup>3</sup>):</b>	147,2
<b>Superficie (ha):</b>	1.695,4
<b>Cota (m s.n.m.):</b>	546,5
<b>Profundidad máxima (m):</b>	30,5
<b>Profundidad media (m):</b>	8,6
<b>Profundidad termoclina (m):</b>	9-15
<b>Desarrollo de volumen:</b>	0,8
<b>Volumen epilimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	35-97
<b>Volumen hipolimnion (hm<sup>3</sup>):</b>	6-40
<b>Relación E/H:</b>	2,4-6
<b>Fluctuación de nivel:</b>	Media
<b>Tiempo de residencia (meses):</b>	>5

#### Comentarios:

- El embalse es relativamente extenso aunque poco profundo (la profundidad media es de unos 8 m). Se establece gradiente térmico en la columna aunque la formación de termoclina depende del volumen embalsado. De los datos consultados sólo se aprecia termoclina cuando la profundidad es superior a 19 m. La termoclina se encuentra, en general, entre 9 y 15 m. Las tomas principales del embalse se abastecen de agua hipolimnética, especialmente la toma hidroeléctrica que está muy profunda, por lo que existe riesgo de turbinar y verter agua anóxica en el río.
- Los volúmenes del epilimnion e hipolimnion se han estimado para las reservas máxima (137,4 hm<sup>3</sup>), media (95,6 hm<sup>3</sup>) y mínima (41,3 hm<sup>3</sup>) (datos de agosto entre 1960 y 1990). La relación E/H es muy superior a 1 en todos los casos, lo cual significa que el hipolimnion es relativamente pequeño en comparación con el epilimnion, lo que incrementa el riesgo de aparición de anoxia.
- El riesgo de erosión de las laderas (y de enturbiamiento del agua) por disminución del nivel del agua es moderado-bajo. El embalse no fluctúa mucho y el perfil del embalse no es muy abierto.

- El tiempo de residencia del agua es alto, más de 5 meses, lo cual favorece la eutrofia.

#### 4) HIDROQUÍMICA

##### Embalse

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S/cm}</math>):</b>	191-596
<b>Calcio (mg/L):</b>	36-60
<b>Fosfato (mg/L):</b>	0-0,08
<b>Nitrato (mg/L):</b>	0-5,0
<b>Amonio (mg/L):</b>	0,02-0,9

##### Comentarios:

- El agua del embalse es moderadamente mineralizada, con elevada concentración de calcio, contenido alto de nutrientes, especialmente de nitrato (en la cola de Mendíjur se miden concentraciones de nitrato de 10-16 mg/L debido a la influencia del canal del Alegría) (datos de Synconsult 1989-91 y de IKT, 1991-93). La elevada concentración de calcio limita la eutrofia.

##### Tributario principal

<b>Conductividad (<math>\mu\text{S/cm}</math>):</b>	250-757
<b>Calcio (mg/L):</b>	46-102
<b>Fosfato (mg/L):</b>	0,01-0,5
<b>Nitrato (mg/L):</b>	0,1-15,5
<b>Amonio (mg/L):</b>	0,01-1,31

##### Comentarios:

- El río Zadorra (después de su confluencia con el río Barrundia en la cola del embalse) constituye el tributario principal del embalse, ya que constituye el 75 % de la aportación. Sus aguas tienen una mineralización moderada-alta y un contenido elevado de nutrientes. Además el embalse recibe agua del canal del río Alegría que desemboca en la cola de Mendíjur. Este agua presenta una

concentración elevada de fósforo (0,03-0,54 mg/L de P-PO<sub>4</sub>) y nitrógeno (entre 3,4-51 mg/L de N-NO<sub>3</sub>) (datos de Consorcio de Aguas del Gran Bilbao, 1984-85; AMVISA, 1989-90; IKT, 1991-93, ).

