



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

---

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON  
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO  
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:  
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS  
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL  
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE  
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

---

**EMBALSE DE CAVALLERS**

---

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</b>	<b>1</b>
2.1. <b>Ámbito geográfico</b>	<b>1</b>
2.2. <b>Características morfométricas e hidrológicas</b>	<b>2</b>
2.3. <b>Usos del agua</b>	<b>4</b>
2.4. <b>Registro de zonas protegidas</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>5</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>7</b>
4.1. <b>Características físico-químicas de las aguas</b>	<b>7</b>
4.2. <b>Hidroquímica del embalse</b>	<b>9</b>
4.3. <b>Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores</b>	<b>11</b>
4.3.1. <b>Cualidad bioindicadora</b>	<b>13</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>14</b>
<b>6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>15</b>
<b>ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS</b>	
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	

---

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Cavallers y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidráulicos, físico-químicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Definición del "Potencial Ecológico", tras la aplicación de indicadores biológicos y físico-químicos propuestos en la Directiva Marco de Aguas.

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE**

### **2.1. Ámbito geográfico**

El embalse de Cavallers está situado en la ladera meridional del Pirineo central axial, en el que destacan los relieves cuaternarios sobre granitos y pizarras que forman diversas formas de relieve abrupto, debido al modelado glacial y peri-glacial (tarteras, riscales, desfiladeros, lagos, circos glaciares, estanques, valles con perfil de U colgadas y escalonadas, etc.).

El embalse, cuya presa fue terminada en 1.960, se sitúa en la localidad de Barruera, en la provincia de Lérida. Regula principalmente las aguas de la Noguera de Tort, tributario por la margen izquierda del río Noguera Ribagorzana.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones que no presentan grandes variaciones en el eje longitudinal.

La cuenca vertiente al embalse de Cavallers tiene una superficie total de 2 513 ha. El embalse tiene una extensión de 47 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 16 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 33,8 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 71 m. En el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

**Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas**

Superficie de la cuenca total (ha)	2 513
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	47
Longitud máxima del embalse (km)	1,5
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	16
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	71
Profundidad media (m)	33,8
Perímetro en máximo nivel (km)	3
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	1781
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	-

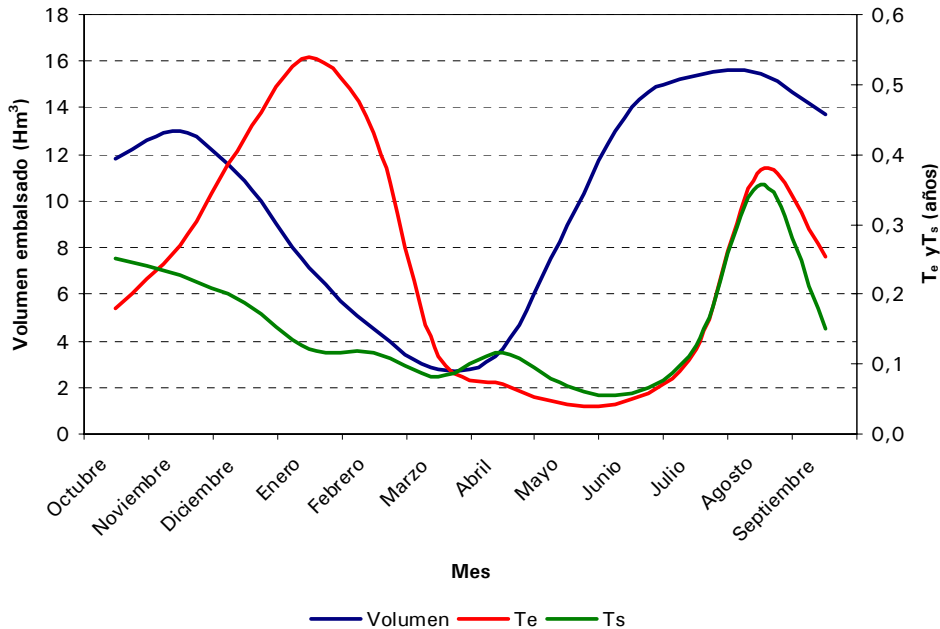
Durante el periodo de estudio el embalse ha presentado un ligero gradiente térmico (0,85 °C) en verano de 2005 a 18 m de profundidad, en primavera presentó una capa de hielo junto a presa que impidió la realización del perfil vertical. Por su parte, la capa fótica en el estío se sitúa entre 12 y 14 m de espesor.

En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

**Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Año hidrológico 2001-2005**

<b>BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL</b>					
<b>Periodo</b>	<b>Volumen</b>	<b>Salidas totales</b>	<b>Entradas Totales</b>	<b>Ts</b>	<b>Te</b>
<b>2001-2005</b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>años</b>	<b>años</b>
Octubre	11,85	4,03	5,60	0,25	0,18
Noviembre	13,00	4,70	3,95	0,23	0,27
Diciembre	10,85	4,90	2,18	0,19	0,42
Enero	7,15	5,00	1,13	0,12	0,54
Febrero	4,50	3,00	0,80	0,12	0,43
Marzo	2,76	2,83	2,10	0,08	0,11
Abril	3,63	2,58	4,20	0,12	0,07
Mayo	8,98	10,98	17,73	0,07	0,04
Junio	14,06	19,80	23,28	0,06	0,05
Julio	15,36	10,38	10,75	0,13	0,12
Agosto	15,46	3,68	3,48	0,36	0,38
Septiembre	13,69	7,53	4,43	0,15	0,25
<b>Total anual</b>	<b>10,11</b>	<b>79,38</b>	<b>79,60</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>

El tiempo de residencia anual del agua es bajo, 1,5 meses. Los mínimos se obtienen en el mes de mayo –entre 18 y 21 días-; y los máximos en agosto, situándose en este caso la tasa de renovación en torno a 4,5 meses.

**Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua**


### 2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a la producción hidroeléctrica, que se suministran a la central hidroeléctrica de Caldas mediante un canal subterráneo instalado en la margen derecha del embalse. La principal actividad recreativa que se efectúa en el embalse es la pesca.

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Cavallers forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, dentro de la categoría *Zonas de protección de habitats o especies*.

