



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 LAS TORCAS

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 de Las Torcas 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 expone 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 Las Torcas se ubica en el sector central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, englobando todas las serranías mesozoicas que se extienden hacia el NE del macizo paleozoico de Ateca.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1946, se sitúa en el término municipal de Tosos, provincia de Zaragoza. Regula, principalmente, las aguas del río Huerva, aunque también las de algunas barranqueras de carácter intermitente.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones y se caracteriza por presentar una morfología de embalse alargada que se estrecha en sentido cola.

La cuenca vertiente al embalse de Las Torcas tiene una superficie total de 48 621 ha.

El embalse tiene una extensión de 77 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 7 hm³. Tiene una profundidad media de 9,1 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 31,7 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)	48.621
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	77
Longitud máxima del embalse (km)	5,2
Capacidad total (hm ³)	7
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	31,7
Profundidad media (m)	9,1
Perímetro en máximo nivel (km)	13
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	624,1
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	594,35; 619,35

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. En verano de 2004 la termoclina se situó a 8 m de profundidad, mientras que en el de 2005 el embalse no presentaba estratificación. La capa fótica en la época estival oscila entre 3 y 4 metros de espesor.

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

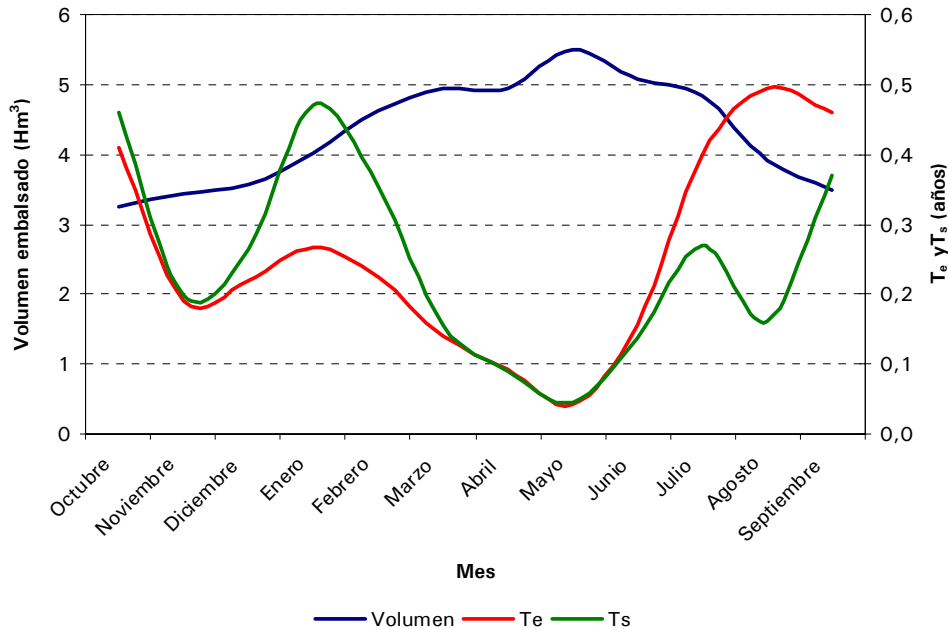
Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
2001-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	3,25	0,60	0,68	0,46	0,41
Noviembre	3,44	1,43	1,48	0,20	0,19
Diciembre	3,56	1,15	1,38	0,26	0,22
Enero	4,01	0,73	1,28	0,47	0,27
Febrero	4,63	1,00	1,58	0,35	0,23
Marzo	4,95	2,70	3,00	0,16	0,14
Abril	4,94	4,48	4,33	0,09	0,09
Mayo	5,50	10,20	10,88	0,05	0,04
Junio	5,06	3,00	2,68	0,14	0,16
Julio	4,83	1,53	1,03	0,27	0,40
Agosto	3,93	2,08	0,68	0,16	0,49
Septiembre	3,49	0,78	0,63	0,37	0,46
Total anual	4,30	29,65	29,58	0,14	0,15

El tiempo de residencia anual del agua es bajo, en torno a 2 meses. Los mínimos se obtienen en los meses primaverales, marzo, abril y mayo, siendo éste último el que menor tiempo de retención presenta, 17 días. Los máximos, según las entradas, se sitúan en verano (agosto 5,9 meses), por el contrario, si se atiende a las entradas el máximo se da en enero (5,6 meses).

¹ Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua



2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y al abastecimiento de diversas poblaciones (Tosos y Villanueva de Huerva, principalmente). En el embalse está permitida la navegación, aunque no presenta unas características propicias para su realización. A su vez se realizan otras actividades recreativas, como son la pesca y el baño.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Las Torcas 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 hábitats o especies*.

El embalse se encuentra dentro del espacio protegido definido por el LIC ES2430110 "Alto Huerva-Sierra de Herrera" y la ZEPA ES000300 "Río Huerva y Las Planas". Esta zona tiene especial relevancia por la buena conservación y amplia extensión de los

encinares. También aparecen buenas representaciones del quejigal. El río Huerva presenta un grado de conservación bueno y la calidad de sus aguas contribuye a la presencia de numerosas especies faunísticas y florísticas, actuando como un corredor biológico.

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, río Huerva, antes de su incorporación al embalse (**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	20/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	01/12/2004	Mezcla
3ª Campaña	27/04/2005	Inicio estratificación
4ª Campaña	11/08/2005	Mezcla