- Las cargas de fósforo y nitrógeno que aportan los tributarios son variables dependiendo del año y de los métodos de cálculo. Las estimas de Synconsult para 1990 y 91 son de 57 y 50 tm de fósforo y de 264 y 3.194 tm de nitrógeno para el río Zadorra (más el Barrundia). IKT con datos de 1993, estima las siguientes cargas de nitrógeno y fósforo en los tres tributarios: Zadorra, 195 tm/año de N y 1,3 tm/año de P; Barrundia, 43 tm/año de N y 0,8 tm/año de P; Canal del Alegría 164 tm/año de N y 1,3 tm/año de P.

## 5) ESTADO TRÓFICO

<b>Nivel trófico:</b>	Mesotrófico
<b>Hipolimnion:</b>	Anóxico
<b>Blooms algales:</b>	-

### Comentarios:

- El embalse es mesotrófico o moderadamente eutrófico según los estudios consultados (Synconsult, 1989-91; Limnos 1995). La carga de fósforo que recibe el embalse sobrepasa el límite peligroso establecido por Vollenweider (1976). Sin embargo, el embalse es mesotrófico según los índices basados en la concentración de clorofila y transparencia del agua. Esto se debe al papel del calcio en la retención del fósforo.
- Las cargas de nutrientes que alcanzan el embalse son del orden de 59 y 52 tm/año de fósforo y 298 y 3.228 tm/año de nitrógeno (datos de Synconsult para 1990 y 91). Los valores son orientativos ya que dependen del año y de la calidad de los datos usados para su cálculo; sin embargo, los valores son altos especialmente para el caso del nitrógeno. Las cargas elevadas de nutrientes tienen su origen principal en la actividad agrícola en la cuenca (según IKT el 76% de N y el 82% del P que entran en el embalse proceden de las actividades agrícolas). Sin embargo también existen vertidos de aguas residuales domésticas e industriales en los cauces del Zadorra (Salvatierra) y del Alegría.

Este embalse está identificado como afectado por contaminación por nitratos de origen agrario, y por tanto son de aplicación las normas de vigilancia del Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero.

- En el muestreo realizado en septiembre de 1996 (año con una elevada disponibilidad hídrica), el embalse presentaba características de oligotrofia en base a los bajos valores de concentración de clorofila ( $1,5 \text{ mg/m}^3$ ), disco de Secchi (6 m) y concentración de fosfato soluble ( $0,01 \text{ mg/L}$ ) (según la clasificación de OCDE,1980).
- El hipolimnion puede presentarse anóxico tanto en periodos de sequía (junio de 1990) como en años de mayor disponibilidad hídrica (septiembre de 1996). En ambos casos se detectó una capa de agua anóxica cerca del fondo (3-5 últimos metros). En junio de 1990 se detectó  $\text{SH}_2$ . En los casos indicados, el agua anóxica no afectó a las tomas del trasvase y del abastecimiento de Vitoria, por encontrarse por debajo de las mismas; sin embargo si existió riesgo de vertido de aguas anóxicas al río a través de la toma hidroeléctrica.
- El embalse presenta un fitoplancton poco denso, aunque con presencia de especies de cianofíceas como *Mycrocistis* sp.

## 6) PECES

**Densidad:**

Media

**Especies:**

*Salmo trutta* (trucha)

*Oncorhynchus mykiss* (trucha arco-iris)

*Barbus graellsii* (barbo de Graells)

*Barbus haasi* (barbo culirrojo)

*Cyprinus carpio* (carpa común)

*Esox lucius* (lucio)

*Micropterus salmoides* (black bass)

*Tinca tinca* (tenca)

*Carassius auratus* (carpín)

## 7) SEDIMENTOS

<b>Nivel de aterramiento:</b>	Bajo
<b>Materia orgánica:</b>	Baja
<b>Producción de metano:</b>	Baja
<b>Riesgo de contaminación:</b>	Alto

### Comentarios:

- No se conoce el grado de aterramiento del embalse aunque se supone bajo por la información del encargado de la presa y el perfil de ecosonda realizado. El sedimento es limo-arcilloso y tiene poca materia orgánica.
- El riesgo de contaminación del sedimento se califica de alto por existir actividad industrial en la cuenca (Salvatierra y Alegría). Entre las industrias existentes se cuentan del sector del metal, talleres de reparaciones, almacenes de fertilizantes y fitosanitarios, pinturas y curtidos. Los vertidos tienen una DQO alta pero las concentraciones de metales no son muy elevadas. También se detectan pesticidas.