Se encuentra ubicado el LIC ES000022, que coincide con el Parque Nacional de Aigüestortes-Estany de Sant Maurici. La vegetación forma un mosaico de notable diversidad de comunidades vegetales pirenaicas, en función de diversos gradientes ambientales como la altitud (964-3023 metros), el substrato, y la humedad. En general,

la fauna es la propia de la alta montaña pirenaica y destacan la nutria (*Lutra lutra*), el desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*) y el cavilat (*Cottus gobio*) como especies asociadas a ecosistemas acuáticos.

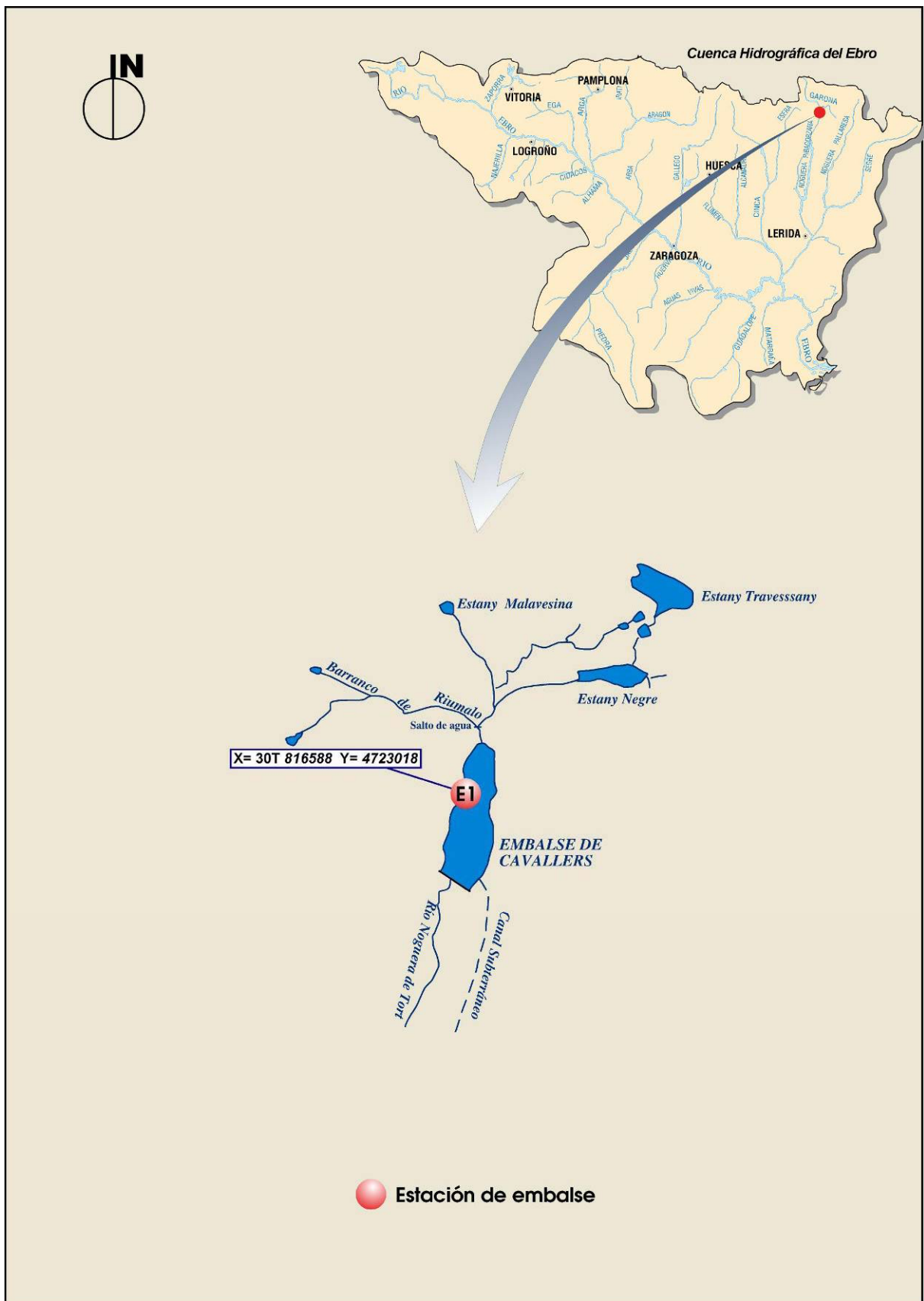
### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

**Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo**

1ª Campaña	06/08/2004	Mezcla
2ª Campaña	18/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	13/04/2005	-
4ª Campaña	03/08/2005	Incipiente gradiente térmico (0,85 °C)



