



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 CIURANA

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 Ciurana 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

La cuenca vertiente del embalse de Ciurana se ubica en la zona de transferencia entre los Pirineos y el Sistema Mediterráneo. "La zona de transferencia" presenta fallas alpinas reactivadas y nuevas de la edad pliocena-cuaternaria de dirección NW-SE que afectan la terminación oriental de la Cuenca del Ebro. En esta región se sitúa la zona volcánica neógena-cuaternaria, la cuenca neógena de l'Empordà y la fosa plio-cuaternaria de la Selva.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1.972, se sitúa en el término municipal de Cornudella, en la provincia de Tarragona. Regula, principalmente, las aguas de Ciurana, aunque también las de otros ríos y arroyos de menor entidad.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones y se caracteriza por presentar una morfología en forma de "V", formada entre el río Ciurana y, por la margen derecha, por los barrancos de la Argentera y Malló.

La cuenca vertiente al embalse de Ciurana tiene una superficie total de 5 990,76 ha. El embalse tiene una extensión de 85 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 12 hm³. Tiene una profundidad media de 14,1 m, mientras que la profundidad máxima, medida en campo, alcanza los 36 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)	5 990,76
Superficie de la cuenca parcial (ha)	5 990,76
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	85
Longitud máxima del embalse (km)	2
Capacidad total (hm ³)	12
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	36
Profundidad media (m)	14,1
Perímetro en máximo nivel (km)	7
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	460
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada termoclina, cuyo inicio se localiza entre los 10 y 14 metros de profundidad, por su parte, la capa fótica oscila entre 9 y 11 metros de espesor.

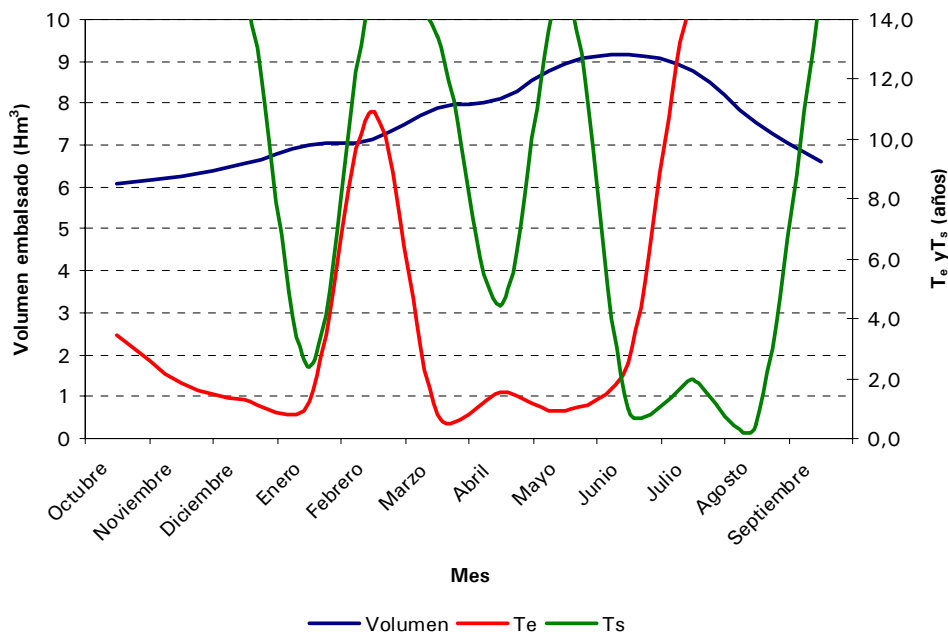
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al año hidrológico 2001-2005.