## 8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

<b>Anchura del cauce (m):</b>	20
<b>Pendiente (%):</b>	0,3
<b>Caudal de compensación (m<sup>3</sup>/s):</b>	0,4
<b>Estructura del lecho:</b>	Tabla
<b>Objetivo de calidad:</b>	OC-2
<b>Usos:</b>	Riegos/Abastecimiento/Pesca
<b>Fauna acuática</b>	
<b>Índice biótico (B.M.W.P.):</b>	40-123
<b>Índice biótico (nivel de calidad):</b>	1-3
<b>Calificación del tramo según peces:</b>	Ciprinícola
<b>Especies de peces:</b>	

*Onchorhynchus mykiss*(trucha arco-iris)  
*Barbus graellsii* (barbo de Graells)  
*Barbus haasi* (barbo culirrojo)

*Chondrostoma toxostoma* (madrilla)**Ecosistema de ribera:**

Bosque de ribera de unos 10 m de anchura en el que están representados fresnos (*Fraxinus* sp.), sauces (*Salix* sp.), chopos (*Populus* sp.), alisos (*Alnus glutinosa*), etc.. Éste muestra un buen estado de conservación. En las orillas hay cañizo (*Typha* sp., *Sparganium* sp.).

**Comentarios:**

- El tramo fluvial considerado (en Durana) se encuentra en el Zadorra aguas abajo de la presa de Ullivarri y aguas abajo de la incorporación del río Santa Engracia que está regulado por el embalse de Urrúnaga. El río es fundamentalmente una tabla y en el cauce abundan piedras y gravas. Existe crecimiento de perifiton sobre las piedras y presencia de algas filamentosas y macrófitos sumergidos (*Myriophyllum* sp.).
- Existe una captación de agua para el abastecimiento de Durana cuya concesión es de 50 L/s.
- La calidad biológica es alta en el tramo según los datos de la CHE (el índice biótico B.M.W.P. presenta valores superiores a 100). Sin embargo, en el muestreo efectuado en septiembre de 1996 el índice biótico presentó un valor bajo propio de aguas contaminadas. Esto se atribuye al incremento de la profundidad en el tramo debido al caudal elevado (1.050 L/s).
- El tramo tiene zonas acotadas y la afluencia de pescadores es alta.

**9) RIESGOS AMBIENTALES****MORTANDAD DE PECES**

1. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas.

### **AFECCIONES A LOS PECES**

Ninguna.

### **AFECCIONES A OTRA FAUNA**

Ninguna.

### **AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA**

Ninguna.

### **RIESGOS HIDROLÓGICOS**

Ninguno.

### **AFECCIONES A LOS USOS DEL EMBALSE Y DEL TRAMO FLUVIAL**

1. Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por tóxicos y malos sabores ocasionados por fenómenos de reducción en el hipolimnion.
2. Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por pérdida de calidad con la disminución del volumen o caudal (concentración de iones y contaminantes). En sequía.
3. Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por la muerte de vegetación macrófita en el embalse. En sequía.
4. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por el desarrollo de macrófitos en orillas y ensenadas.

