



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 DEL EBRO

ÍNDICE

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

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse del Ebro 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 del Ebro se ubica en las estribaciones orientales de la Cordillera Cantábrica, estrechamente ligado a los bordes del macizo Asturiano (Región del Pisuerga-Carrión), la zona resulta así afectada por los esfuerzos compresivos de la orogenia Alpina, presentando una orientación general de fractura NW-SE.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1.945, se sitúa en la localidad de Arroyo, pedanía del término municipal de Las Rozas (Cantabria). Regula, principalmente, las aguas del río Ebro, aunque también las de otros ríos y arroyos de menor entidad, entre

los que destacan los ríos Virga y Nava, por la margen izquierda y el río Población y el arroyo Lanchares, por la margen derecha. Cabe mencionar que el río Ebro, antes de su ingreso al embalse tan sólo recibe aportaciones, de cierta magnitud, del río Híjar.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de grandes dimensiones y se caracteriza por presentar una amplia extensión de agua, en dirección este de la presa, que anega terrenos de la provincia de Burgos. Otra característica reseñable del embalse es la escasa profundidad que presenta.

La cuenca vertiente al embalse del Ebro tiene una superficie total de 47 494 ha, de las cuales 17 827 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 6 253 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 540 hm³. Tiene una profundidad media de 8,6 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 24 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)	47 494
Superficie de la cuenca parcial (ha)	47 494
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	17 827
Superficie del embalse (ha)	6 253
Longitud máxima del embalse (km)	21
Capacidad total (hm ³)	540
Capacidad útil (hm ³)	540
Profundidad máxima (m)	24
Profundidad media (m)	8,6
Perímetro en máximo nivel (km)	120
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	838
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	836,6; 831; 826; 822,5; 821; 819,5

Se trata de un embalse casi siempre holomóctico, como se ha registrado en diversos estudios anteriores¹. La acción combinada de los vientos constantes y la escasa profundidad de la columna de agua (profundidad media de 8,6 m) favorece la ausencia de estratificación. Excepcionalmente, en julio de 2005, se registra una termoclina en los últimos metros de la columna de agua. Esta situación puede estar favorecida por la realización del perfil fisicoquímico en el punto de máxima profundidad, por lo que no es trasladable al resto del embalse, que tiene menor calado. La capa fótica en el estío se sitúa en torno a 5 m de espesor.

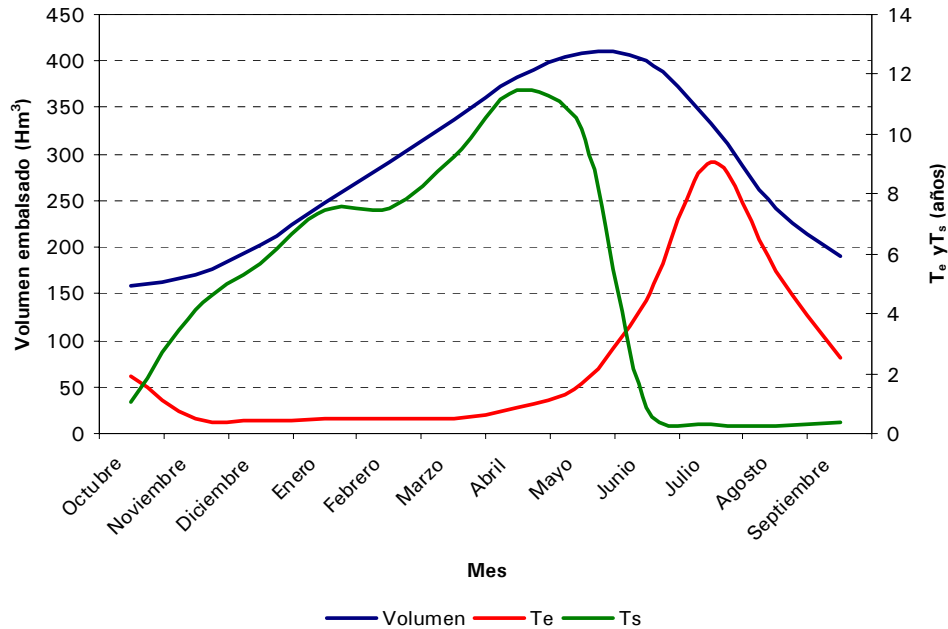
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

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

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
2001-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	158,21	12,93	6,93	1,04	1,94
Noviembre	171,08	3,40	29,30	4,14	0,48
Diciembre	201,63	3,03	39,90	5,66	0,43
Enero	248,64	2,83	44,75	7,48	0,47
Febrero	290,94	2,98	46,08	7,50	0,48
Marzo	337,40	3,10	59,05	9,24	0,49
Abril	382,90	2,75	36,35	11,44	0,87
Mayo	407,45	3,40	20,60	10,18	1,68
Junio	400,68	37,13	7,43	0,89	4,44
Julio	332,81	87,43	3,13	0,32	9,05
Agosto	241,88	89,30	3,80	0,23	5,41
Septiembre	189,99	39,95	6,18	0,39	2,53
Total anual	280,30	288,20	303,48	0,97	0,92

El tiempo de residencia del agua es alto, aproximadamente de un año. Considerando las entradas, el mínimo se obtiene en el mes de diciembre (5,15 meses) y el máximo en el mes de julio (9 años). Según las salidas el tiempo mínimo se obtiene en agosto (2,7 meses) mientras que el máximo se da en abril (137 años).

¹ *Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la cuenca hidrográfica del Ebro, 1996; Asistencia técnica para la actualización limnológica de embalses, 2001.*

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua


2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, previo suministro de éstas a los canales de Lodosa, Imperial y Tauste. También se destinan a la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa. A su vez, en el embalse se realizan actividades recreativas (pesca y navegación principalmente).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse del Ebro 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 las siguientes categorías:

- *Zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE:* El embalse se encuadra en la lista de 12 embalses declarados como Zonas Sensibles, a través de la Resolución 25 de mayo de 1998 de la Secretaria de Estado de Aguas y Costas.

- *Zonas de protección de habitats o especies:* El embalse del Ebro se encuentra integrado en los LICs ES1300013 “Río y embalse del Ebro.(Cantabria)” y ES4120090 “Embalse del Ebro. (Castilla y León)”. Asimismo se encuentra integrado en las ZEPAs ES0000252 “Embalse del Ebro. (Cantabria)” y ES0000191 “Embalse del Ebro. (Castilla y León)”. Es uno de los humedales más importantes para las aves acuáticas en Cantabria y Castilla y León, con importancia nacional e internacional. Desde el punto de vista faunístico destaca la presencia del Sapillo Pintojo Ibérico (*Discoglossus galganoi*), del desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*) y de la nutria (*Lutra lutra*) en el río Ebro, como especies asociadas al medio acuático.