**Figura 2:** Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Cavallers



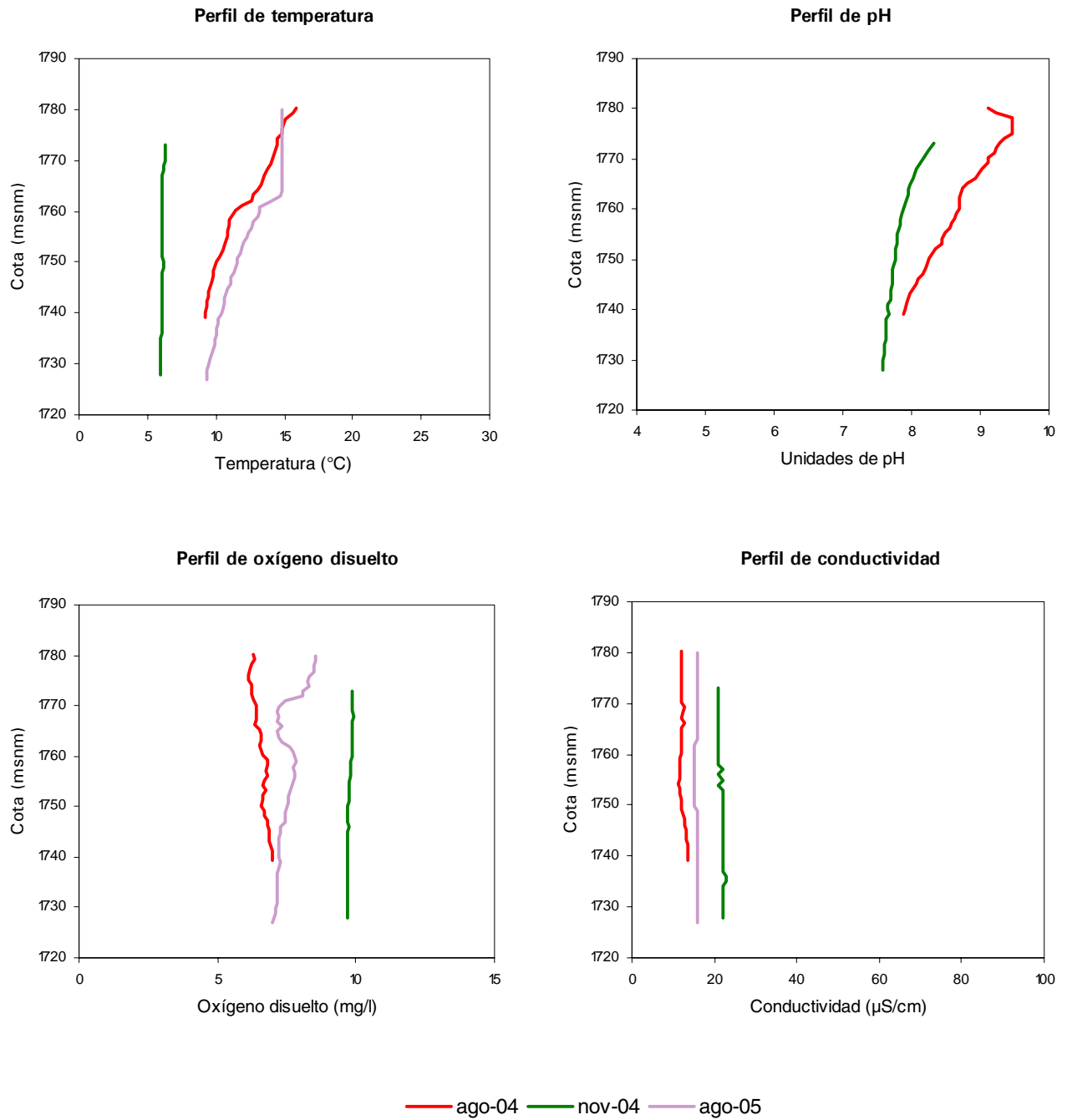
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es baja, oscilando entre los 5,9 °C –mínimo invernal- y los 15,9 °C, -máximo registrado en el estío-. Durante el periodo de estudio el embalse tan sólo presenta un leve gradiente térmico (0,85°C) en verano de 2005 situado a 18 m de profundidad. La temperatura registrada en la campaña de invierno se ha situado en torno a 6°C.
- El pH del agua es ligeramente básico. El máximo epilimnético estival (2004) alcanza un valor de 9,47 ud, mientras que el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,57 ud.
- La transparencia del agua es alta, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 8,4 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 14 metros. El mínimo (7 m) se registra en la campaña de verano de 2004, mientras que el máximo (10 m) se registra en invierno.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,97 mg/l O<sub>2</sub>. No se han detectado condiciones anóxicas en ninguna de las campañas efectuadas. En la época estival las concentraciones de oxígeno en las capas más profundas presentan un valor en torno a 7 mg/l O<sub>2</sub>.
- La conductividad de las aguas es baja, situándose la media anual en 16,6 µS/cm.

**Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse**



## 4.2. Hidroquímica del embalse

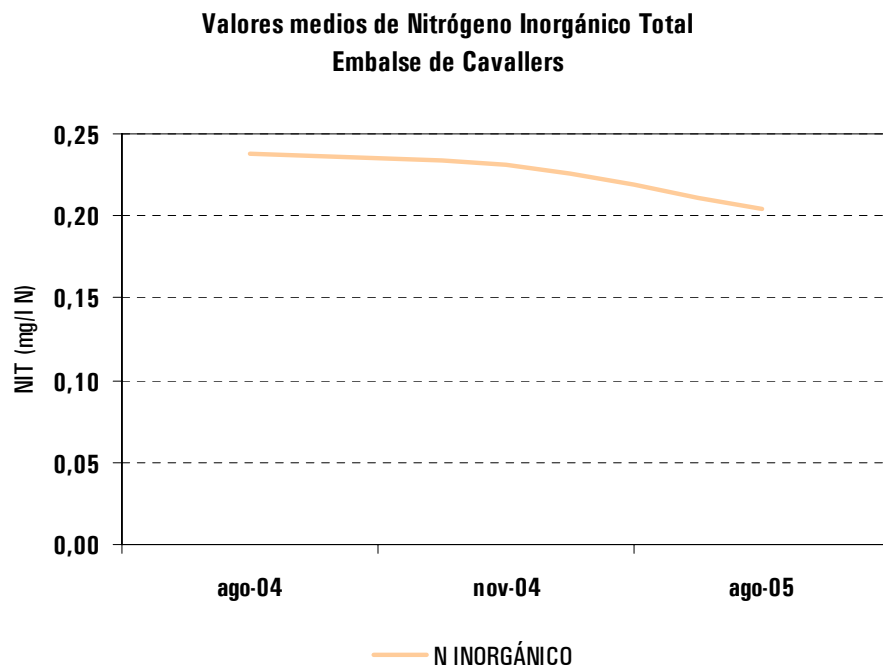
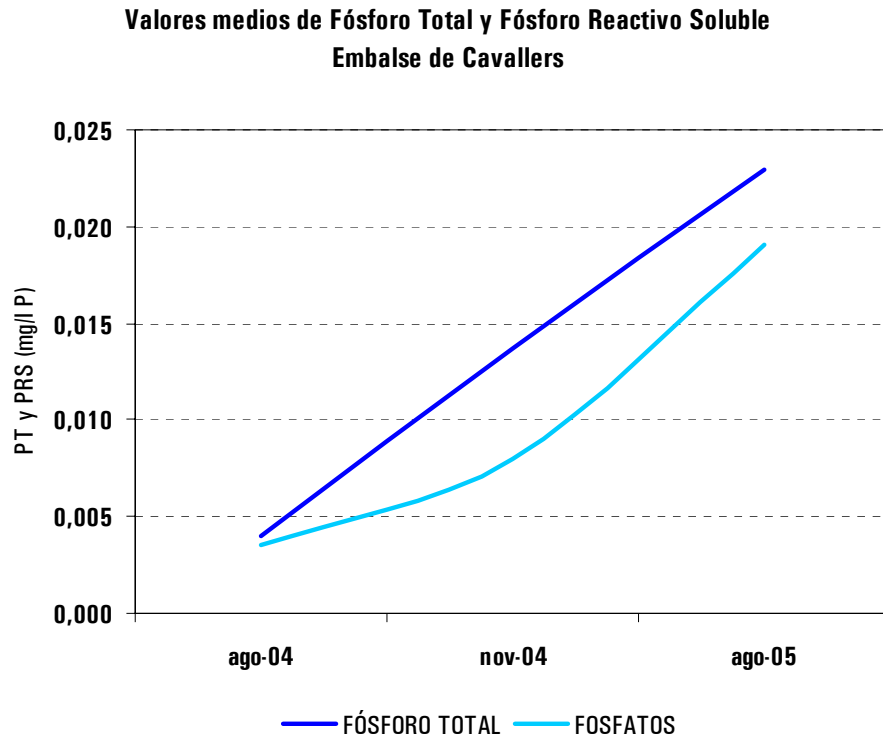
De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas. La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,016 mg/l P. Es en verano de 2005 donde se registran los máximos con unas concentraciones medias para la columna de agua de 0,023 mg/l P, en el caso del fósforo total, y 0,019 mg/l P, en el de los ortofosfatos. Los valores máximos absolutos se dan a media profundidad (26 m) donde el fósforo total presenta una concentración de 0,047 mg/l P.