### **RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN**

1. Presencia de obstáculos anclados en el fondo (restos de edificaciones, puentes, árboles).

**COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES**

- Los riesgos ambientales del embalse de Ullivarri se relacionan con su estado trófico y con sus características hidrológicas. El embalse puede presentar agua anóxica en las capas profundas del hipolimnion y ésta puede afectar a la calidad biológica del tramo fluvial bajo la presa y provocar alguna mortandad de peces. La afección a la calidad del agua de abastecimiento de Durana no se conoce, aunque se supone poco importante, dado que el caudal que se toma es escaso (50 L/s) y además se mezcla en un depósito con agua procedente de los embalses de Albina y Ullivarri (datos de AMVISA).
- En el embalse, según los datos consultados, el agua anóxica y con tóxicos no afecta al abastecimiento de Vitoria ni al agua de trasvase al embalse de Urrúnaga. La calidad del agua de abastecimiento es, en general, buena según AMVISA y no se detectan productos relacionados con la anoxia del agua (hierro, manganeso); sólo en caso de sequía y en verano el agua cruda puede presentar algas (fitoplancton) así como bacterias fecales (indican vertidos de aguas residuales).
- El embalse fluctúa poco y esto, junto al aporte de nutrientes, favorece la presencia de un cinturón de macrófitos en las orillas, así como de praderas especialmente abundantes en la cola de Mendíjur, donde existe el proyecto de creación de un pre-embalse. Estas zonas favorecen la presencia de las aves acuáticas aunque disminuyen las posibilidades para su uso recreativo (pesca, natación). La mortandad masiva de macrófitos puede provocar una disminución de la calidad del agua en las zonas someras afectando a las comunidades biológicas, aunque esto no es muy probable.
- El tramo fluvial presenta una calidad elevada, según los datos consultados, por lo que las posibles afecciones derivadas del embalse (vertido de agua anóxica, fluctuación del caudal) no dan lugar a impactos muy graves en el río. Además el tramo fluvial en Durana recibe no sólo el caudal ecológico procedente del embalse de Ullivarri sino también el del embalse de Urrúnaga por el río Santa Engracia.

- El riesgo para la navegación se considera bajo aunque existen ruinas de un pueblo sumergido (Landa) visibles con la cota 533,18, es decir con el embalse con 13 m por debajo del nivel máximo normal.

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

- Control del estado trófico del embalse mediante planes de gestión de las aguas residuales y agrícolas en los municipios de la cuenca de los ríos Zadorra, Barrundia y Alegría (los principales núcleos urbanos, Salvatierra y Alegría poseen red de saneamiento y depuradoras aunque no se depura la totalidad de los vertidos), y de los asentamientos en la cuenca directa del embalse (clubs náuticos, Ullivarri-Gamboa, Mendíjur, isla de Zuaza). La identificación de este embalse como afectado por contaminación por nitratos hace que se deban aplicar las resoluciones de la Directiva de la CEE 91/271 (reducción del 50% de fósforo total y del 70-80% de nitrógeno total en las aguas residuales que se viertan al embalse). El control de los vertidos agrícolas (contaminación difusa) es más difícil y para esto existe el proyecto de creación de un pre-embalse en la cola de Mendíjur que permitiría la retención de fósforo y nitrógeno del agua que procede del canal del río Alegría.
- Los vertidos de fondo y por la toma hidroeléctrica, en verano, deberían realizarse tras analizar la determinación de la concentración del oxígeno disuelto en el fondo. Los vertidos deberían asegurar una concentración de oxígeno disuelto en el río superior a 4 mg/L (límite para aguas ciprinícolas). No debería realizarse vertidos de fondo en caso de que se detecte la presencia de  $\text{SH}_2$ .

### **PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO**

- Analizar la concentración de oxígeno disuelto en el agua del hipolimnion durante el periodo estival a tres profundidades.
- Si la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion es inferior a 1 mg/L, entonces analizar también las concentraciones de  $\text{SH}_2$  y  $\text{NH}_4$ .

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

**EMBALSE:** Ullivarri **Fecha:** 3/9/96  
**Coordenadas UTM (presa):** 30TWN314532

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	291	NH <sub>4</sub> superf. (mg/L) :	0,05
Ca (mg/L) :	36,1	NH <sub>4</sub> fondo (mg/L) :	0,9
NO <sub>3</sub> (mg/L) :	5	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) :	1,5
PO <sub>4</sub> (mg/L) :	0,010	Disco Secchi (m) :	6,06

---

---

**Tributario principal:**

---

Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :	NO <sub>3</sub> (mg/L) :
Ca (mg/L) :	NH <sub>4</sub> (mg/L) :
	PO <sub>4</sub> (mg/L) :