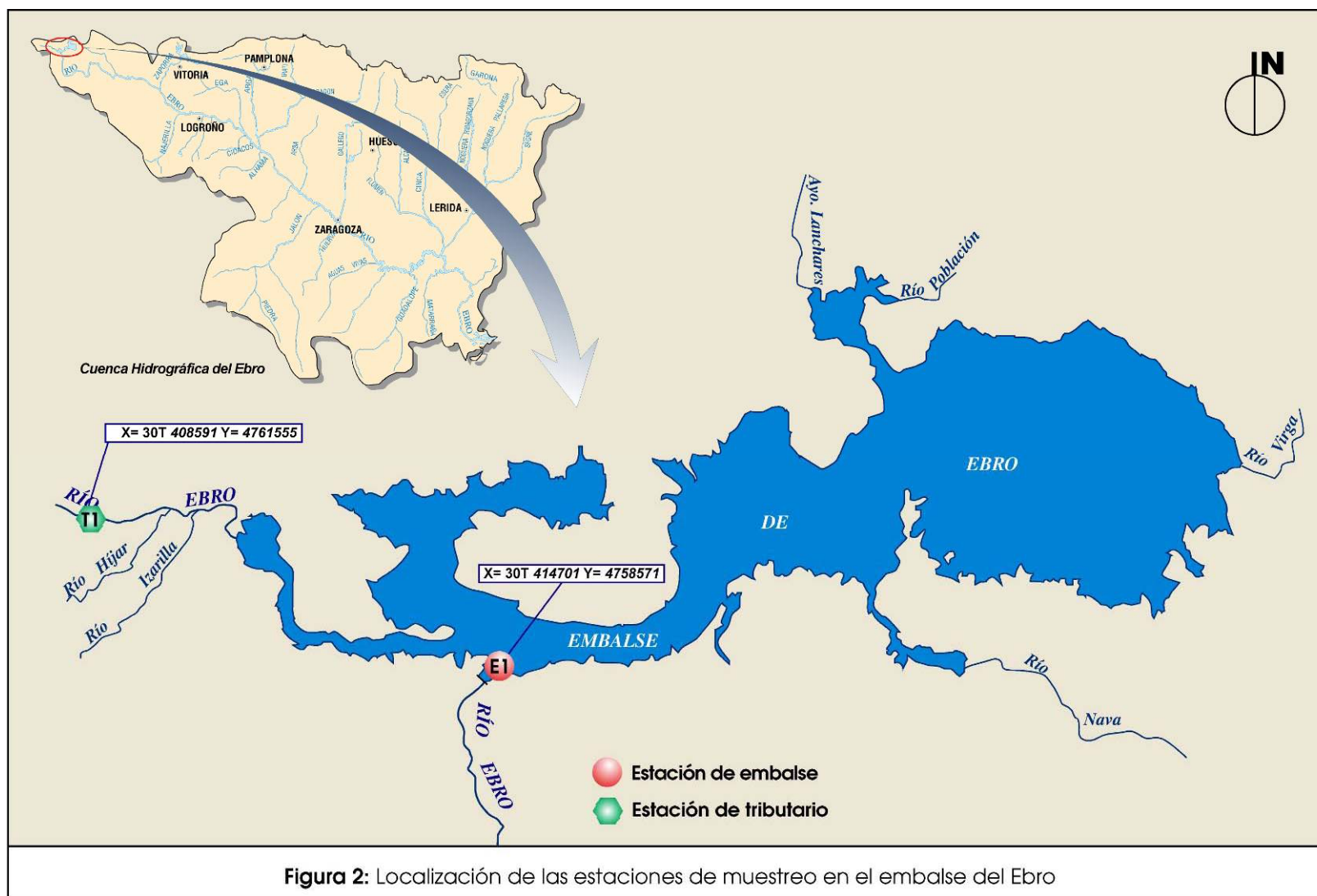
3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en las inmediaciones de la presa (E1) y otra en el tributario principal (T1), río Ebro, aguas arriba de su confluencia con el río Híjar (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	20/07/2004	Mezcla
2ª Campaña	02/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	29/03/2005	Mezcla
4ª Campaña	04/07/2005	Estratificación



4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

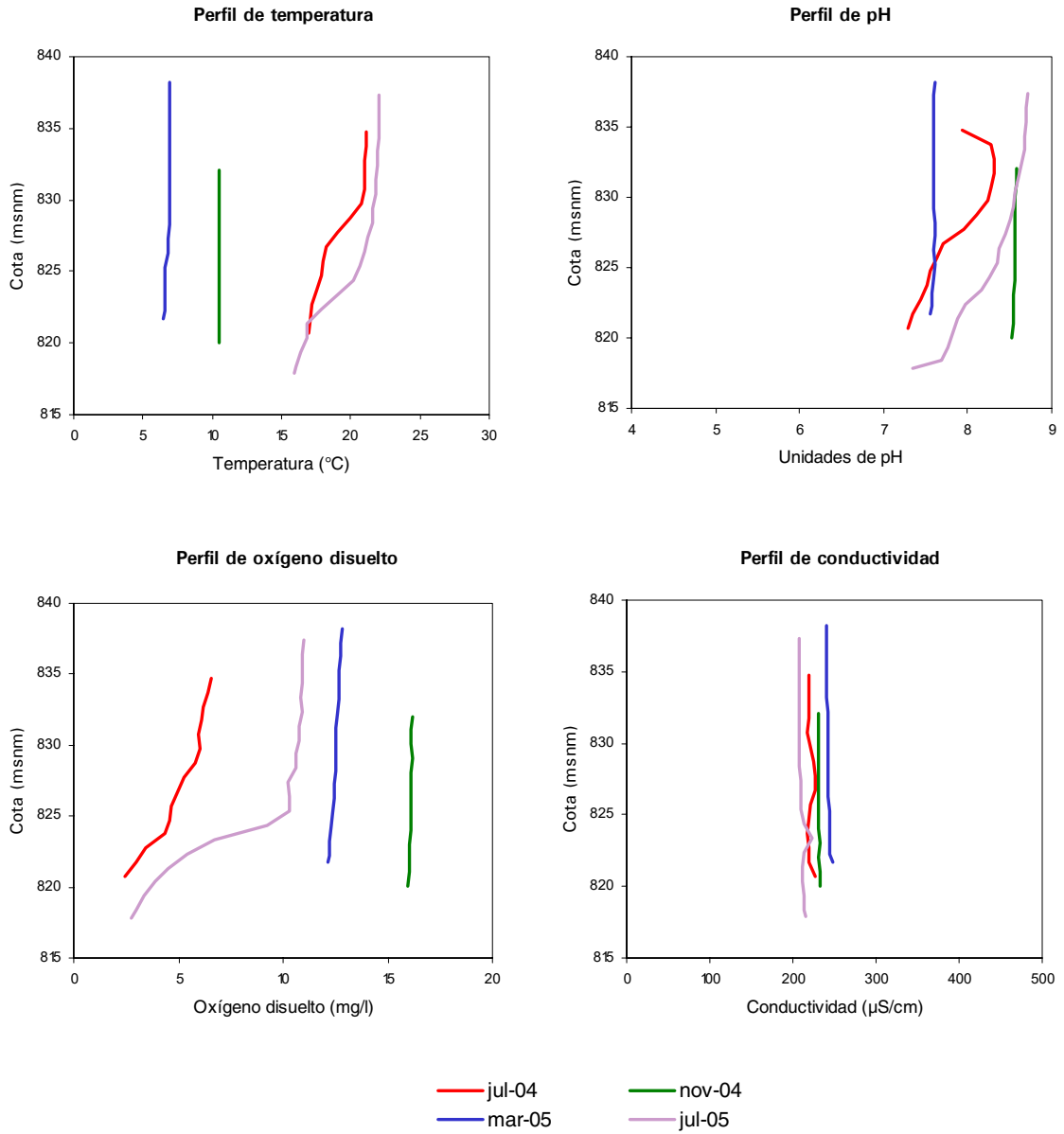
4.1. Características físico-químicas de las aguas