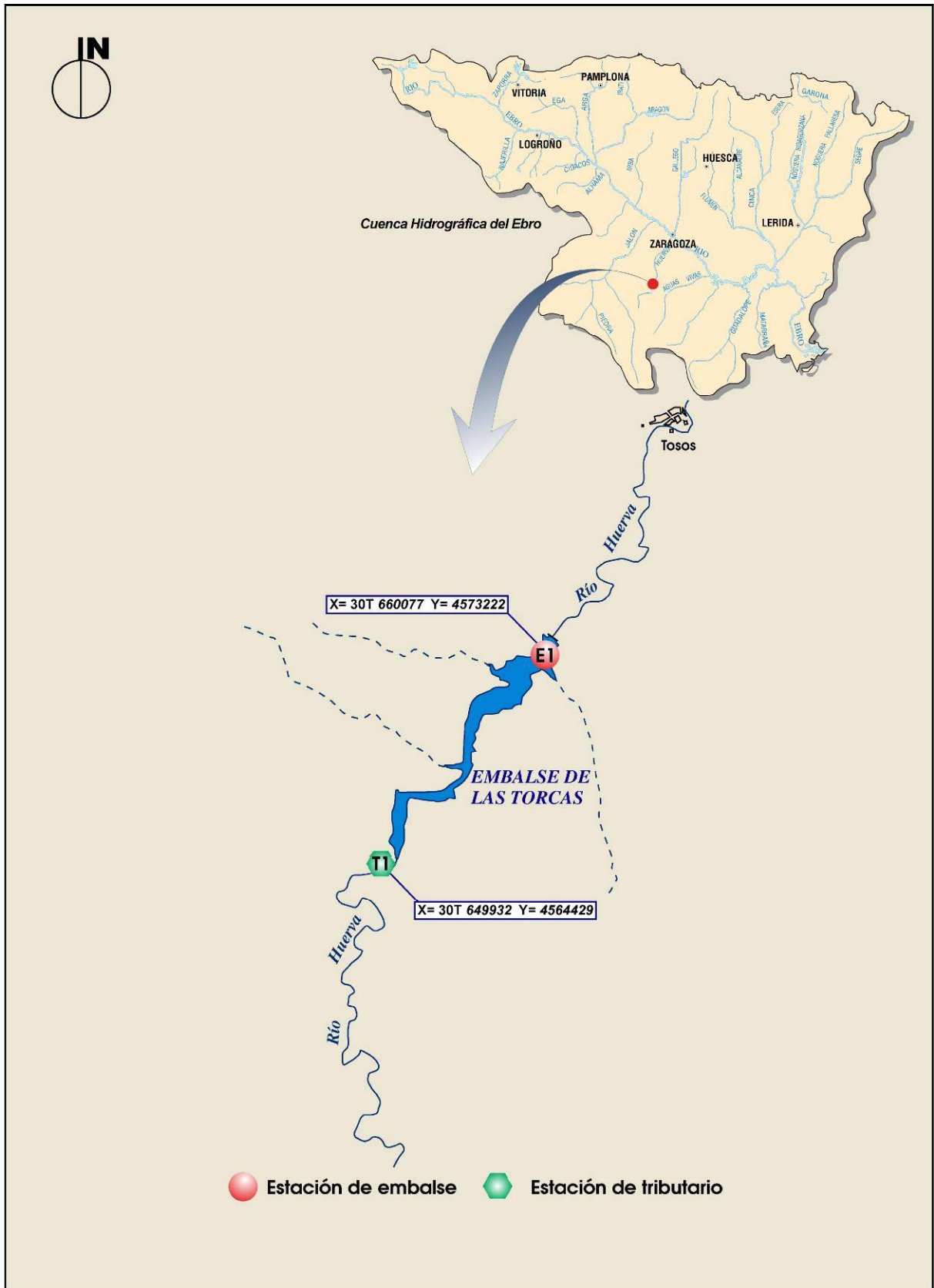


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Las Torcas

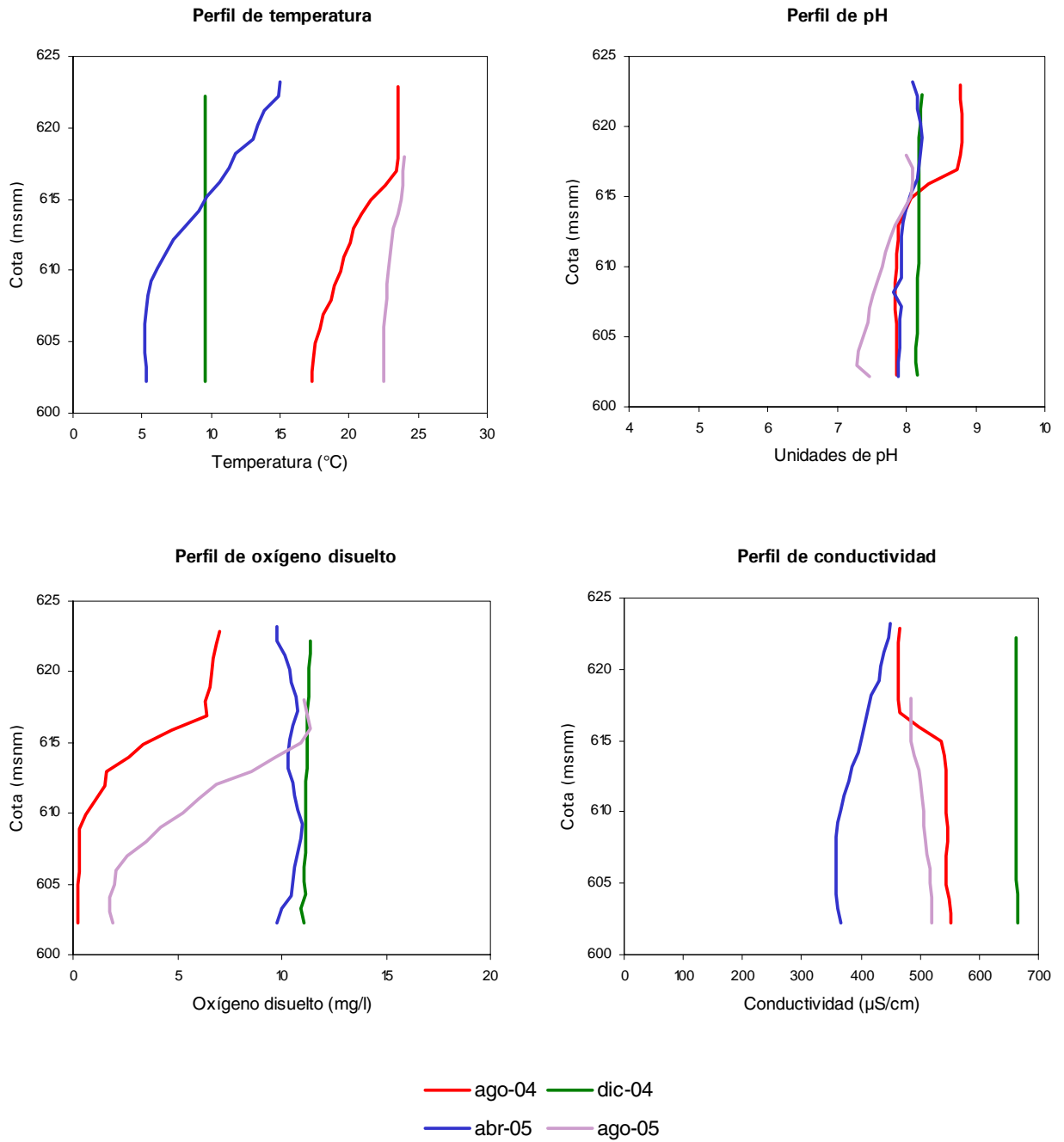
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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 5,16 °C -mínimo- y los 24,05 °C, -máximo registrado en el estío-. En primavera de 2005 se detectó una termoclina a 5 metros de profundidad que, posiblemente debido al manejo hidráulico efectuado en el embalse, desaparece en verano de 2005. Por su parte, en verano de 2004 la termoclina se localizó a 8 metros de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,04 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,8 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,28 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4 metros. El mínimo (1,25 m) se registra en invierno de 2004, mientras que el máximo (2,6 m) se da en primavera.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas en invierno y primavera, donde la columna de agua presenta concentraciones de oxígeno entre 9,8 y 11,4 mg/ O₂. En verano la columna de agua presenta una acusada oxiclina entre los 3 y los 6 metros de profundidad, no obstante, tan sólo en verano de 2004 se detectaron condiciones anóxicas (<1 mg/l O₂), momento en el que el 41% de la columna de agua presentaba éstas condiciones.
- La conductividad de las aguas es moderada-alta, situándose la media anual en 518 µS/cm. Los resultados obtenidos han oscilado entre 357 µS/cm -mínimo primaveral- y 665 µS/cm -máximo invernal-.