---

---

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

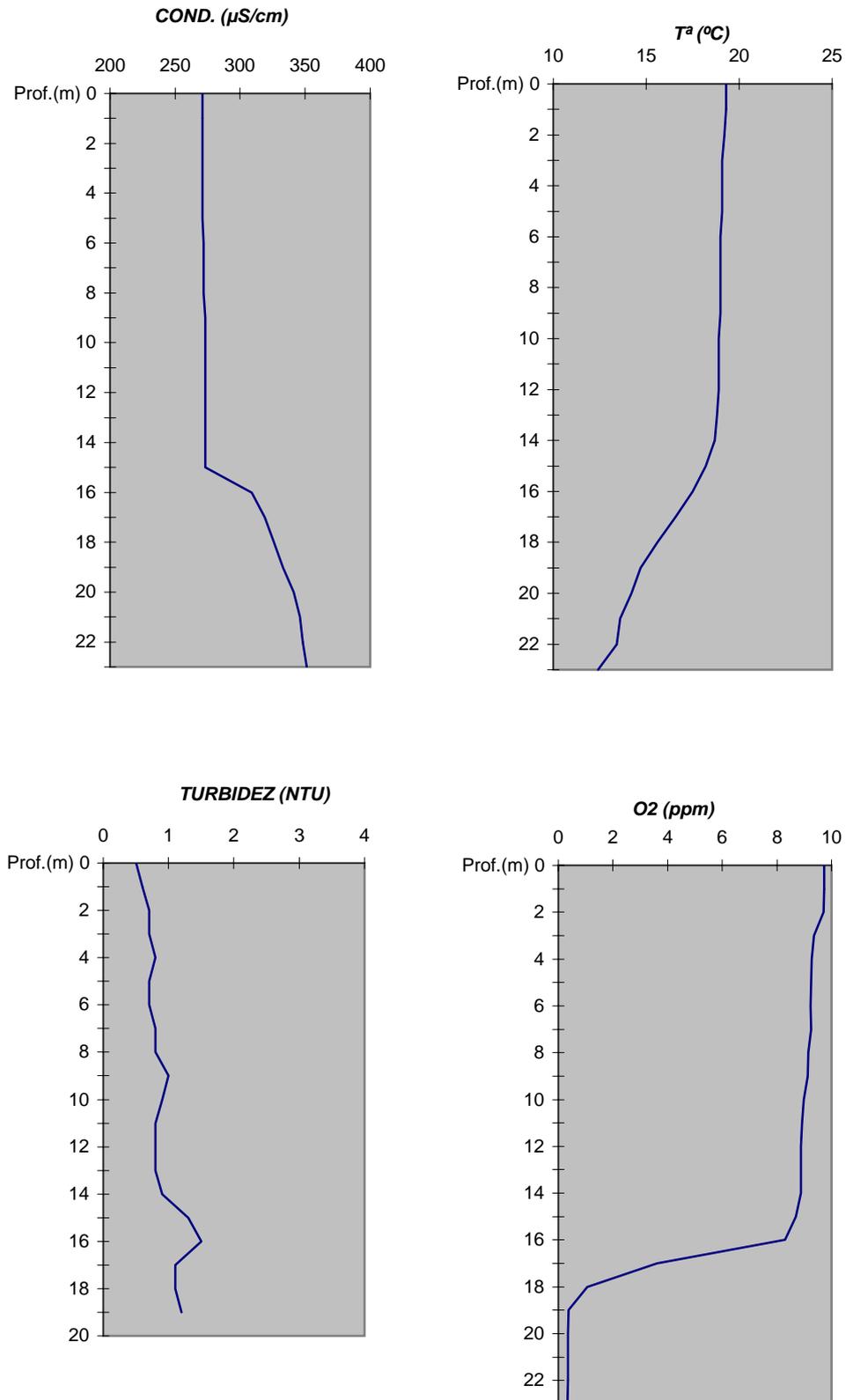
TRAMO FLUVIAL: Zadorra  
 EMBALSE AGUAS ARRIBA DEL TRAMO: Ullivarri-Urrúnaga

FECHA: 03/09/96

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

PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BMWP: 40		
CLASE DE CALIDAD	PUNTUACIÓN BMWP	SIGNIFICADO
I'	> 150	Aguas muy limpias
I	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible
II	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación
III	36-60	Aguas contaminadas
IV	16-35	Aguas muy contaminadas
V	>15	Aguas fuertemente contaminadas