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 moderada, oscilando entre los 6,4 °C -mínimo- y los 22,9 °C, -máximo registrado en el estío-. Durante el periodo de estudio el embalse no ha presentado estratificación térmica, exceptuando una leve termoclina detectada en el verano de 2005 y en las capas más profundas.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,06 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,71 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,29 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,2 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4 metros. El mínimo (0,6 m) se registra en la campaña de primavera, mientras que el máximo (3,4 m) se registra en julio de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 10,3 mg/l O₂. El mínimo, 2,47 mg/l O₂ se registra en el último metro de profundidad de la campaña de julio de 2004. El máximo (16,17 mg/l O₂) se da en invierno, donde la concentración para toda la columna de agua se sitúa en torno a 16 mg/l O₂. En términos generales, las buenas condiciones de oxigenación del embalse se asocian a que la mayor parte de la masa de agua se encuentra expuesta a la acción del viento durante todo el año y a las condiciones morfológicas del embalse - escaso calado -. En julio de 2005 se observa una oxiclina en los últimos metros coincidente con la termoclina registrada a partir del metro 14 de profundidad.

- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores históricos de este ámbito.

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:

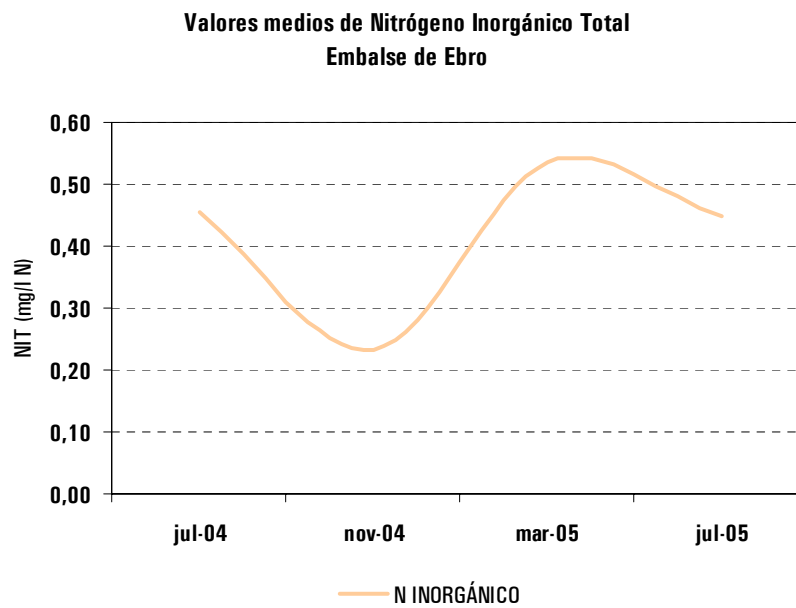
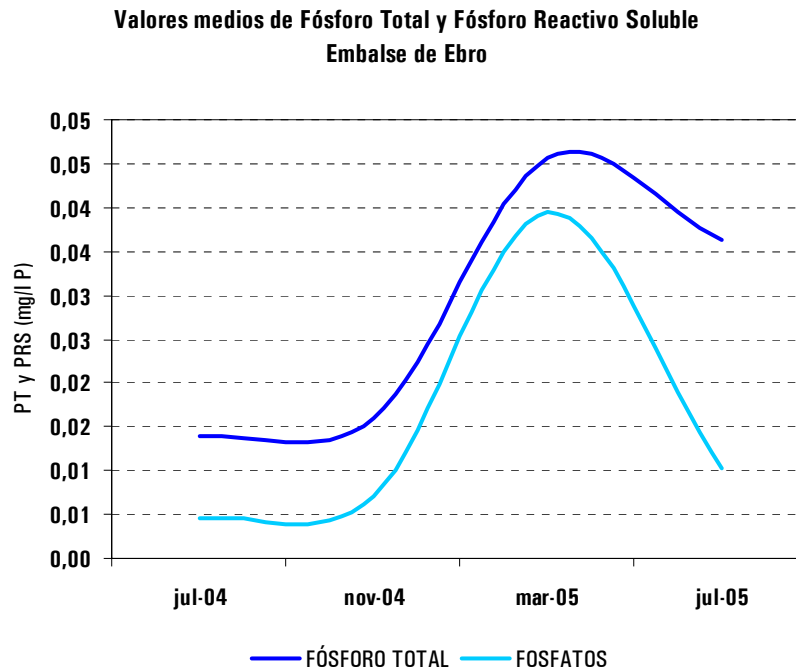
- Las concentraciones de nutrientes son moderadas y se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,028 mg/l P. Los resultados obtenidos de los compuestos fosforados en el año 2005 han sido ligeramente superiores a los de 2004, localizándose en marzo de 2005 los valores máximos (0,046 mg/l P, para el fósforo total, y 0,039 mg/l P para los ortofosfatos). Éstos máximos coinciden con una mayor concentración de fósforo total en el tributario, donde se registra un valor de 0,1 mg/l P.

De los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitritos que, exceptuando la campaña de julio de 2005, superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03$ mg NO_2/l). Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 81\%$), siendo la proporción de amonio moderada ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 16\%$) y la de nitritos muy pequeña ($\text{NO}_2/\text{NIT} = 3\%$). La evolución temporal del nitrógeno inorgánico total (NIT) mantiene la misma pauta seguida por el fósforo.

- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en el tributario, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 1,1 y 7,3 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (30,8 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

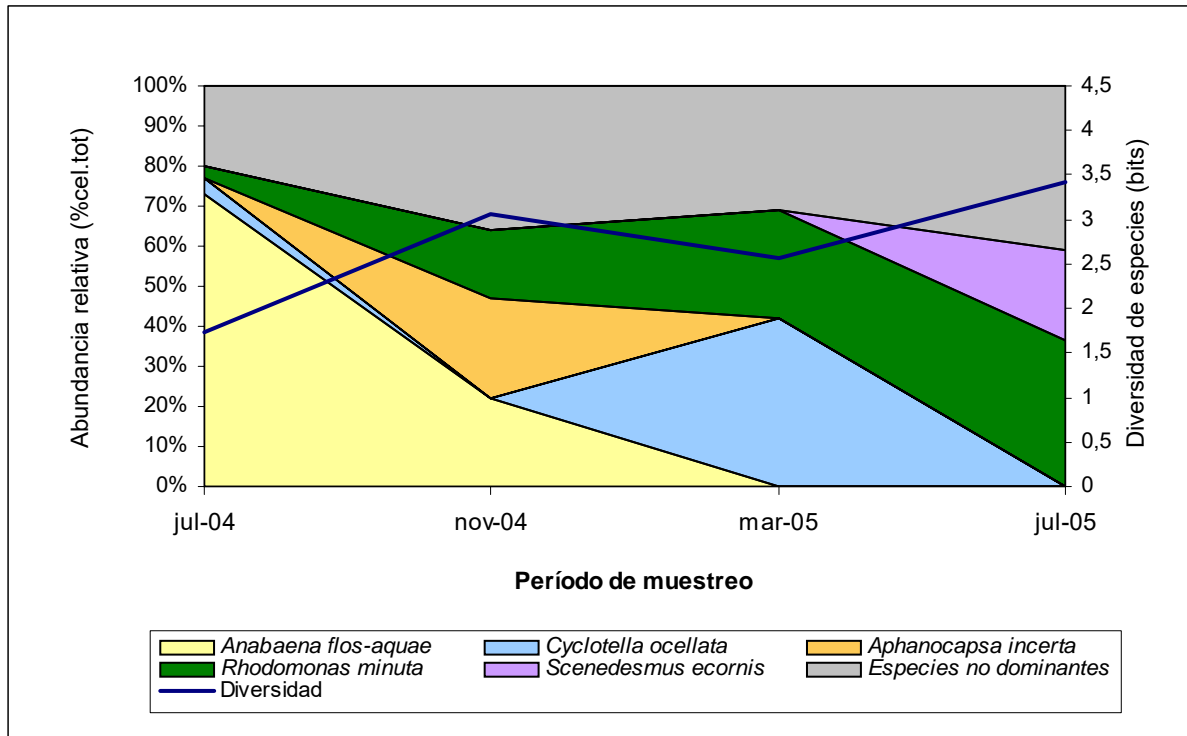
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 63 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 11 diatomeas
- 10 cianobacterias
- 24 clorofíceas
- 7 criptofíceas
- 3 crisofíceas
- 2 dinofíceas
- 2 euglenofíceas
- 4 zigofíceas

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:

Durante el primer verano, se registra el valor más alto de densidad algal del periodo de estudio -3.120 cel/ml-. Cualitativamente la comunidad fitoplanctónica se caracteriza por a dominancia de las cianobacterias (85% de la densidad total) debido a la abundancia de *Anabaena flos-aquae*. La elevada densidad relativa de esta especie reduce los valores de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo anual -1,74 bits-.

En el periodo invernal la densidad fitoplanctónica presenta valores moderados -1.449 cel/ml-. Las cianobacterias continúan dominando pero representan un porcentaje menor - 50% de la comunidad- y las especies más destacables por su abundancia son *Aphanocapsa incerta* y *Anabaena flos-aquae*, como puede observarse en la Figura 5. La principal especie acompañante es la criptofícea *Rhodomonas minuta*.

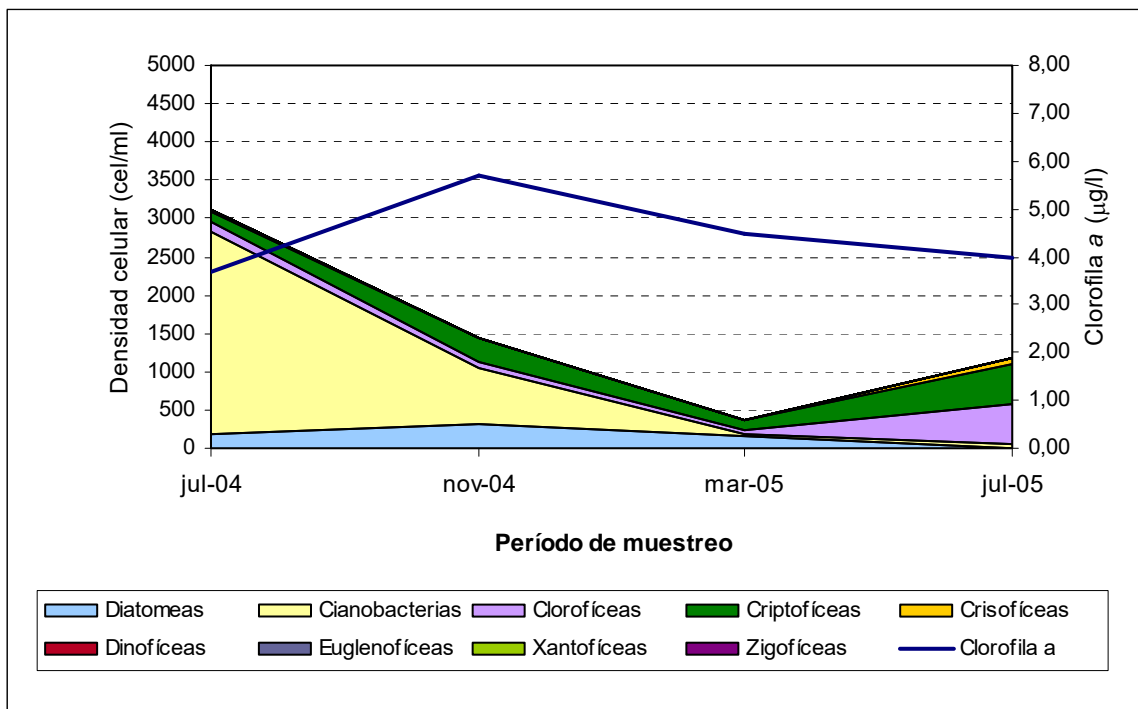
Durante la primavera disminuyen las poblaciones de todos los grupos algales, con mayor intensidad en el grupo de las cianobacterias. En este periodo se registra el valor más

bajo de densidad algal –377 cel/ml-. Las diatomeas y criptofíceas representan el 76% de la comunidad y las especies dominantes son *Cyclotella ocellata* y *Rhodomonas minuta*.

En es estío de 2005 se incrementa ligeramente la densidad fitoplanctónica con respecto a la primavera -1.170 cel/ml-. En este periodo la criptofícea *Rhodomonas minuta* continúa siendo la especie mayoritaria, y destaca también el incremento de las clorofíceas, cuya especie más representativa es *Scenedesmus ecornis*, especie característica de medios templados, bien iluminados y con alta disponibilidad de nutrientes. La ausencia de una especie claramente dominante determina el máximo valor de diversidad de Shannon-Weaver -3,42 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



La evolución temporal de la biomasa, estimada a partir de la de clorofila *a*, no presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. La concentración de clorofila *a* es muy semejante a lo largo del año, alrededor de 4 µg/l y presenta un máximo de 5,70 µg/l en noviembre de 2004, cuando la población está en retroceso del

período estival. La causa de este resultado puede ser el alto porcentaje de clorofila no activa.