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,22 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la predominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 89\%$ ), siendo las proporciones de amonio y nitritos pequeñas ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 9\%$ ;  $\text{NO}_2/\text{NIT} = 3\%$ ). Las concentraciones de NIT registradas en las distintas campañas han resultado ser muy homogéneas, oscilando entre los 0,024 mg/l N (máximo obtenido en agosto de 2004) y los 0,020 mg/l N (mínimo registrado en agosto de 2005).

- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,7 y 5,3 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , para la  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son poco mineralizadas, como pone de manifiesto la conductividad registrada y la baja concentración de calcio obtenida (2,4 mg Ca/l).

**Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes**



#### **4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores**

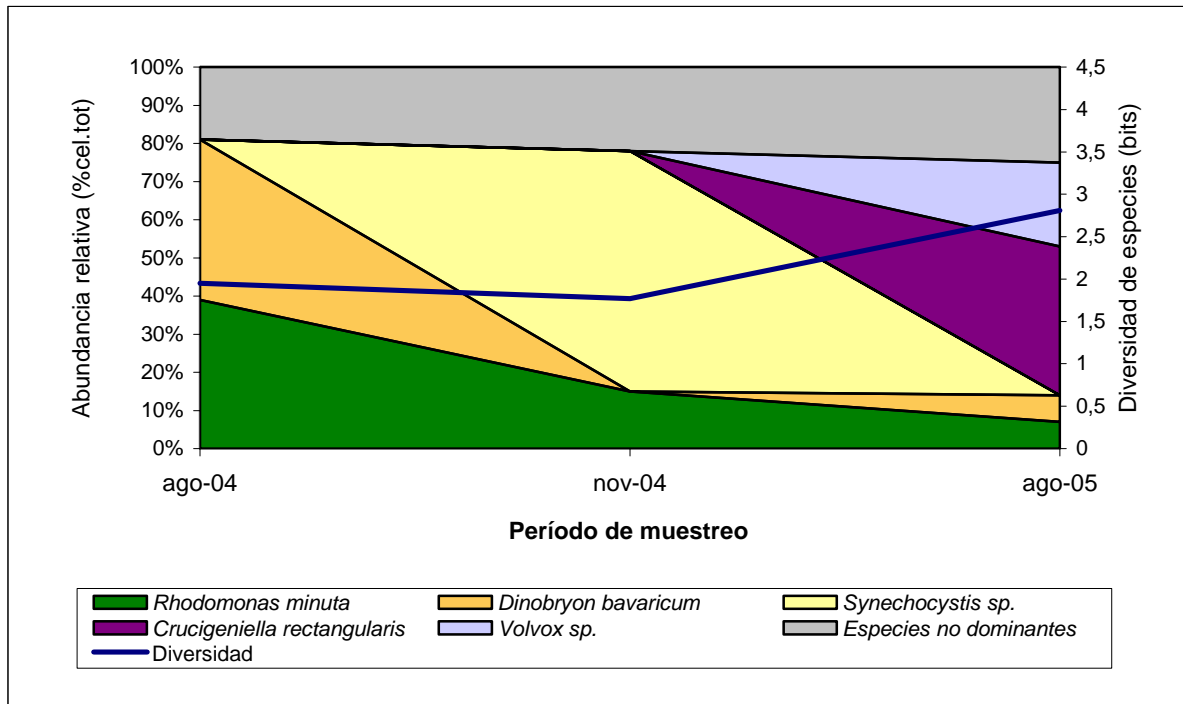
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 23 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 7 diatomeas
- 3 cianobacterias
- 9 clorofíceas
- 3 criptofíceas
- 5 crisofíceas
- 2 dinofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 5 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

**Figura 5: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal**



La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

En el primer período estival, la comunidad fitoplanctónica presenta el mínimo valor de densidad -31 cel/ml-. Cualitativamente, entre la crisofícea *Dinobryon bavaricum* -13 cel/ml- y la criptofícea *Rhodomonas minuta* -12 cel/ml-, representen el 80% de la población.