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	6,06	0,00	0,15	∞	3,43
Noviembre	6,25	0,00	0,28	∞	1,87
Diciembre	6,55	0,00	0,43	∞	1,31
Enero	7,00	0,25	0,48	2,38	1,25
Febrero	7,13	0,00	0,05	∞	10,93
Marzo	7,90	0,05	0,85	13,42	0,79
Abril	8,13	0,15	0,43	4,45	1,57
Mayo	8,94	0,00	0,83	∞	0,92
Junio	9,18	0,78	0,30	0,97	2,51
Julio	8,76	0,38	0,00	1,98	∞
Agosto	7,51	1,23	0,00	0,52	∞
Septiembre	6,60	0,00	0,00	∞	∞
Total anual	7,50	2,83	3,78	2,65	1,99

El tiempo de residencia anual del agua es alto, en torno a 2-2,5 años. En los meses de septiembre a diciembre, junto con febrero y mayo, no se realizan sueltas, por lo que el tiempo de residencia tiende al infinito, al igual que ocurre si se consideran las entradas en los meses de verano (julio, agosto y septiembre). El tiempo de residencia mínimo, según las salidas, se sitúa en el mes de agosto (6,25 meses), mientras que, según las entradas, se localiza en marzo (11 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 abastecimiento y al riego. A su vez, en el embalse se realizan actividades recreativas (pesca y navegación principalmente).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Ciurana 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 de uso recreativo*: En el embalse se encuentra censada la zona de baño denominada "Cornudella de Montsant. Embalse de Siurana. Club náutico".
- *Zonas de protección de habitats o especies*: El embalse de Ciurana forma parte del LIC ES5140008 "Prades-El Montsant". Espacio natural de primer orden en que coexisten comunidades mediterráneas y centroeuropeas.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

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

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

Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo

1ª Campaña	17/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	13/12/2004	Mezcla
3ª Campaña	21/04/2005	Estratificación
4ª Campaña	17/08/2005	Estratificación