4.3.1. Calidad bioindicadora

La comunidad algal en verano de 2004 se caracteriza por la presencia de la cianobacteria *Anabaena flos-aquae*. Esta especie es indicadora de medios eutróficos y



Anabaena flos-aquae

suele crecer a finales del estío cuando la concentración de nutrientes, especialmente la concentración de nitrógeno, es reducida, ya que presentan células especializadas capaces de fijar nitrógeno atmosférico. La dominancia de cianobacterias se mantiene durante el invierno pero desaparece en primavera, cuando las especies más representativas son *Cyclotella ocellata* y *Rhodomonas minuta*, ambas forman una asociación típica de medios mezclados y mesotróficos. Durante el verano

de 2005, la diatomea *Cyclotella ocellata* es sustituida por la clorofícea clorococal *Scenedesmus ecornis*, característica de medios bien iluminados y eutróficos. La valoración del grado trófico del embalse a partir de la composición algal debe matizarse con la densidad celular media – 1.529 cel/ml- y la concentración media de biomasa - 4,48 $\mu\text{g/l}$ de clorofila *a*-, estos resultados nos informan de un medio mesotrófico que incrementa ligeramente su grado trófico durante el período estival.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

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

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 oligotrofia. El máximo rango, hipereutrofia, se obtiene con la transparencia (considerada como mínimo anual), no obstante éste parámetro sobreestima el grado trófico del

embalse, ya que la baja transparencia se debe, en gran medida, a sólidos inorgánicos en suspensión.

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, definen al embalse como mesotrófico.

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

Índice	Definición criterio	Rango	2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	28	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	1.520	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	5,7	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	4,5	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	28	MESO-EUTRÓF.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,2	MESO-EUTRÓF.
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	1.520	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	4,5	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	28	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	339	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,2	E. AVANZADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	4,5	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	5,7	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	28	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,2	EUTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	0,6	HIPEREUT.
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log₂(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	49	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	<i>10(6-log₂ 7,7(1/Cl^a 0,68))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	45	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	<i>TSI = 10(6-log₂(54,9/PT))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	50	MESOTRÓFICO

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 del Ebro es **BUENO**.

EMBALSE DE EBRO			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
Indicadores	Elementos	Parámetros	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	1.529	5	3,0	3,0	0,82
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	4,5	3			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	2.324	3			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	2,2	2	3,3	3,0	0,82
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	10,3	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	28,0	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

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

EMBALSE: EBRO (EB) **CAMPAÑA:** 1
COT. MAX: 838 **NIVEL:** 835

Estación: E1 Profundidad: 14
 Fecha: 20/07/2004 Hora: 10:50
 Disco Secchi (m): 3,4 Capa fótica (m): 5,8

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	835	21,16	7,94	6,57	73,2	220	265	143
1	834	21,07	8,27	6,39	71,8	220	279	143
2	833	21,00	8,31	6,21	69,4	219	280	142
3	832	20,98	8,31	6,13	68,7	219	280	142
4	831	20,96	8,28	5,94	66,8	218	278	142
5	830	20,79	8,24	6,05	67,7	222	282	144
6	829	20,01	8,10	5,83	63,8	225	280	146
7	828	19,06	7,96	5,27	56,3	226	276	147
8	827	18,20	7,71	4,94	51,9	227	261	148
9	826	18,02	7,63	4,69	48,9	222	257	144
10	825	17,83	7,55	4,55	47,8	220	252	143
11	824	17,53	7,51	4,37	45,4	217	250	141
12	823	17,20	7,45	3,45	35,5	220	251	143
13	822	17,04	7,35	2,97	30,6	220	247	143
14	821	16,95	7,29	2,47	25,0	226	246	147

TRIBUTARIO: EBRO **CAMPAÑA:** 1

Estación: EBT1 Cod. Est.: EB1T1
 Fecha: 20/07/2004 Hora: 9:40

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	13,56	7,25	5,61	54,10	486	21	316

EMBALSE: EBRO (EB) **CAMPAÑA:** 2
COT. MAX: 838 **NIVEL:** 832

Estación: E1 Profundidad: 12,5
 Fecha: 02/11/2004 Hora: 12:45
 Disco Secchi (m): 1,9 Capa fótica (m): 3,2

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	832	10,55	8,58	16,17	145,0	230	253	150
1	831	10,55	8,58	16,12	144,7	230	253	150
2	830	10,55	8,57	16,13	144,8	230	253	150
3	829	10,55	8,57	16,16	145,1	230	253	150
4	828	10,54	8,57	16,11	144,7	230	253	150
5	827	10,54	8,57	16,09	144,4	230	253	150
6	826	10,54	8,56	16,11	144,6	230	253	150
7	825	10,54	8,56	16,07	144,2	231	253	150
8	824	10,53	8,56	16,09	144,4	231	253	150
9	823	10,52	8,55	16,06	144,0	232	253	151
10	822	10,49	8,55	16,03	143,7	231	253	150
11	821	10,50	8,54	16,00	143,6	232	252	151
12	820	10,47	8,53	15,96	143,1	232	252	151

TRIBUTARIO: EBRO **CAMPAÑA:** 2

Estación: EBT1 Cod. Est.: EB2T1
 Fecha: 02/11/2004 Hora: 13:45

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	8,44	8,69	19,50	166,90	227	215	148

EMBALSE: EBRO (EB) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 838 **NIVEL:** 838

Estación: E1 Profundidad: 16,5
 Fecha: 29/03/2005 Hora: 15:49
 Disco Secchi (m): 0,6 Capa fótica (m): 1,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	838	6,97	7,62	12,81	105,6	241	119	103
1	837	6,97	7,60	12,76	105,1	239	118	102
2	836	6,93	7,60	12,72	104,7	241	119	103
3	835	6,93	7,60	12,69	104,4	241	120	103
4	834	6,95	7,60	12,67	104,3	241	120	103
5	833	6,93	7,60	12,65	104,1	241	121	103
6	832	6,91	7,60	12,61	103,7	241	122	103
7	831	6,91	7,60	12,53	103,1	241	122	103
8	830	6,91	7,60	12,53	103,1	241	123	103
9	829	6,91	7,60	12,51	102,8	241	123	103
10	828	6,90	7,61	12,49	102,7	241	125	103
11	827	6,86	7,62	12,44	102,2	242	126	103
12	826	6,82	7,60	12,41	101,9	242	126	103
13	825	6,59	7,61	12,37	101,3	244	126	103
14	824	6,57	7,59	12,32	100,5	244	127	103
15	823	6,56	7,57	12,24	99,8	244	126	103
16	822	6,54	7,57	12,22	99,5	244	127	103
17	822	6,41	7,56	12,12	98,4	248	128	104