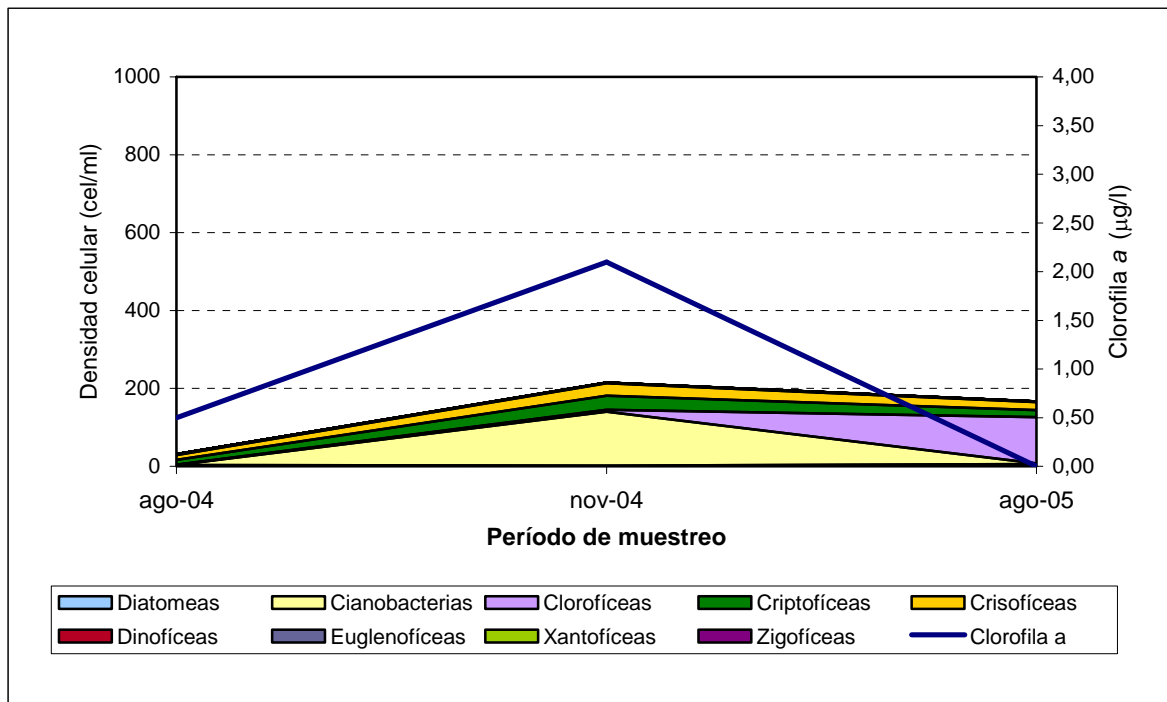
En invierno la densidad fitoplanctónica continúa siendo muy reducida, sin embargo, representa el máximo registrado durante el periodo de estudio -215 cel/ml-. La comunidad se caracteriza por el crecimiento poblacional de la cianobacteria *Synechocystis sp.* que se establece como dominante desplazando a las especies más abundantes en el anterior periodo. La dominancia de esta especie determina el mínimo valor de diversidad calculado -1,77 bits-.

En el verano de 2005 disminuye levemente la densidad algal con respecto al invierno - 166 cel/ml-. La mejora de las condiciones de luz y temperatura del embalse favorece el crecimiento de las clorofíceas, de manera que destacan por su abundancia *Crucigeniella*

*rectangulares* y *Volvox sp.* Las diferencias en la distribución de abundancias entre las especies son pequeñas lo que determina el registro del máximo valor de diversidad -2,81 bits-.

La evolución temporal de la densidad algal, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila *a*, se representa en el siguiente gráfico:

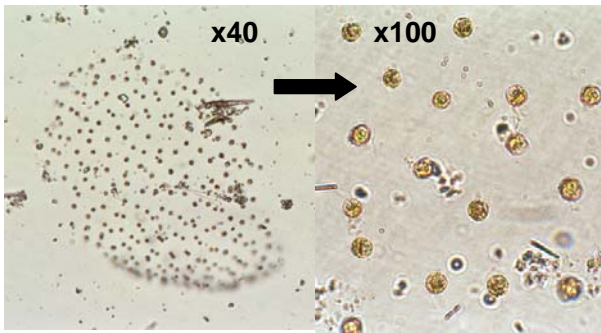
**Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas**



En términos generales la evolución temporal de la biomasa, estimada a partir de la concentración de clorofila *a* presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. En la Figura 6 se puede observar que ambos parámetros tienen la misma tendencia, el máximo de biomasa -2,10 µg/l- y densidad algal -215 cel/ml- se produce en invierno.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora

Los parámetros de biomasa media -0,87 µg/l de clorofila *a*- y densidad algal media -137 cel/ml- catalogan al embalse de Cavallers como un medio oligotrófico. Al ser tan reducidos los valores de densidad, la información que aportan las asociaciones algales es relativa, porque ninguna especie tiene suficiente abundancia como dar fiabilidad como



*Volvox sp.*

especie bioindicadora. Se podría destacar la presencia de *Dinobryon bavaricum* en el primer verano, de la cianobacteria *Synechocystis sp.* en invierno y de las clorofíceas *Crucigeniella rectangulares* y *Volvox sp.* en el segundo periodo estival. Todas las especies identificadas son características de medios con reducida

disponibilidad de nutrientes.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de Cavallers, como **oligotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia, mientras que el de respuesta (clorofila a) presenta un resultado de ultraoligotrofia. La transparencia, por su parte, oscila entre rangos oligotróficos, considerando la media anual, y ultraoligotróficos, según el mínimo anual.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a, del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, coinciden con los criterios de la OCDE. Según el fósforo total el embalse se sitúa en rangos mesotróficos, mientras que la transparencia y la clorofila a lo definen como oligotrófico.



**Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices**

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2004-2005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	16	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	137	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	2,1	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	0,9	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	16	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	8,4	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	137	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	0,9	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	16	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	196	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	8,4	<b>E. MODERADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	0,9	<b>ULTRAOLIGO.</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	2,1	<b>ULTRAOLIGO.</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	16	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; 6-3; 3-1.5; < 1.5	8,4	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	7,0	<b>ULTRAOLIGO.</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	29	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): CLA	<i>10(6-log<sub>2</sub> 7,7(1/Cl<sup>a</sup> 0,68))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	29	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): PT	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(54,9/PT))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	42	<b>MESOTRÓFICO</b>

## 6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO- se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de Cavallers es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE CAVALLERS

Indicadores	Elementos	Parámetros	CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
			Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	137	5	5,0	3,7	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	0,9	5			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	0	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	8,4	4	3,7	3,7	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,0	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	16,3	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

EQR	CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO				
	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
EQR	1-0,95	0,95-0,80	0,80-0,60	0,60-0,40	0,40-0

**ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS**





**Continuación**

<b>EMBALSE:</b>	CAVALLERS (CV)	<b>CAMPAÑA:</b>	2
<b>COT. MAX:</b>	1781	<b>NIVEL:</b>	1772,98

Estación:	E1	Profundidad:	45
Fecha:	18/11/2004	Hora:	14:20
Disco Secchi (m):	10	Capa fótica (m):	17,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
43	1730	5,94	7,59	9,69	77,70	22,0	194	14,3
44	1729	5,92	7,59	9,69	77,70	22,0	195	14,3
45	1728	5,92	7,57	9,69	77,60	22,0	194	14,3



**Continuación**

<b>EMBALSE:</b>	CAVALLERS (CV)	<b>CAMPAÑA:</b>	4
<b>COT. MAX:</b>	1781	<b>NIVEL:</b>	1779,85

Estación:	E1	Profundidad:	53
Fecha:	03/08/2005	Hora:	14:00
Disco Secchi (m):	8,2	Capa fónica (m):	13,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	1738	10,17	-	7,21	64,20	16,0	92	10,4
43	1737	10,06	-	7,17	64,10	16,0	92	10,4
44	1736	10,09	-	7,16	63,40	16,0	92	10,4
45	1735	9,92	-	7,14	63,30	16,0	92	10,4
46	1734	9,88	-	7,15	63,20	16,0	62	10,4
47	1733	9,81	-	7,14	62,90	16,0	92	10,4
48	1732	9,65	-	7,16	62,80	16,0	92	10,4
49	1731	9,54	-	7,14	62,60	16,0	93	10,4
50	1730	9,40	-	7,11	62,20	16,0	93	10,4
51	1729	9,38	-	7,07	61,70	16,0	94	10,4
52	1728	9,38	-	7,05	61,60	16,0	94	10,4
53	1727	9,36	-	6,97	60,80	16,0	93	10,4



## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>CAVALLERS</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CV1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>06/08/2004</b>
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1781,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>1780</b>
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b> <b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1779	1780      1780
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,0	
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	7,3	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,6	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	8,0	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,004	
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,011	
FOSFATOS	mg P/l	0,004	
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,60	
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,04	
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,57	
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,90	
NITRATOS	mg N/l	0,20	
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,007	
NITRITOS	mg N/l	0,002	
N INORGÁNICO	mg N/l	0,24	
CALCIO	mg Ca/l	2,4	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	0,2	
SODIO	mg Na/l	0,4	
POTASIO	mg K/l	0,1	
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /l	0,5	
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	2,3	
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l		
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	2,51	
CLOROFILA a	µg/l	0,5	

<b>EMBALSE:</b>	CAVALLERS	<b>CÓDIGO:</b>	CV2	
<b>CAMPAÑA:</b>	2	<b>FECHA:</b>	18/11/2004	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	1781,00	<b>NIVEL:</b>	1773	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	22	42
COTA	msnm	1772	1751	1731
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,6		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	7,3		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,3		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,004	0,021	0,016
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,009	0,030	0,035
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,010	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,13	0,26	0,30
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,02	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,12	0,25	0,29
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,98	0,90	0,92
NITRATOS	mg N/l	0,22	0,20	0,21
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,055	0,019	0,014
NITRITOS	mg N/l	0,017	0,006	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,25	0,22	0,22
CLOROFILA a	µg/l	2,1		

<b>EMBALSE:</b>	<b>CAVALLERS</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CV4</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>03/08/2004</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1781,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>1780</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>m</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>52</b>
<b>COTA</b>	<b>msnm</b>	<b>1779</b>	<b>1754</b>	<b>1728</b>
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	<b>mg/l</b>	<b>0,9</b>		
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>1,3</b>		
<b>DQO</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>4,0</b>		
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,006</b>	<b>0,053</b>	<b>0,010</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg PO<sub>4</sub><sup>3</sup>/l</b>	<b>0,011</b>	<b>0,145</b>	<b>0,019</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,004</b>	<b>0,047</b>	<b>0,006</b>
<b>NITRÓGENO KJELDAHL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,34</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg NH<sub>4</sub>/l</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
<b>NITRÓGENO ORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,32</b>	<b>0,24</b>	<b>0,27</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg NO<sub>3</sub>/l</b>	<b>0,65</b>	<b>0,78</b>	<b>0,95</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,15</b>	<b>0,18</b>	<b>0,21</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg NO<sub>2</sub>/l</b>	<b>0,013</b>	<b>0,003</b>	<b>0,018</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>
<b>N INORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,17</b>	<b>0,20</b>	<b>0,24</b>
<b>SULFUROS</b>	<b>mg S<sup>-2</sup>/l</b>			<b>0,0</b>
<b>CLOROFILA a</b>	<b>µg/l</b>	<b>0,0</b>		

**ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>CAVALLERS</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CV1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>06/08/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1781</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>7,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1780</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>11,9</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1779	
CLOROFILA a	µg/l	0,50	
Población total	n° cel/ml	31	
Diversidad (H)	Bits	1,95	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	3	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	1	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	12	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	13	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	12	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisoficea	13	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinoficea	2	

<b>EMBALSE:</b>	<b>CAVALLERS</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CV2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>18/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1781</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>10,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1773</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>17,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1772	
CLOROFILA a	µg/l	2,10	
Población total	n° cel/ml	215	
Diversidad (H)	Bits	1,77	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	2	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	138	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	5	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	36	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	32	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	2	
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	136	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Crucigeniella rectangularis</i>	Cloroficea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	2	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptoficea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	33	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisoficea	1	
<i>Dinobryon cylindricum</i>	Crisoficea	30	
<i>Synura sp.</i>	Crisoficea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinoficea	2	