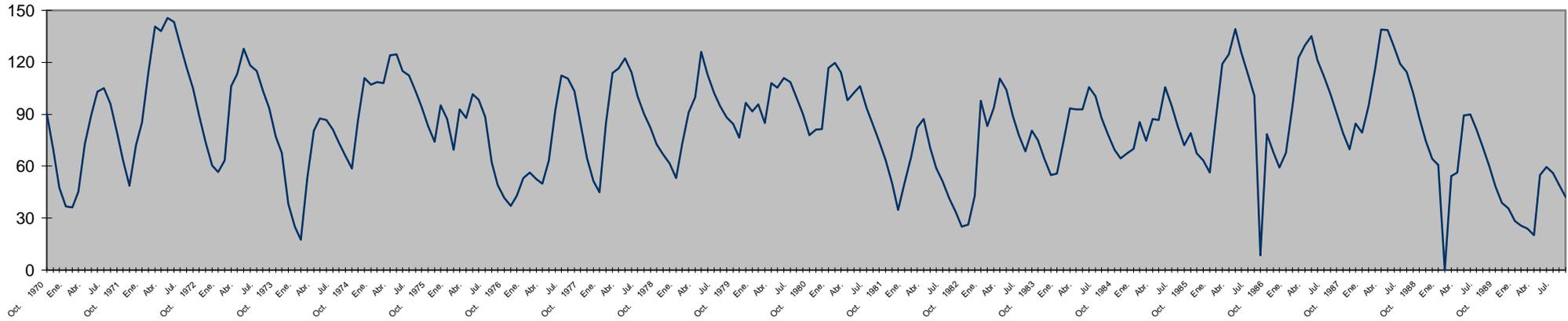
## EMBALSE DE ULLIVARRI



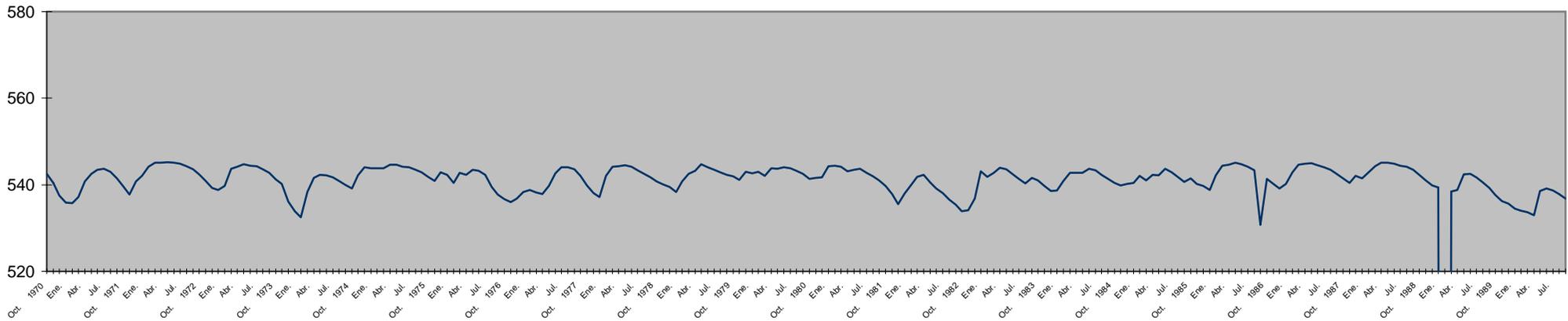
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 3 de septiembre de 1996. Cota: 543,23.