TRIBUTARIO: EBRO **CAMPAÑA:** 3

Estación: EBT1 Cod. Est.: EB3T1
 Fecha: 29/03/2005 Hora: 15:12

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	7,69	7,81	13,16	110,50	120	92	78

EMBALSE: EBRO (EB) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 838 **NIVEL:** 837

Estación: E1 Profundidad: 19,5
 Fecha: 04/07/2005 Hora: 17:55
 Disco Secchi (m): 2,9 Capa fótica (m): 4,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	837	22,06	8,71	10,97	125,6	208	182	135
1	836	22,09	8,70	10,95	125,5	208	182	135
2	835	22,09	8,69	10,94	125,4	208	182	135
3	834	22,06	8,67	10,93	125,2	208	182	135
4	833	21,93	8,67	10,84	123,6	207	182	135
5	832	21,88	8,63	10,88	124,2	208	181	135
6	831	21,80	8,61	10,78	122,9	208	180	135
7	830	21,75	8,57	10,77	122,7	208	179	135
8	829	21,61	8,55	10,60	119,1	208	178	135
9	828	21,56	8,50	10,61	120,3	208	175	135
10	827	21,19	8,44	10,26	115,6	209	173	136
11	826	21,03	8,38	10,28	115,5	210	171	137
12	825	20,68	8,35	10,27	114,5	209	170	136
13	824	20,15	8,26	9,25	102,0	214	166	139
14	823	19,02	8,16	6,72	73,1	224	162	146
15	822	17,85	7,98	5,41	57,3	213	152	138
16	821	16,90	7,88	4,52	46,7	212	148	138
17	820	16,81	7,82	3,91	40,6	212	145	138
18	819	16,39	7,77	3,33	34,0	213	144	138
19	818	16,09	7,69	2,96	30,1	214	140	139
19,5	818	15,88	7,34	2,71	27,4	215	121	140

TRIBUTARIO: EBRO **CAMPAÑA:** 4

Estación: EBT1 Cod. Est.: EB4T1
 Fecha: 05/07/2004 Hora: 16:40

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	15,56	8,62	9,61	96,60	411	-	267

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO:	EB1		
CAMPAÑA:	1	FECHA:	20/07/2004		
COTA MÁXIMA:	838	NIVEL:	835		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	7	14	
COTA	msnm	834	828	821	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,9	1,5	3,7	5,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	70,4	69,4	70,5	114,7
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8	0,7	0,7	0,8
DQO	mg O ₂ /l	12,0	8,0	8,0	12,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,021	0,010	0,041
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,030	0,009	0,004	0,086
FOSFATOS	mg P/l	0,010	0,003	0,001	0,028
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,57	0,66	0,69	0,77
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,04	0,04	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,55	0,63	0,66	0,74
NITRATOS	mg NO ₃ /l	2,49	1,29	1,72	2,09
NITRATOS	mg N/l	0,56	0,29	0,39	0,47
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,035	0,047	0,036	0,064
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,014	0,011	0,019
N INORGÁNICO	mg N/l	0,60	0,34	0,43	0,52
CALCIO	mg Ca/l	29,5	29,7	33,0	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	4,0	4,3	4,1	
SODIO	mg Na/l	5,7	5,7	5,6	
POTASIO	mg K/l	1,5	1,5	1,6	
CLORUROS	mg Cl/l	8,9	8,4	8,9	
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l	27,0	30,8	26,0	
SULFUROS	mg S ²⁻ /l			0,0006	
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	4,20	1,00	2,15	
CLOROFILA a	µg/l	3,7			

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB2			
CAMPAÑA:	2	FECHA: 02/11/2004			
COTA MÁXIMA:	838	NIVEL: 832			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	6	12	
COTA	msnm	831	826	820	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,8			10,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	67,6			64,2
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,7			0,9
DQO	mg O ₂ /l	8,0			16,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,011	0,025	0,038
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,023	0,022	0,021	0,068
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,007	0,007	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,39	0,23	0,18	0,18
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,09	0,11	0,11	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,07	0,08	0,09	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,32	0,14	0,09	0,15
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,58	0,68	0,59	2,32
NITRATOS	mg N/l	0,13	0,15	0,13	0,52
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,029	0,028	0,040	0,030
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,012	0,009
N INORGÁNICO	mg N/l	0,21	0,25	0,23	0,57
CLOROFILA a	µg/l	5,7			

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB3			
CAMPAÑA:	3	FECHA: 29/03/2005			
COTA MÁXIMA:	838	NIVEL: 838			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	8	16	
COTA	msnm	837	830	822	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	13,2			22,6
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	66,0			54,4
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,9			0,7
DQO	mg O ₂ /l	7,9			4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,054	0,046	0,037	0,100
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,111	0,140	0,112	0,104
FOSFATOS	mg P/l	0,036	0,046	0,037	0,034
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,75	0,86	0,47	0,48
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,07	0,11	0,09	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,08	0,07	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,70	0,78	0,40	0,45
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,94	1,98	2,06	2,55
NITRATOS	mg N/l	0,44	0,45	0,46	0,58
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,045	0,051	0,051	0,034
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,016	0,016	0,010
N INORGÁNICO	mg N/l	0,51	0,55	0,55	0,61
CLOROFILA a	µg/l	4,5			

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB4			
CAMPAÑA:	4	FECHA: 04/07/2005			
COTA MÁXIMA:	838	NIVEL: 837			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	10	19	
COTA	msnm	836	827	818	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,1			3,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,0			1,0
DQO	mg O ₂ /l	4,0			16,2
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,010	0,072	0,027	0,044
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,026	0,023	0,046	0,114
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,015	0,037
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,42	0,49	0,53	0,68
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,20	0,08	0,06	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,16	0,06	0,04	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,27	0,43	0,49	0,64
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,48	1,53	1,70	1,49
NITRATOS	mg N/l	0,33	0,35	0,38	0,34
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,030	0,019	0,017	0,030
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,006	0,005	0,009
N INORGÁNICO	mg N/l	0,50	0,41	0,43	0,39
SULFUROS	mg S ² /l			0,0000	
CLOROFILA a	µg/l	4,0			

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB1
CAMPAÑA:	1	FECHA: 20/07/2004
COTAMAX:	838	D. SECCHI: 3,4
NIVEL:	835	C.FÓTICA: 5,8
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO
		EIS
PROFUNDIDAD	m	1
COTA	msnm	834
CLOROFILA a	µg/l	3,70
Población total	n°cel/ml	3.120
Diversidad (H)	Bits	1,74
Clase BACILLARIOFICEA	n°cel/ml	178
Grupo CIANOBACTERIA	n°cel/ml	2.661
Clase CLOROFICEA	n°cel/ml	126
Clase CRIFTOFICEA	n°cel/ml	137
Clase CRISOFICEA	n°cel/ml	13
Clase DINOICEA	n°cel/ml	4
Clase EUGLENOFICEA	n°cel/ml	0
Clase XANTOFICEA	n°cel/ml	0
Clase ZIGOFICEA	n°cel/ml	1
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	50
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	126
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1
<i>Anabaena flos-aquae</i>	Cianobacteria	2.290
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	Cianobacteria	154
<i>Chroococcus limneticus</i>	Cianobacteria	5
<i>Microcystis sp.</i>	Cianobacteria	34
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	178
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	10
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	7
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	17
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	16
<i>Pediastrum boryanum</i>	Clorofícea	1
<i>Pediastrum duplex</i>	Clorofícea	15
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Clorofícea	10
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	49
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	11
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	3
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	5
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	7
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	111
<i>Dinobryon sp.</i>	Crisofícea	13
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	3
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	1