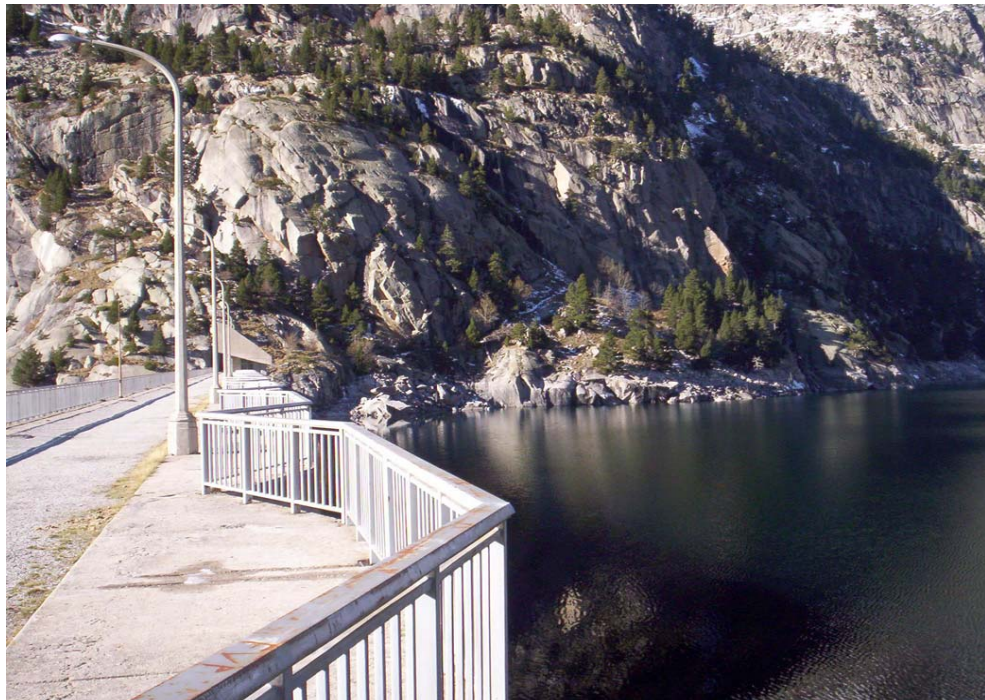
<b>EMBALSE:</b>	<b>CAVALLERS</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CV4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>03/08/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1781</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>8,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1780</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>13,9</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1779	
CLOROFILA a	µg/l	0,00	
Población total	n° cel/ml	166	
Diversidad (H)	Bits	2,81	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	6	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	119	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	18	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	21	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aulacoseira sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria arcus</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	1	
<i>Crucigeniella rectangularis</i>	Clorofíceea	65	
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	Clorofíceea	15	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Volvox sp.</i>	Clorofíceea	37	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofíceea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofíceea	5	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	12	
<i>Bitrichia chodatii</i>	Crisofíceea	1	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofíceea	13	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofíceea	3	
<i>Synura sp.</i>	Crisofíceea	4	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceea	1	



**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Panorámica del embalse desde la presa. Verano de 2004 (06/08/2004)



Detalle de la presa. Invierno de 2004 (18/11/2004)



Aspecto que presentaba el embalse en primavera de 2005 (13/04/2005), lo que impidió la realización del perfil vertical y la recogida de muestras.

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: CAVALLERS

CÓDIGO: CV

LOCALIZACIÓN:

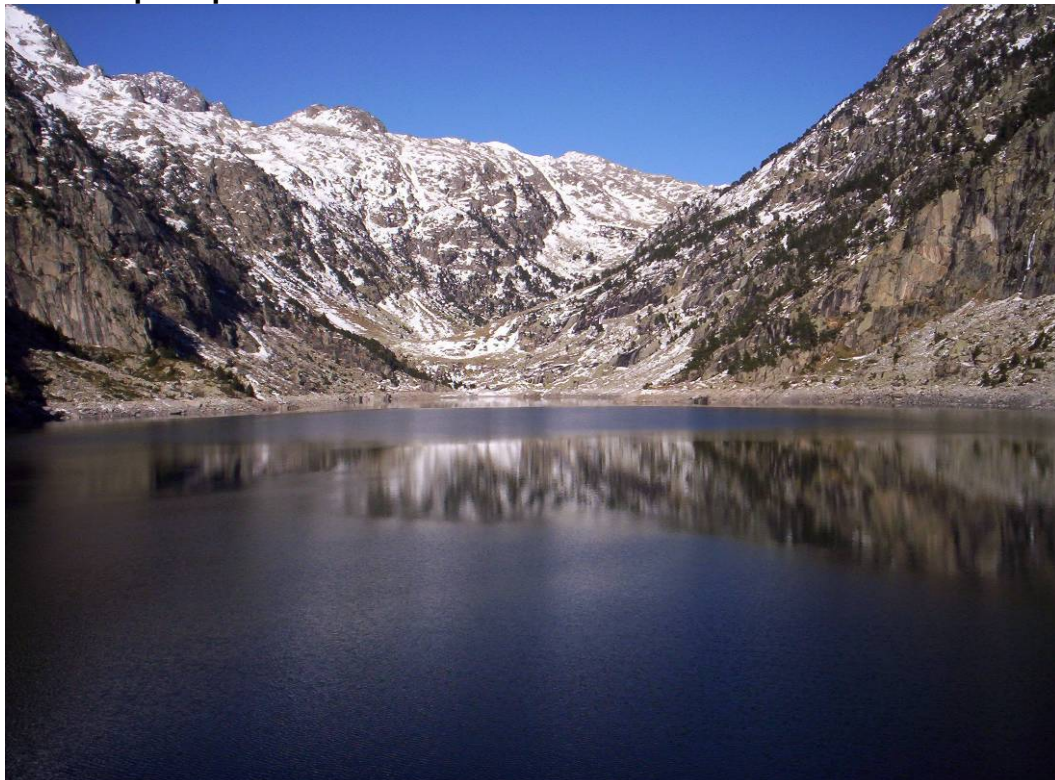
Autonomía: Cataluña  
Provincia: Lérida  
Municipio: Barruera