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, considerando el fósforo, y altas según el nitrógeno inorgánico total. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

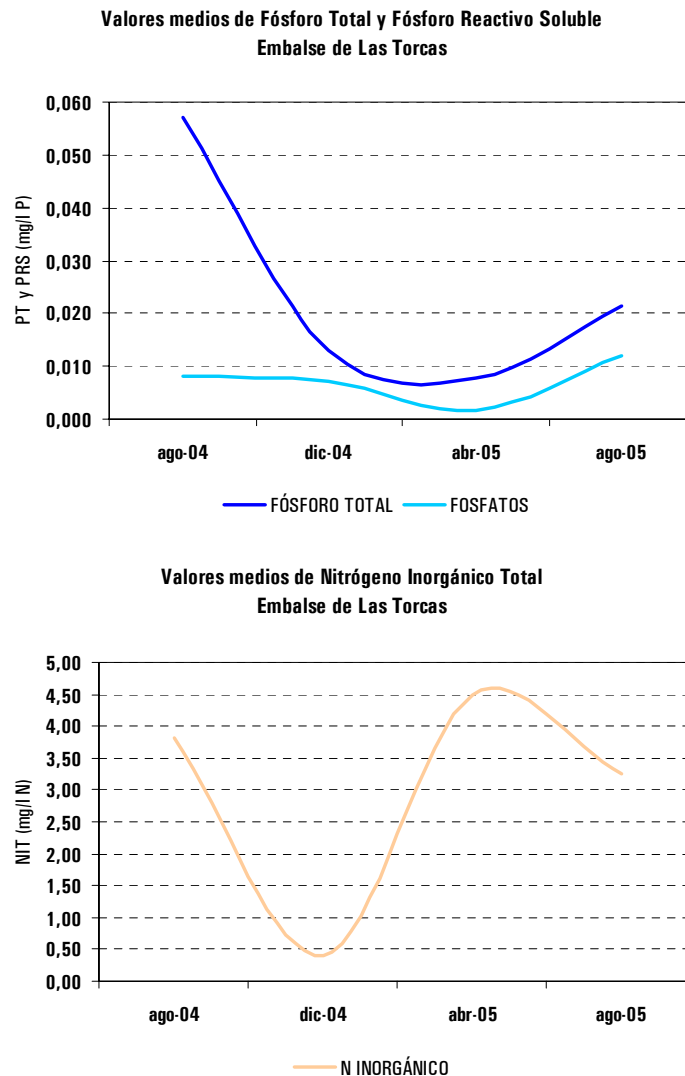
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,025 mg/l P. Se aprecia un incremento de las concentraciones en la época estival, localizándose el máximo en verano de 2004, donde la concentración alcanza un valor de 0,057 mg/l P, mientras que el mínimo -0,008 mg/l P- se localiza en primavera. Cabe citar que el máximo registrado en el embalse coincide con la concentración máxima obtenida para el tributario - 0,05 mg/l P-. Por su parte, los ortofosfatos presentan su máximo -0,012 mg/l P- en verano de 2005 y el mínimo en primavera -0,008 mg/l P-

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) adquiere un valor de 2,99 mg/l N. La máxima concentración de NIT -4,5 mg/l N- se registra en primavera, situándose el mínimo -0,39 mg/l N- en invierno. Dentro de los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitratos que, con una concentración media anual de 2,93 mg/l N, suponen el 98% del nitrógeno inorgánico total (NIT)). Cabe citar que, aunque la proporción de nitritos es muy pequeña ($\text{NO}_2/\text{NIT} = 1\%$), prácticamente todas las muestras analizadas han superado ampliamente el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03$ mg NO_2/l). Las únicas muestras que no superan este umbral se localizan en invierno y corresponden a las muestras obtenidas a media profundidad y fondo.

El tributario, río Huerva, al igual que el embalse, presenta unas concentraciones de nutrientes altas, considerando el nitrógeno, y moderadas, según el fósforo. Los valores medios anuales alcanzan unos valores de 4,75 mg/l N y 0,27 mg/l P (nitrógeno inorgánico total y fósforo total, respectivamente).

- 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 1,5 y 4,0 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio obtenida (60,4 mg Ca/l) es ligeramente inferior a los valores obtenidos en estudios anteriores².

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



² *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.*

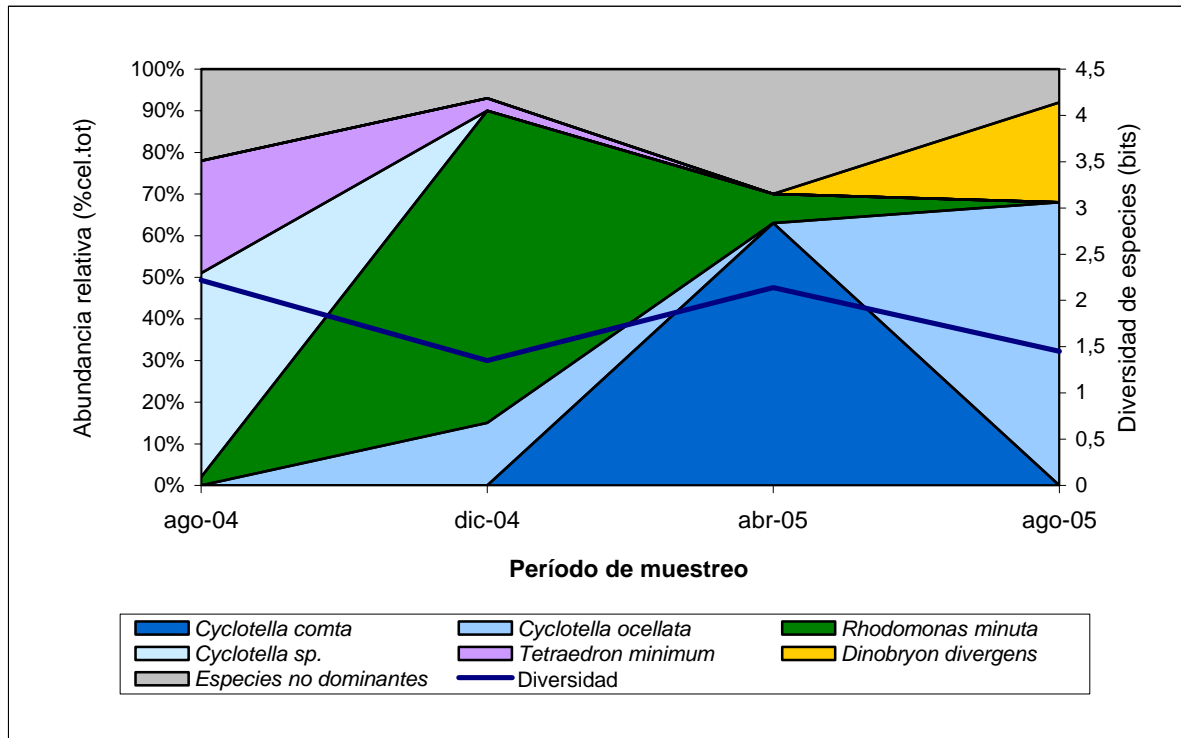
4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