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB2
CAMPAÑA:	2	FECHA: 02/11/2004
COTAMAX:	838	D. SECCHI: 1,9
NIVEL:	832	C.FÓTICA: 3,2
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO
		EIS
PROFUNDIDAD	m	1
COTA	msnm	831
CLOROFILA a	µg/l	5,70
Población total	n° cel/ml	1.449
Diversidad (H)	Bits	3,07
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	318
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	724
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	87
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	317
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0
Clase DINOICEA	n° cel/ml	0
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	2
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml
<i>Actinocyclus normanii</i>	Bacillariofícea	1
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	1
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	128
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	5
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	181
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1
<i>Anabaena flos-aquae</i>	Cianobacteria	326
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	26
<i>Aphanocapsa incerta</i>	Cianobacteria	357
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1
<i>Woronichinia naegeliana</i>	Cianobacteria	14
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	11
<i>Ankyra sp.</i>	Clorofícea	7
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	30
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Clorofícea	18
<i>Eudorina elegans</i>	Clorofícea	1
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	7
<i>Pediastrum duplex</i>	Clorofícea	1
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Clorofícea	5
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	7
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	36
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	18
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	9
<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	Criptofícea	4
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	5
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	245
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1
<i>Closterium sp.</i>	Zigofícea	1
<i>Spirogyra sp.</i>	Zigofícea	1

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB3
CAMPAÑA:	3	FECHA: 29/03/2005
COTAMAX:	838	D. SECCHI: 0,6
NIVEL:	838	C.FÓTICA: 1,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO
		EIS
PROFUNDIDAD	m	1
COTA	msnm	837
CLOROFILA a	µg/l	4,50
Población total	n°cel/ml	377
Diversidad (H)	Bits	2,57
Clase BACILLARIOFICEA	n°cel/ml	164
Grupo CIANOBACTERIA	n°cel/ml	15
Clase CLOROFICEA	n°cel/ml	69
Clase CRIFTOFICEA	n°cel/ml	124
Clase CRISOFICEA	n°cel/ml	1
Clase DINOVICEA	n°cel/ml	2
Clase EUGLENOVICEA	n°cel/ml	1
Clase XANTOFICEA	n°cel/ml	0
Clase ZIGOFICEA	n°cel/ml	1
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	157
<i>Gyrosigma sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	4
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	15
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	26
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	10
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	31
<i>Elakatothrix genevensis</i>	Clorofícea	1
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	1
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	12
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	2
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	7
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	1
<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	Criptofícea	1
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	101
<i>Stelaxomonas sp.</i>	Crisofícea	1
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenofícea	1
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	1

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB4
CAMPAÑA:	4	FECHA: 04/07/2005
COTAMAX:	838	D. SECCHI: 2,9
NIVEL:	837	C.FÓTICA: 4,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO
		EIS
PROFUNDIDAD	m	1
COTA	msnm	836
CLOROFILA a	µg/l	4,00
Población total	n° cel/ml	1.170
Diversidad (H)	Bits	3,42
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	13
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	41
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	526
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	515
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	74
Clase DINOICEA	n° cel/ml	0
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	1
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	8
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	1
<i>Fragilaria capucina</i>	Bacillariofícea	1
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	40
<i>Merismopedia punctata</i>	Cianobacteria	1
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	8
<i>Coelastrum microporum</i>	Clorofícea	21
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	25
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Clorofícea	10
<i>Crucigeniella pulchra</i>	Clorofícea	8
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1
<i>Chlorogonium sp.</i>	Clorofícea	1
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1
<i>Elakatothrix genevensis</i>	Clorofícea	1
<i>Eudorina elegans</i>	Clorofícea	10
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	1
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	33
<i>Pandorina morum</i>	Clorofícea	15
<i>Pediastrum boryanum</i>	Clorofícea	10
<i>Pediastrum duplex</i>	Clorofícea	25
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Clorofícea	1
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Clorofícea	233
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofícea	72
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Clorofícea	49
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	51

Continuación 4ª Campaña

EMBALSE:	EBRO	CÓDIGO: EB4
CAMPAÑA:	4	FECHA: 04/07/2005
COTAMAX:	838	D. SECCHI: 2,9
NIVEL:	837	C.FÓTICA: 4,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO
		E1S
ESPECIES	TAXÓN	nº cel/ml
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	62
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	1
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	4
<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	Criptofícea	1
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	17
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	379
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	74
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	1

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (20/07/2004)



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (04/07/2005)



Río Ebro, tributario principal del embalse del Ebro. Verano de 2004 (20/07/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: EBRO

CÓDIGO: EB

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Cantabria
Provincia: Santander
Municipio: Las Rozas



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

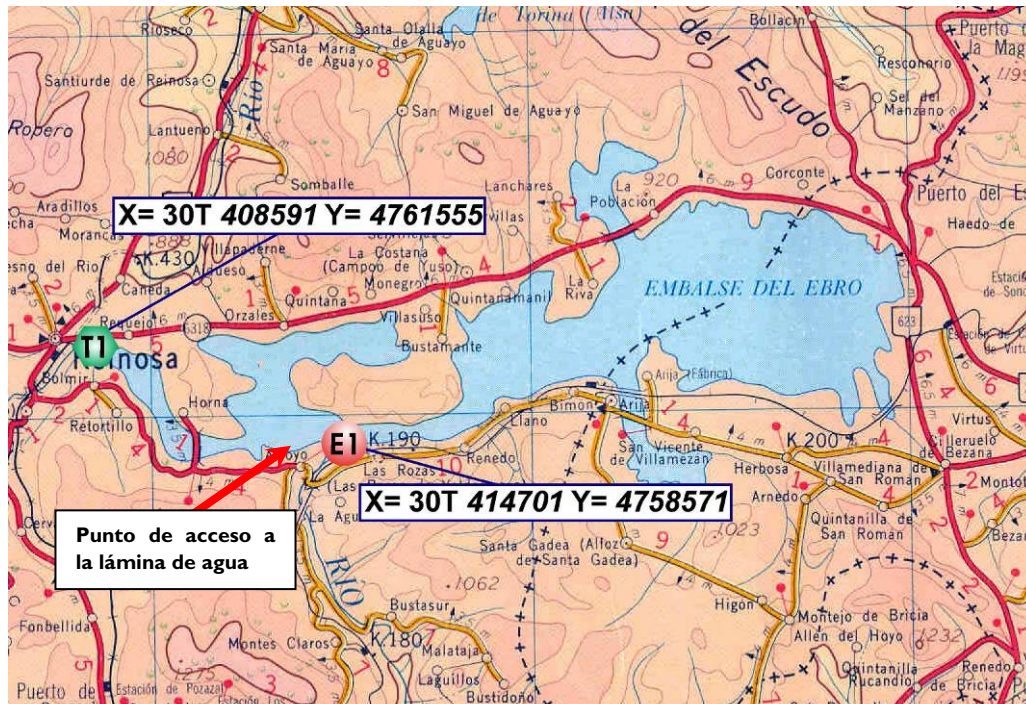
Tributario principal: Río Ebro	Otros tributarios: Ríos Virga, Nava y Población
Año de terminación: 1945	Propietario: Estado
Cuenca a la que pertenece: Ebro	Altitud (msnm): 838
Capacidad total (hm³): 540	Capacidad útil (hm³): 540
Longitud máxima (km): 21	Perímetro (km): 120
Profundidad máxima (m): 24	Profundidad media (m): 8,6
Usos principales: Riego	Otros usos: Hidroeléctrico