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Noguera de Tort	Otros tributarios:	-
Año de terminación:	1960	Propietario:	ENHER
Cuenca a la que pertenece:	Cinca	Altitud (msnm):	1.781
Capacidad total (hm <sup>3</sup> ):	16	Capacidad útil (hm <sup>3</sup> ):	-
Longitud máxima (km):	1,5	Perímetro (km):	3
Profundidad máxima (m):	71	Profundidad media (m):	33,8
Usos principales:	Hidroeléctrico	Otros usos:	-



Panorámica del embalse (18/11/2004)



**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**







 Estación de embalse

Nº Plano/s 1:50.000: 140



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD**

		<b>GRADO TRÓFICO</b>	<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>
	<b>CAVALLERS</b>	<b>Oligotrófico</b>	<b>Óptimo</b>
<b>Oligotrófico</b>	<b>Mesotrófico</b>	<b>Eutrófico</b>	<b>Hipereutrófico</b>
			
<b>Óptimo/Bueno</b>	<b>Moderado</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Malo</b>

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)**

<b>1ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 06/08/2004
Tª superficie (°C): 15,90	pH superficie (ud): 9,11	Conductividad superficie (µS/cm): 11,9
Tª fondo (°C): 9,18	pH fondo (ud): 7,88	Conductividad fondo (µS/cm): 13,5

Transparencia		
Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI 7	11,9	
Termoclina: No	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	

<b>2ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 18/11/2004
Tª superficie (°C): 6,31	pH superficie (ud): 8,33	Conductividad superficie (µS/cm): 21
Tª fondo (°C): 5,92	pH fondo (ud): 7,57	Conductividad fondo (µS/cm): 22

Transparencia		
Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI 10	17	
Termoclina: No	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	

<b>3ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 13/04/2005
Tª superficie (°C): -	pH superficie (ud): -	Conductividad superficie (µS/cm): -
Tª fondo (°C): -	pH fondo (ud): -	Conductividad fondo (µS/cm): -

Transparencia		
Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI -	-	
Termoclina: -	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: -	Grosor capa anóxica (m): -	

Embalse congelado

<b>4ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 03/08/2005
Tª superficie (°C): 14,87	pH superficie (ud): 8,52	Conductividad superficie (µS/cm): 16
Tª fondo (°C): 9,36	pH fondo (ud): 6,97	Conductividad fondo (µS/cm): 16

Transparencia		
Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI 8,2	13,9	
Termoclina: Si	Profundidad (m): 18	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	



**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS:** (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 27/07/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	CVEIS	CVEIM	CVEIF
PROFUNDIDAD	m	1	-	-
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,004	-	-
FOSFATOS	mg P/l	0,004	-	-
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,60	-	-
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	-	-
NITRATOS	mg N/l	0,20	-	-
NITRITOS	mg N/l	0,002	-	-
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	0,5	-	-
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	31	-	-
CLASE PREDOMINANTE:	Crisofíceas	Nº células/ml: 13		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Dinobryon bavaricum</i>	Nº células/ml: 13		
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 23/11/2004		
PARÁMETRO	UNIDAD	CVEIS	CVEIM	CVEIF
PROFUNDIDAD	m	1	22	42
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,004	0,021	0,016
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,010	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,13	0,26	0,30
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,22	0,20	0,21
NITRITOS	mg N/l	0,017	0,006	0,004
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2,1	-	-
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	215	-	-
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria	Nº células/ml: 138		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Synechocystis sp.</i>	Nº células/ml: 136		
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 13/04/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	CVEIS	CVEIM	CVEIF
PROFUNDIDAD	m	-	-	-
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	-	-	-
FOSFATOS	mg P/l	-	-	-
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	-	-	-
AMONIO TOTAL	mg N/l	-	-	-
NITRATOS	mg N/l	-	-	-
NITRITOS	mg N/l	-	-	-
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	-	-	-
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	-	-	-
CLASE PREDOMINANTE:	-	Nº células/ml: 119		
ESPECIE PREDOMINANTE:	-	Nº células/ml: 65		
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 03/08/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	CVEIS	CVEIM	CVEIF
PROFUNDIDAD	m	1	26	52
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,053	0,010
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,047	0,006
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,02	0,02	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,32	0,24	0,27
NITRATOS	mg N/l	0,15	0,18	0,21
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,001	0,005
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	0	-	-
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	166	-	-
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofíceas	Nº células/ml: 119		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	Nº células/ml: 65		



## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CAVALLERS 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Cavallers recopilados durante los años 2004 y 2005, 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 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 <sub>CIA</sub>	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL <sub>CHR</sub>	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL <sub>MIC</sub>	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL <sub>WOR</sub>	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL <sub>TOT</sub>	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<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 CAVALLERS

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
<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 A20a 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 la campaña de muestreo de 2004.

**Tabla A20a.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cavallers 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	4,00	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	7,00	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,50	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	31	Ultraoligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>1,00</b>	<b>ULTRAOLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como ultraoligotrófico; la transparencia como ultraoligotrófico; la concentración de clorofila *a* como ultraoligotrófico y la densidad algal como ultraoligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Cavallers en 2004 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

En la tabla A20b 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 la campaña de muestreo de 2005.

**Tabla A20b.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cavallers 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	6,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	8,20	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,10	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	166	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>1,50</b>	<b>ULTRAOLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como oligotrófico; la transparencia como ultraoligotrófico; la concentración de clorofila *a* como ultraoligotrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Cavallers en 2005 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CAVALLERS

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

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

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

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	≥ 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143	
		Biovolumen algal (mm <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	
			<b>Bueno o superior</b>	<b>Moderado</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Malo</b>	
<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
			<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Moderado</b>		
<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 A23a 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 para el año 2004.

**Tabla A23a.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cavallers 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,50	4,20	3,25	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>			<b>BUENO O SUPERIOR</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	7,00	Muy Bueno			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,74	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,00	Muy bueno			
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>2</b>			<b>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 Cavallers para el año 2004 es de nivel 2, **BUENO**.

En la tabla A23b 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 para el año 2005.

**Tabla A23b.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cavallers 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,10	21,00	15,04	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO O SUPERIOR</b>	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>							
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	8,20			Muy Bueno	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	7,50			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	6,00			Bueno	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>2</b>		<b>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 Cavallers para el año 2005 es de nivel 2, **BUENO**.