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 67 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 11 diatomeas
- 6 cianobacterias
- 27 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 3 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 5 euglenofíceas
- 5 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 6 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 la siguiente pauta temporal:

Durante el primer verano, la comunidad algal presenta una densidad elevada -6 627 cel/ml- y el grupo dominante son las diatomeas, debido a la abundancia de *Cyclotella sp.* cuya población representa el 50% de la comunidad fitoplanctónica. La principal especie acompañante es la clorofícea *Tetraedron minimum*. En este periodo se registra el valor más alto del índice de diversidad de Shannon-Weaver -2,22 bits-, que indica que en los siguientes periodos va a dominar alguna especie sobre las demás.

En el invierno, la densidad fitoplanctónica decrece hasta presentar el valor más bajo del periodo estudiado -654 cel/ml-. Todos los grupos algales disminuyen en abundancia excepto las criptofíceas que se establecen como grupo dominante gracias a la proliferación de *Rhodomonas minuta*. La fuerte dominancia de esta especie -representa el 75% de la población- determina el mínimo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -1,35 bits-.

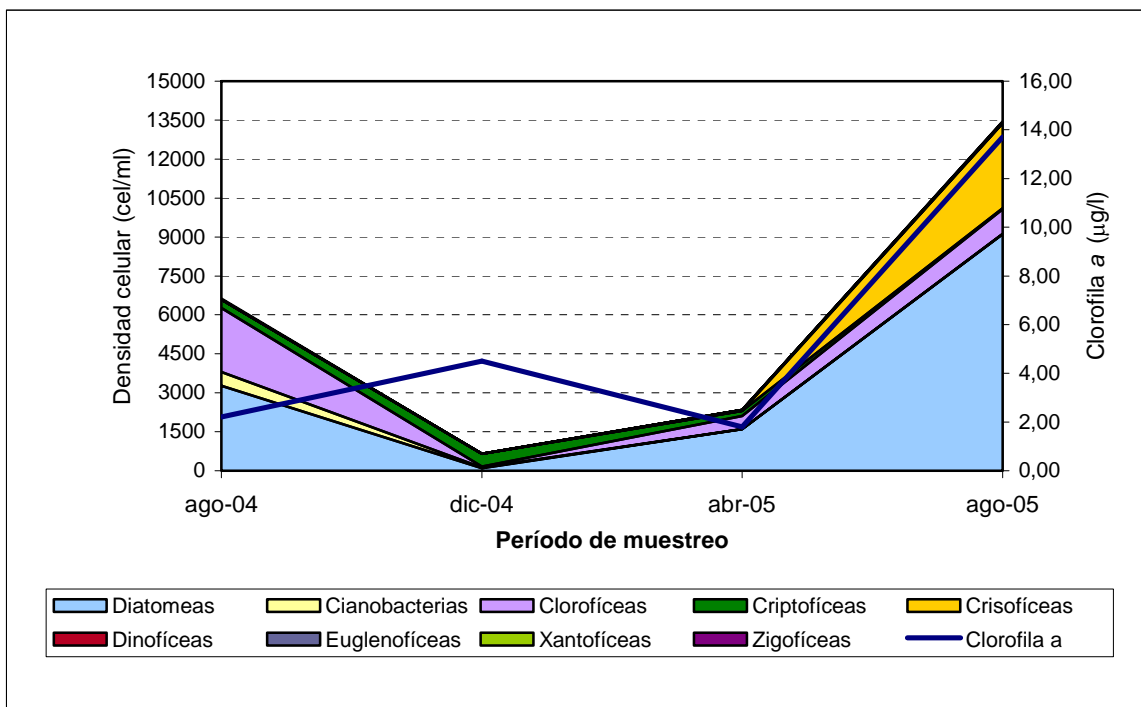
Durante la época primaveral se vuelve a registrar un crecimiento de la población algal hasta contabilizarse 2 344 cel/ml. La composición cambia y se establecen como grupo

dominante las diatomeas céntricas, debido a la mayor abundancia relativa de *Cyclotella ocellata*. Se observa un leve crecimiento de clorofíceas debido a la mejor iluminación y temperatura de la masa de agua, dentro de este grupo destaca *Chlamydomonas* sp.

En agosto de 2005 la población tiene un fuerte crecimiento hasta registrarse el máximo valor de densidad en el periodo de estudio -13 454 cel/ml-. La práctica totalidad de la población se distribuye en dos grupos algales: diatomeas y crisofíceas. La especie dominante es la diatomea *Cyclotella ocellata* y la principal especie acompañante es la crisofícea *Dinobryon divergens*.

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 medida como concentración de clorofila *a* no presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica a excepción del último período de muestreo. En agosto de 2005 se ajusta el máximo poblacional -13 454 cel/ml- y el máximo valor de biomasa algal -13,70 µg/l de clorofila *a*.