Panorámica del embalse (02/11/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Plano/s 1:200.000: 5-4

Nº Plano/s 1:50.000: 83;108



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
		EBRO	Mesotrófico Bueno
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 20/07/2004
Tª superficie (°C): 21,16	pH superficie (ud): 7,94	Conductividad superficie (µS/cm): 220
Tª fondo (°C): 16,95	pH fondo (ud): 7,29	Conductividad fondo (µS/cm): 226
Tª TI (°C): 13,56	pH TI (ud): 7,25	Conductividad TI (µS/cm): 486
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI 3,4	5,8	
Termoclina: No	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 02/11/2004
Tª superficie (°C): 10,55	pH superficie (ud): 8,58	Conductividad superficie (µS/cm): 230
Tª fondo (°C): 10,47	pH fondo (ud): 8,53	Conductividad fondo (µS/cm): 232
Tª TI (°C): 8,44	pH TI (ud): 8,69	Conductividad TI (µS/cm): 227
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI 1,9	3,2	
Termoclina: No	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 29/03/2005
Tª superficie (°C): 6,97	pH superficie (ud): 7,62	Conductividad superficie (µS/cm): 241
Tª fondo (°C): 6,41	pH fondo (ud): 7,56	Conductividad fondo (µS/cm): 248
Tª TI (°C): 7,69	pH TI (ud): 7,81	Conductividad TI (µS/cm): 120
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI 0,6	I	
Termoclina: No	Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 04/07/2005
Tª superficie (°C): 22,06	pH superficie (ud): 8,71	Conductividad superficie (µS/cm): 208
Tª fondo (°C): 15,88	pH fondo (ud): 7,34	Conductividad fondo (µS/cm): 215
Tª TI (°C): 15,56	pH TI (ud): 8,62	Conductividad TI (µS/cm): 411
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI 2,9	4,9	
Termoclina: No	Profundidad (m): Leve gradiente a 14	
Condiciones anóxicas: No	Grosor capa anóxica (m): -	



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 20/07/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	EBEIS	EBEIM	EBEIF	EBTI
PROFUNDIDAD	m	1	7	14	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,021	0,010	0,041
FOSFATOS	mg P/l	0,010	0,003	0,001	0,028
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,57	0,66	0,69	0,77
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,56	0,29	0,39	0,47
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,014	0,011	0,019
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	3,7			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	3.120			
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria			Nº células/ml: 2.661	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Anabaena flos-aquae</i>			Nº células/ml: 2.290	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 02/11/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	EBEIS	EBEIM	EBEIF	EBTI
PROFUNDIDAD	m	1	6	12	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,011	0,025	0,038
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,007	0,007	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,39	0,23	0,18	0,18
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,07	0,08	0,09	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,13	0,15	0,13	0,52
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,012	0,009
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	5,7			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.449			
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria			Nº células/ml: 724	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Aphanocapsa incerta</i>			Nº células/ml: 357	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 29/03/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	EBEIS	EBEIM	EBEIF	EBTI
PROFUNDIDAD	m	1	8	16	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,054	0,046	0,037	0,100
FOSFATOS	mg P/l	0,036	0,046	0,037	0,034
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,75	0,86	0,47	0,48
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,08	0,07	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,44	0,45	0,46	0,58
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,016	0,016	0,010
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	4,5			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	377			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 164	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml: 157	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 04/07/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	EBEIS	EBEIM	EBEIF	EBTI
PROFUNDIDAD	m	1	10	19	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,010	0,072	0,027	0,044
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,015	0,037
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,42	0,49	0,53	0,68
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,16	0,06	0,04	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,33	0,35	0,38	0,34
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,006	0,005	0,009
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	4,0			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.170			
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea			Nº células/ml: 526	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Scenedesmus ecornis</i>			Nº células/ml: 233	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DEL EBRO 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse del Ebro 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 (n° células/ml).

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

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

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

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

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

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

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

Tabla A3. Niveles de calidad según la transparencia.

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

Catalogación trófica final

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

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

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

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

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

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

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

2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

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

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

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

2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

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

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

- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

Cálculo para clorofila a:

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

Cálculo para biovolumen:

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

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

1) Concentración de clorofila a

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

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

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

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

2) Biovolumen algal

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

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

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

3) Índice de grupos algales (IGA)

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

El índice IGA se expresa:

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

Siendo,

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

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

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

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

4) Porcentaje de cianobacterias

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

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

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

Donde:	BVOL _{CIA}	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL _{CHR}	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL _{MIC}	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL _{WOR}	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL _{TOT}	Biovolumen total de fitoplancton

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

Tabla A9. Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango Tipo 12	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango Tipo 13	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{trans}). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

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

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

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

Tipos 6 y 12

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

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

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

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

Tipo 13

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

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

1) Transparencia

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

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

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

2) Condiciones de oxigenación

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

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

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

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

3) Concentración de nutrientes

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

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

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

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

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

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

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

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

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

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

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

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

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

2.2. ESTADO QUÍMICO

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

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

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

2.3. ESTADO

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

Tabla A18. Determinación del estado.

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DEL EBRO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

Tabla A19. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

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

En la tabla 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 del Ebro 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	11,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	3,40	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	3,70	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	3120	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

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

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 del Ebro 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	10,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,90	Mesotrófico
COLOROFILA <i>a</i>	4,00	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	1170	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DEL EBRO

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

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

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

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

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

Tabla A22. Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 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 del Ebro 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	3,70	0,70	0,79	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,40	Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,09	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	11,00	Moderado			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3			MODERADO
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse del Ebro para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A 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 del Ebro 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	4,00	0,65	0,75	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,90	Moderado			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	8,47	Muy Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	10,00	Bueno			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse del Ebro para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.