# EMBALSE DE ULLIVARRI

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

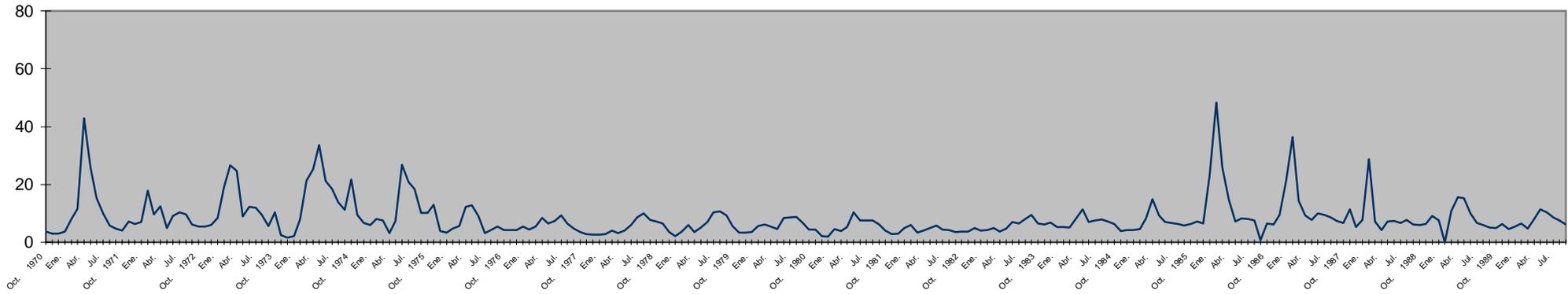


## FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)



# EMBALSE DE ULLIVARRI

## TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)





## EMBALSE DE ULLIVARRI



Panorámica del embalse de Ullivarri.

**Limnos**

CE016529 / CHE

Diciembre, 1996

EMBALSE DE ULLIVARRI



Sedimentos extraídos del embalse de Ullivarri en septiembre de 1996.



Río Zadorra inmediatamente aguas abajo de la presa de Ullivarri.

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE ULLÍVARRI-GAMBOA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Ullívarri-Gamboa recopilados durante el año 1996, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

### 1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

#### **a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)**

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

**Tabla A1.** Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

### b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ( $\mu\text{g/L}$ ) y densidad celular ( $\text{n}^\circ$  células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

**Tabla A2.** Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

### c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

**Tabla A3.** Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

### Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

**Tabla A4.** Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

**Tabla A5.** Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

## 2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

## 2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

### 2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

#### - Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

##### Cálculo para clorofila a:

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

##### Cálculo para biovolumen:

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

##### Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

##### Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

#### 1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

**Tabla A6.** Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

**Tabla A7.** Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado *IGA*, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice *IGA* se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

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

En cuanto al *IGA*, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

**Tabla A8.** Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <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<sub>trans</sub>). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

**Tabla A10.** Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

**Tabla A11.** Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico ( $B^+/M$ , Bueno o superior-Moderado;  $M/D$ , Moderado-Deficiente;  $D/M$ , Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	$B^+/M$ (RCE)	$M/D$ (RCE)	$D/M$ (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,10	0,974	0,649	0,325
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 12	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,63	0,175	0,117	0,058
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,50	0,929	0,619	0,31
			Porcentaje de cianobacterias	0,10	0,686	0,457	0,229
Tipo 13	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,10	0,979	0,653	0,326
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

## 2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

### 1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

**Tabla A12.** Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

### 2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

**Tabla A13.** Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

### 3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

**Tabla A14.** Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

### 4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

**Tabla A15.** Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

**Tabla A16.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

## 2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA\_MA), como máximo admisible (NCA\_CMA) o en la biota (NCA\_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

**Tabla A17.** Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

## 2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

**Tabla A18.** Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE ULLÍVARRI-GAMBOA

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 a ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>&lt; 1,8</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>

En la tabla A20 se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para cada campaña de muestreo.

**Tabla A20.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Ullívarri-Gamboa.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA a	1,50	Oligotrófico
DISCO SECCHI	6,06	Ultraoligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>1,50</b>	<b>ULTRAOLIGOTRÓFICO</b>

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

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE ULLÍVARRI-GAMBOA

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

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

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

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

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

**Tabla A22.** Combinación de los indicadores.

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

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

**Tabla A23.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Ullívarri-Gamboa.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	1,50	1,73	1,516	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>			<b>BUENO O SUP</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	6,06			Muy Bueno	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>1</b>			<b>Muy Bueno</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>BUENO O SUPERIOR</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>BUENO</b>			

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