4.3.1. Calidad bioindicadora

Los valores de densidad algal media -5 770 cel/ml- y de biomasa media -5,55 µg/l de clorofila *a*- superan el umbral establecido por Margalef entre la eutrofia moderada y avanzada. En cambio, la sucesión de especies a lo largo del año de estudio indica que el embalse de Las Torcas es un medio mesotrófico. Las asociaciones algales identificadas en el embalse se describen a continuación:



Dinobryon divergens

Los estíos de 2004 y 2005 se caracterizan por la dominancia del grupo de las diatomeas – *Cyclotella sp.* en 2004 y *Cyclotella ocellata* en 2005-. Ambas especies pueden crecer en ambientes con distintos grados tróficos, de forma que la información bioindicadora es completada por las especies que las acompañan. En 2004 la especie acompañante es la clorofícea *Tetraedron minimum*, frecuente

en medios bien iluminados y con alta carga de nutrientes. En 2005, la principal especie acompañante es la crisofícea *Dinobryon divergens*, favorecida por medios mesotróficos bien iluminados. En el periodo invernal y primaveral se registran valores de densidad algal moderados y las especies más representativas son características de medios mesotróficos: *Rhodomonas minuta* en invierno y *Cyclotella comta* en primavera.

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 Las Torcas, como **mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE, tanto el parámetro causal básico (PT) como el de respuesta (clorofila *a*) sitúan al embalse en rangos de mesotrofia. El máximo rango, eutrofia, se obtiene con la transparencia.

Por su parte, 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	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	25	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	5.771	MESOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	13,7	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	5,6	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	25	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,0	MESO-EUTRÓF.
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	5.771	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	5,6	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	25	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	2.935	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,0	E. AVANZADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	5,6	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	13,7	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	25	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,0	EUTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,3	EUTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	50	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/Cl_a^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	47	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	49	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 de Las Torcas es **BUENO**.

EMBALSE DE LAS TORCAS			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	5,770	4	3,0	3,0	0,90
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	5,6	3			
		Cianofíceas pot. tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	4	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	2,0	2	3,0	3,0	0,90
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	7,6	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	24,8	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			1	2	3	4	5					

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: LAS TORCAS (TO) **CAMPAÑA:** 1
COT. MAX: 624,1 **NIVEL:** 622,91

Estación: E1 Profundidad: 21
 Fecha: 20/08/2004 Hora: 20:00
 Disco Secchi (m): 2,5 Capa fótica (m): 4,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	623	23,52	8,79	7,04	82,7	465	144	302
1	622	23,57	8,79	6,84	80,9	464	147	302
2	621	23,57	8,80	6,70	78,7	464	155	302
3	620	23,57	8,80	6,65	78,7	464	161	302
4	619	23,56	8,80	6,55	77,2	464	165	302
5	618	23,54	8,79	6,36	75,3	464	169	302
6	617	23,39	8,74	6,41	74,6	465	170	302
7	616	22,59	8,32	4,70	55,8	499	157	324
8	615	21,52	8,06	3,39	37,6	535	149	348
9	614	20,94	7,97	2,70	30,8	540	148	351
10	613	20,35	7,89	1,60	17,2	544	146	354
11	612	20,02	7,89	1,50	16,7	545	148	354
12	611	19,63	7,87	1,05	11,3	545	149	354
13	610	19,34	7,86	0,59	7,2	545	150	354
14	609	18,95	7,84	0,34	3,7	546	150	355
15	608	18,72	7,84	0,30	3,0	546	150	355
16	607	18,10	7,85	0,28	3,0	545	147	354
17	606	17,88	7,86	0,27	2,7	543	143	353
18	605	17,50	7,86	0,25	2,7	545	136	354
19	604	17,42	7,87	0,25	2,6	550	106	358
20	603	17,27	7,87	0,26	2,9	551	81	358
20,7	602	17,27	7,87	0,23	2,4	553	10	359

TRIBUTARIO: Huerva **CAMPAÑA:** 1

Estación: TOT1 Cod. Est.: TO1T1
 Fecha: 20/08/2004 Hora: 21:36

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	16,13	8,72	5,87	58,60	607	186	395

EMBALSE: LAS TORCAS (TO) **CAMPAÑA:** 2
COT. MAX: 624,1 **NIVEL:** 622,23

Estación: E1 Profundidad: 20
 Fecha: 01/12/2004 Hora: 10:10
 Disco Secchi (m): 1,25 Capa fótica (m): 2,1

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	622	9,60	8,23	11,37	104,3	662	160	430
1	621	9,62	8,20	11,39	100,4	662	158	430
2	620	9,62	8,20	11,31	99,5	662	158	430
3	619	9,62	8,19	11,28	99,2	662	157	430
4	618	9,62	8,19	11,28	99,0	662	158	430
5	617	9,62	8,19	11,25	99,0	662	158	430
6	616	9,62	8,18	11,23	98,7	662	157	430
7	615	9,62	8,18	11,23	98,8	662	158	430
8	614	9,62	8,18	11,21	98,7	662	158	430
9	613	9,62	8,18	11,20	98,5	662	158	430
10	612	9,62	8,18	11,18	98,4	662	159	430
11	611	9,62	8,18	11,16	98,2	662	160	430
12	610	9,62	8,18	11,16	98,2	662	160	430
13	609	9,62	8,17	11,16	98,1	662	159	430
14	608	9,62	8,17	11,13	97,9	662	160	430
15	607	9,63	8,17	11,11	97,8	663	160	431
16	606	9,63	8,16	11,08	97,4	663	160	431
17	605	9,63	8,16	11,05	97,3	663	160	431
18	604	9,63	8,14	11,11	96,8	664	159	432
19	603	9,62	8,13	10,91	95,9	665	159	432
20	602	9,55	8,15	11,10	97,4	665	119	432

TRIBUTARIO: Huerva **CAMPAÑA:** 2

Estación: TOT1 Cod. Est.: TO2T1
 Fecha: 01/12/2004 Hora: 8:40

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	6,61	8,16	12,02	98,40	790	155	514

EMBALSE: LAS TORCAS (TO) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 624,1 **NIVEL:** 623,21

Estación: E1 Profundidad: 21
 Fecha: 27/04/2005 Hora: 19:00
 Disco Secchi (m): 2,6 Capa fótica (m): 4,4

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	623	14,98	8,10	9,77	96,7	450	199	293
1	622	14,86	8,17	9,79	97,0	448	193	291
2	621	13,83	8,17	10,18	98,4	438	179	285
3	620	13,36	8,20	10,40	99,7	433	181	281
4	619	13,06	8,22	10,49	99,8	431	167	280
5	618	11,81	8,20	10,71	99,1	418	158	272
6	617	11,30	8,19	10,74	98,3	412	151	268
7	616	10,58	8,15	10,51	94,8	407	143	265
8	615	9,73	8,06	10,37	91,7	400	123	260
9	614	9,07	7,99	10,28	89,5	395	101	257
10	613	8,15	7,95	10,34	87,8	386	90	251
11	612	7,31	7,94	10,51	87,4	379	84	246
12	611	6,64	7,93	10,61	86,8	372	79	242
13	610	6,11	7,92	10,79	87,0	365	76	237
14	609	5,67	7,92	10,98	87,6	361	73	235
15	608	5,48	7,82	10,94	86,8	359	65	233
16	607	5,34	7,92	10,79	85,4	359	68	233
17	606	5,21	7,91	10,62	83,8	357	61	232
18	605	5,17	7,91	10,55	83,1	357	54	232
19	604	5,16	7,91	10,46	82,7	358	56	233
20	603	5,29	7,89	9,99	79,0	361	55	235
21	602	5,26	7,89	9,78	77,3	366	53	238

TRIBUTARIO: Huerva **CAMPAÑA:** 3

Estación: TOT1 Cod. Est.: TO3T1
 Fecha: 28/04/2005 Hora: 9:00

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	17,25	7,82	7,94	82,70	480	189	312

EMBALSE: LAS TORCAS (TO) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 624,1 **NIVEL:** 618,00

Estación: E1 Profundidad: 15,8
 Fecha: 11/08/2005 Hora: 13:20
 Disco Secchi (m): 1,7 Capa fótica (m): 2,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	618	24,05	7,99	11,05	131,6	484	101	315
1	617	23,92	8,10	11,22	133,8	485	120	315
2	616	23,84	8,10	11,36	134,8	485	123	315
3	615	23,81	8,06	10,92	129,4	485	124	315
4	614	23,56	7,95	9,72	114,7	491	121	319
5	613	23,21	7,85	8,56	100,3	497	118	323
6	612	23,05	7,78	6,88	80,4	501	117	326
7	611	22,94	7,71	6,01	70,0	503	114	327
8	610	22,85	7,66	5,27	61,3	505	113	328
9	609	22,76	7,58	4,19	48,7	507	109	330
10	608	22,69	7,51	3,53	41,0	510	106	332
11	607	22,66	7,48	2,59	30,1	512	105	333
12	606	22,55	7,44	2,04	23,6	517	104	336
13	605	22,54	7,37	1,97	22,8	517	100	336
14	604	22,49	7,31	1,79	20,7	519	97	337
15	603	22,49	7,28	1,78	19,4	519	95	337
16	602	22,48	7,46	1,92	22,2	519	105	337

TRIBUTARIO: Huerva **CAMPAÑA:** 4

Estación: TOT1 Cod. Est.: TO4T1
 Fecha: 11/08/2005 Hora: 14:00

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	19,10	8,85	10,98	117,80	620	165	403

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO: TO1			
CAMPAÑA:	1	FECHA: 20/08/2004			
COTA MÁXIMA:	624	NIVEL: 623			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	8	20	
COTA	msnm	622	615	603	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,5	6,3	3,2	3,3
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	122,4	126,0	126,1	214,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	2,3	2,3	2,1	0,6
DQO	mg O ₂ /l	4,0	4,0	4,0	11,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,074	0,072	0,025	0,050
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,026	0,025	0,024	0,087
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,008	0,008	0,028
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,74	0,67	0,74	0,59
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,04	0,05	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,04	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,71	0,64	0,70	0,55
NITRATOS	mg NO ₃ /l	16,49	16,72	16,79	42,10
NITRATOS	mg N/l	3,72	3,78	3,79	9,51
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,105	0,106	0,116	0,042
NITRITOS	mg N/l	0,032	0,032	0,035	0,013
N INORGÁNICO	mg N/l	3,78	3,84	3,87	9,56
CALCIO	mg Ca/l	59,4	60,6	61,2	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	16,0	16,2	16,5	
SODIO	mg Na/l	17,9	19,9	20,8	
POTASIO	mg K/l	2,4	2,4	2,5	
CLORUROS	mg Cl/l	21,5	21,0	21,5	
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l	79,7	64,6	72,2	
SULFUROS	mg S ²⁻ /l			0,000	
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	1,72	0,04	1,04	
CLOROFILA a	µg/l	2,2			

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO: TO2			
CAMPAÑA:	2	FECHA: 01/12/2004			
COTA MÁXIMA:	624	NIVEL: 622			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	10	19	
COTA	msnm	621	612	603	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	4,2			9,9
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	86,9			79,2
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8			0,9
DQO	mg O ₂ /l	4,0			8,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,013	0,015	0,024
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,025	0,020	0,020	0,022
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,007	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,28	0,60	0,54	0,30
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,01	0,02	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,59	0,52	0,26
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,69	1,51	1,74	0,83
NITRATOS	mg N/l	0,38	0,34	0,39	0,19
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,059	0,019	0,026	0,020
NITRITOS	mg N/l	0,018	0,006	0,008	0,006
N INORGÁNICO	mg N/l	0,41	0,36	0,41	0,24
CLOROFILA a	µg/l	4,5			

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO: TO3			
CAMPAÑA:	3	FECHA: 27/04/2005			
COTA MÁXIMA:	624	NIVEL: 623			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	10	20	
COTA	msnm	622	613	603	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,0			11,2
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	244,8			238,9
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,1			1,2
DQO	mg O ₂ /l	4,0			11,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,006	0,003	0,024
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,009	0,004	0,003	0,010
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,001	0,001	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,45	0,37	0,34
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,03	0,02	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,02	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,38	0,43	0,35	0,31
NITRATOS	mg NO ₃ /l	19,93	19,74	19,28	31,90
NITRATOS	mg N/l	4,50	4,46	4,35	7,20
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,114	0,106	0,087	0,078
NITRITOS	mg N/l	0,035	0,032	0,026	0,024
N INORGÁNICO	mg N/l	4,55	4,51	4,40	7,26
CLOROFILA a	µg/l	1,8			

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO: TO4			
CAMPAÑA:	4	FECHA: 11/08/2005			
COTA MÁXIMA:	624	NIVEL: 628			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	8	16	
COTA	msnm	627	620	612	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,9			13,2
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,7			2,0
DQO	mg O ₂ /l	4,0			8,1
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,013	0,032	0,011
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,039	0,030	0,041	0,031
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,010	0,013	0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,03	0,12	0,16	0,45
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,04	0,02	0,11	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,01	0,08	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,00	0,11	0,08	0,42
NITRATOS	mg NO ₃ /l	14,19	14,39	13,49	8,35
NITRATOS	mg N/l	3,21	3,25	3,05	1,89
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,131	0,128	0,185	0,023
NITRITOS	mg N/l	0,040	0,039	0,056	0,007
N INORGÁNICO	mg N/l	3,28	3,30	3,18	1,92
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000	
CLOROFILA a	µg/l	13,7			

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO:	TO1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	20/08/2004
COTAMAX:	624	D. SECCHI:	2,5
NIVEL:	623	C.FÓTICA:	4,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	622	
CLOROFILA a	µg/l	2,20	
Población total	n° cel/ml	6.627	
Diversidad (H)	Bits	2,22	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	3.272	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	530	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	2.463	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	325	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	7	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	29	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	3.271	
<i>Nitzschia dissipata</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cianobacteria	523	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	3	
<i>Merismopedia punctata</i>	Cianobacteria	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	3	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Cloroficea	41	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	258	
<i>Coelastrum microporum</i>	Cloroficea	45	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Cloroficea	2	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	206	
<i>Pediastrum boryanum</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	2	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Cloroficea	34	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	15	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Cloroficea	49	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	1.810	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	101	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptoficea	22	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptoficea	45	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	157	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinoficea	1	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenoficea	7	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigoficea	12	
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	Zigoficea	15	
<i>Staurastrum sp.1</i>	Zigoficea	2	

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO:	T02
CAMPAÑA:	2	FECHA:	01/12/2004
COTAMAX:	624	D. SECCHI:	1,3
NIVEL:	622	C.FÓTICA:	2,1
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	621	
CLOROFILA a	µg/l	4,50	
Población total	n° cel/ml	654	
Diversidad (H)	Bits	1,35	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	103	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	16	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	43	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	491	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	1	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	101	
<i>Gomphonema sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	9	
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	7	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Cloroficea	8	
<i>Chodatella ciliata</i>	Cloroficea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	8	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Cloroficea	5	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	20	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	489	
<i>Closterium acutum</i>	Zigoficea	1	

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO:	TO3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	27/04/2005
COTAMAX:	624	D. SECCHI:	2,6
NIVEL:	623	C.FÓTICA:	4,4
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	622	
CLOROFILA a	µg/l	1,80	
Población total	n° cel/ml	2.344	
Diversidad (H)	Bits	2,14	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	1.602	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	507	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	187	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	43	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	3	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	1.477	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	107	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	16	
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	1	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlamydeila sp.</i>	Clorofícea	266	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	31	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	37	
<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i>	Clorofícea	50	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Clorofícea	10	
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Clorofícea	21	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Selenastrum sp.</i>	Clorofícea	57	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Clorofícea	20	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Clorofícea	10	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	18	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	167	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	1	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	42	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigofícea	1	
<i>Staurastrum sp.1</i>	Zigofícea	1	
<i>Zygnema sp.</i>	Zigofícea	1	

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO:	T04
CAMPAÑA:	4	FECHA:	11/08/2005
COTAMAX:	624	D. SECCHI:	1,7
NIVEL:	618	C.FÓTICA:	2,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	617	
CLOROFILA a	µg/l	13,70	
Población total	n° cel/ml	13.454	
Diversidad (H)	Bits	1,45	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	9.110	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	4	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	954	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	37	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	3.273	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	10	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	37	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	29	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Amphora ovalis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillarioficea	4	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	9.093	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	9	
<i>Nitzschia amphibia</i>	Bacillarioficea	2	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	3	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Botryococcus braunii</i>	Cloroficea	3	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Cloroficea	83	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Cloroficea	12	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	219	
<i>Chodatella subsalsa</i>	Cloroficea	10	
<i>Didymocystis planctonica</i>	Cloroficea	340	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	73	
<i>Pediastrum boryanum</i>	Cloroficea	27	
<i>Pediastrum clathratum</i>	Cloroficea	28	
<i>Scenedesmus acutus</i>	Cloroficea	21	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Cloroficea	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus tenuispina</i>	Cloroficea	63	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Cloroficea	2	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	66	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Cloroficea	3	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	6	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptoficea	1	
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>	Criptoficea	18	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	12	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisoficea	3.273	

Continuación 4ª Campaña

EMBALSE:	LAS TORCAS	CÓDIGO:	TO4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	11/08/2005
COTAMAX:	624	D. SECCHI:	1,7
NIVEL:	618	C.FÓTICA:	2,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
ESPECIES	TAXÓN	nº cel/ml	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	3	
<i>Diplopsalis sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	6	
<i>Euglena oxyuris</i>	Euglenofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	6	
<i>Phacus sp.</i>	Euglenofícea	3	
<i>Strombomonas sp.</i>	Euglenofícea	6	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenofícea	21	
<i>Closterium acutum</i>	Zigofícea	3	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigofícea	24	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	2	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (20/08/2004)



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Primavera de 2005 (27/04/2005)



Panorámica del embalse de Las Torcas. Invierno de 2004 (01/12/2004)



Río Huerva, tributario principal del embalse de Las Torcas. Verano de 2005 (11/08/2005)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: LAS TORCAS

CÓDIGO: TO

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Zaragoza
Municipio: Tosos



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

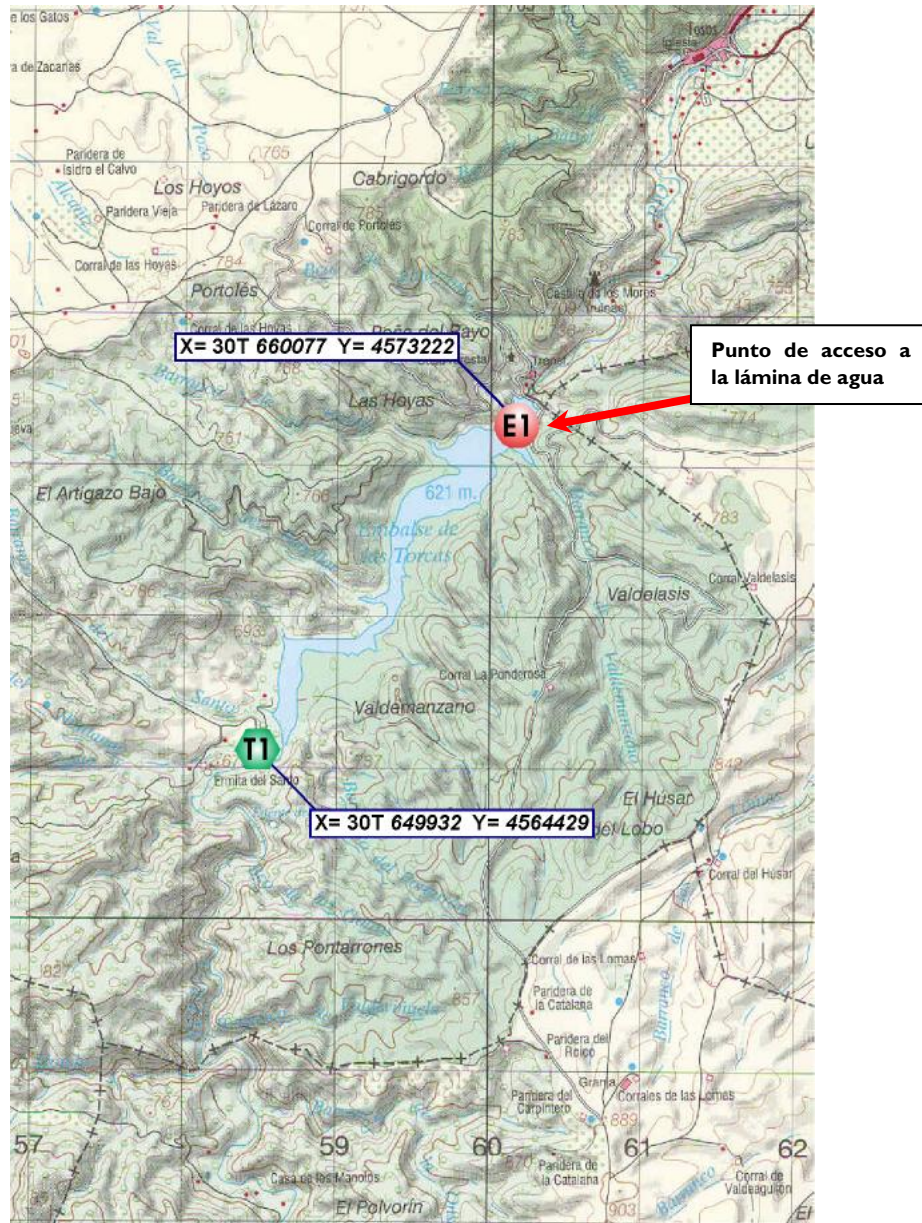
Tributario principal: Huerva	Otros tributarios:
Año de terminación: 1946	Propietario: Estado
Cuenca a la que pertenece: Huerva	Altitud (msnm): 624,1
Capacidad total (hm³): 7	Capacidad útil (hm³): -
Longitud máxima (km): 5,2	Perímetro (km): 13
Profundidad máxima (m): 31,7	Profundidad media (m): 9,1
Usos principales: Riego, Abastecimiento	Otros usos:



Panorámica del embalse (27/04/2005)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Planols 1:50.000: 439



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

GRADO TRÓFICO		POTENCIAL ECOLÓGICO	
LAS TORCAS		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: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 20/08/2004
Tª superficie (°C): 23,52	pH superficie (ud): 8,79	Conductividad superficie (µS/cm): 465
Tª fondo (°C): 17,27	pH fondo (ud): 7,87	Conductividad fondo (µS/cm): 553
Tª TI (°C): 16,13	pH TI (ud): 8,72	Conductividad TI (µS/cm): 607
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,5	4,3
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 8
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 9
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 01/12/2004
Tª superficie (°C): 9,60	pH superficie (ud): 8,23	Conductividad superficie (µS/cm): 662
Tª fondo (°C): 9,55	pH fondo (ud): 8,15	Conductividad fondo (µS/cm): 665
Tª TI (°C): 6,61	pH TI (ud): 8,16	Conductividad TI (µS/cm): 790
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,25	2,1
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 27/04/2005
Tª superficie (°C): 14,98	pH superficie (ud): 8,10	Conductividad superficie (µS/cm): 450
Tª fondo (°C): 5,26	pH fondo (ud): 7,89	Conductividad fondo (µS/cm): 366
Tª TI (°C): 17,25	pH TI (ud): 7,82	Conductividad TI (µS/cm): 480
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,6	4,4
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 11/08/2005
Tª superficie (°C): 24,05	pH superficie (ud): 7,99	Conductividad superficie (µS/cm): 484
Tª fondo (°C): 22,48	pH fondo (ud): 7,46	Conductividad fondo (µS/cm): 519
Tª TI (°C): 19,10	pH TI (ud): 8,85	Conductividad TI (µS/cm): 620
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,7	2,9
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 20/08/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	TOEIS	TOEIT	TOEIF	TOTI
PROFUNDIDAD	m	1	8	20	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,074	0,072	0,025	0,050
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,008	0,008	0,028
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,74	0,67	0,74	0,59
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,04	0,04
NITRATOS	mg N/l	3,72	3,78	3,79	9,51
NITRITOS	mg N/l	0,032	0,032	0,035	0,013
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	2,2			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	6.628			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 3.272	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 3.271	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 01/12/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	TOEIS	TOEIM	TOEIF	TOTI
PROFUNDIDAD	m	1	10	19	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,013	0,015	0,024
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,007	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,28	0,60	0,54	0,30
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,38	0,34	0,39	0,19
NITRITOS	mg N/l	0,018	0,006	0,008	0,006
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	4,5			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	654			
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea			Nº células/ml: 491	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>			Nº células/ml: 489	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 27/04/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	TOEIS	TOEIM	TOEIF	TOTI
PROFUNDIDAD	m	1	10	20	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,006	0,003	0,024
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,001	0,001	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,45	0,37	0,34
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,02	0,04
NITRATOS	mg N/l	4,50	4,46	4,35	7,20
NITRITOS	mg N/l	0,035	0,032	0,026	0,024
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,8			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	2.344			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 1.601	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>			Nº células/ml: 1.477	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 11/08/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	TOEIS	TOEIM	TOEIF	TOTI
PROFUNDIDAD	m	1	8	16	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,013	0,032	0,011
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,010	0,013	0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,03	0,12	0,16	0,45
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,01	0,08	0,03
NITRATOS	mg N/l	3,21	3,25	3,05	1,89
NITRITOS	mg N/l	0,040	0,039	0,056	0,007
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	13,7			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	13.454			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 9.110	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml: 9.093	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LAS TORCAS 2004-2005

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

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

Tipos 1, 2 y 3

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

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

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

Tipos 6 y 12

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

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

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

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

Tipo 13

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

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

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

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

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

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

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

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

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<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 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 DE LAS TORCAS

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

Tabla A19. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ($\mu\text{g P /L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
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 de Las Torcas 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	14,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,50	Mesotrófico
COLOROFILEA a	2,20	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	6627	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 mesotrófico; la concentración de clorofila a como oligotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Las Torcas 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 de Las Torcas 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	19,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,70	Mesotrófico
COLOROFLA <i>a</i>	13,70	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	13.454	Eutrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,50	EUTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LAS TORCAS

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 de Las Torcas 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	2,20	1,18	1,13	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,50	Moderado			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,59	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	14,00	Moderado			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3			MODERADO
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Las Torcas 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 de Las Torcas 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	13,70	0,19	0,26	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO				4			DEFICIENTE
Indicador	Elementos	Indicador	Valor				PE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,70				Moderado
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	5,93				Moderado
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	19,00				Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3			MODERADO
POTENCIAL ECOLÓGICO				DEFICIENTE			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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