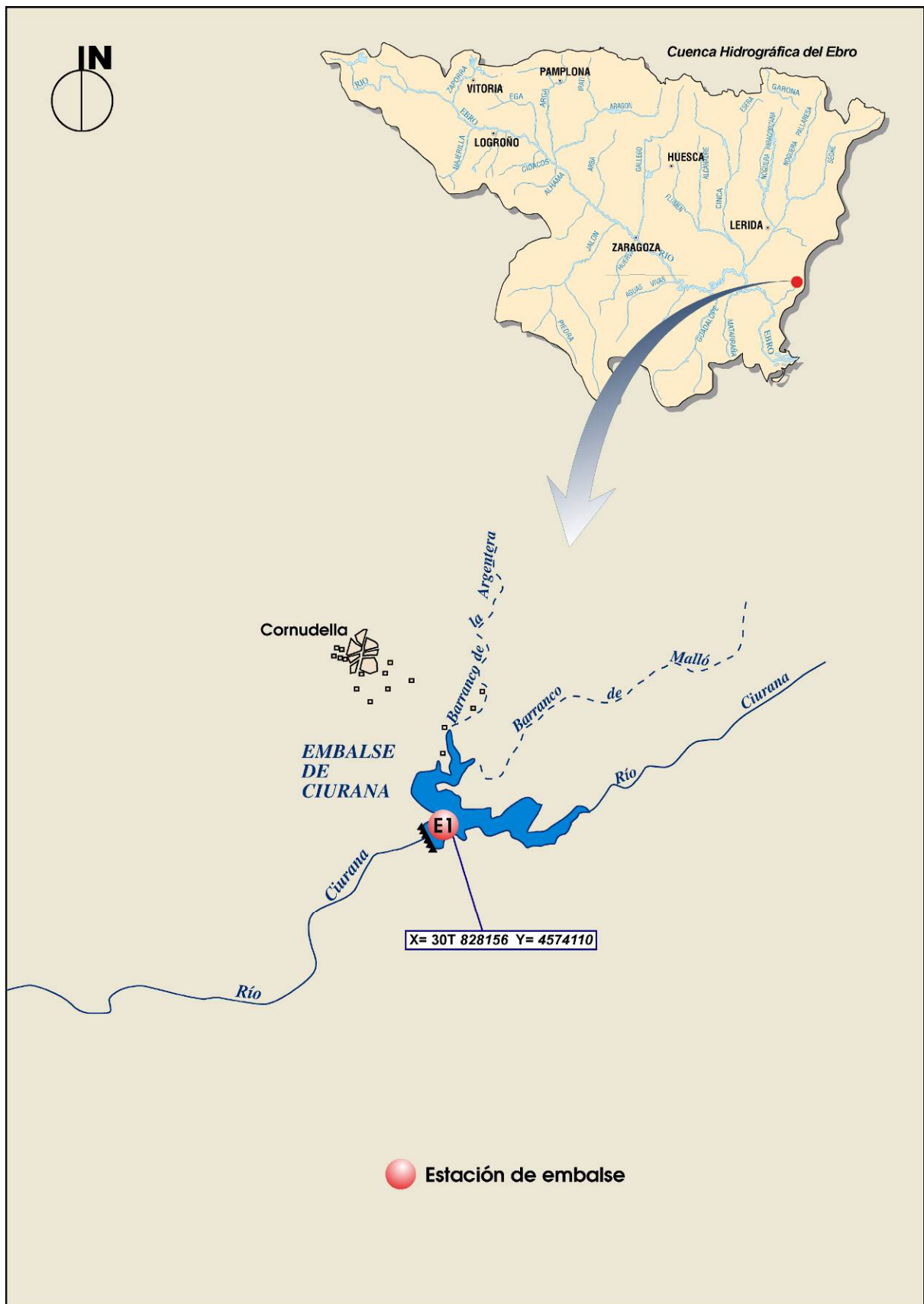


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Ciurana

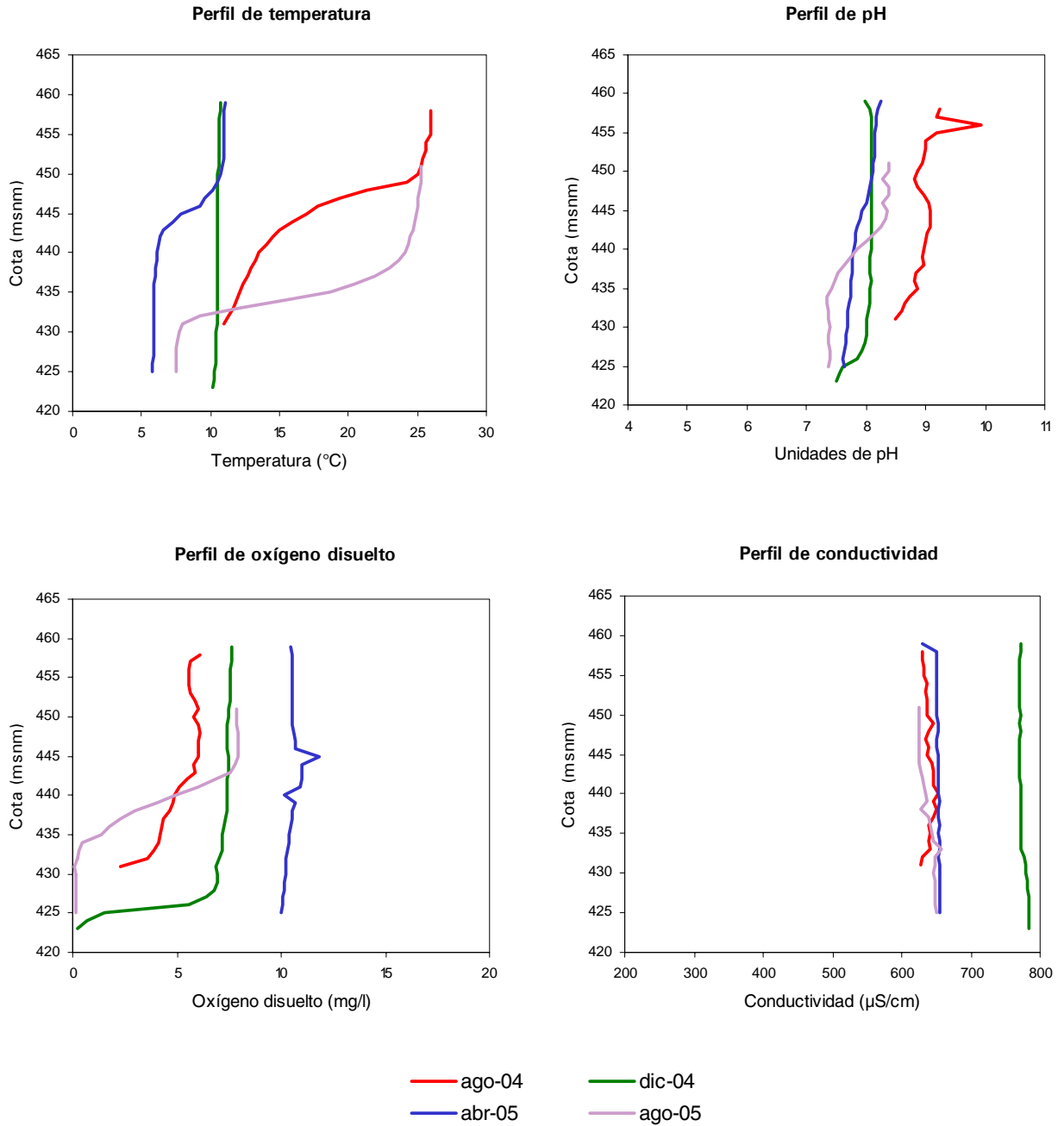
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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 5,8 °C -mínimo- y los 25,9 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada estratificación, localizándose el inicio de la termoclina entre los 10 y 14 metros de profundidad. En primavera el embalse ya presenta estratificación, situándose el gradiente térmico a 14 m.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,15 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,9 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,34 ud.
- La transparencia del agua es alta, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 6,5 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 12 metros. El mínimo (5,2 m) se registra en verano de 2004, mientras que el máximo (7,2 m) se registra en invierno.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en invierno y primavera son aceptables, no obstante, en invierno se detectaron condiciones anóxicas (<1mg/l O₂) en los dos últimos metros de profundidad. Por su parte, en las campañas realizadas en el estío, el hipolimnion ha manifestado distintas pautas, mientras que en verano de 2004 la reserva hipolimnética se situaba en un valor, más que aceptable, de 4,42 mg/l O₂, en verano de 2005 la reserva hipolimnética es muy deficitaria -0,19 mg/l O₂-.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 682 μS/cm. Los resultados obtenidos oscilan entre 625 μS/cm -mínimo estival- y 784 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:

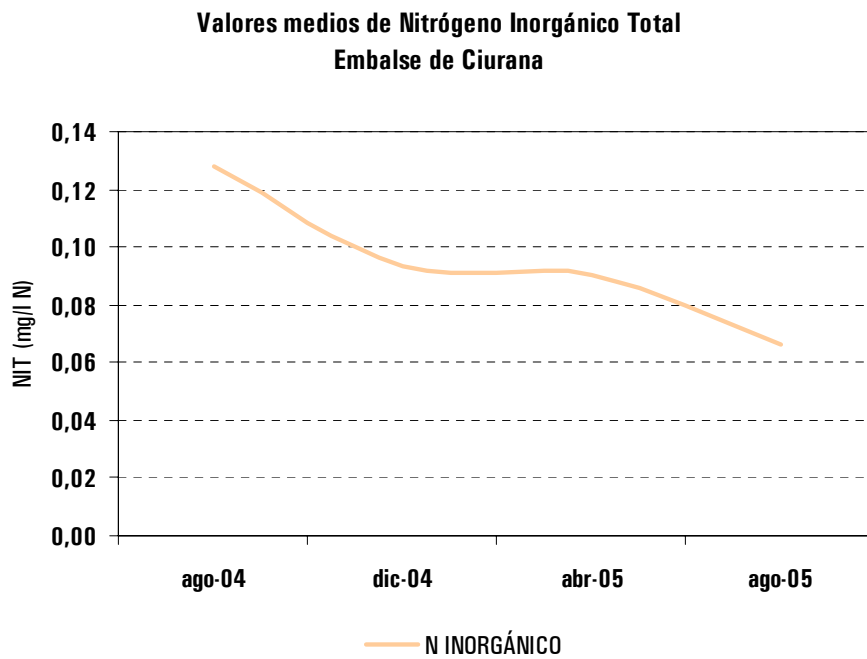
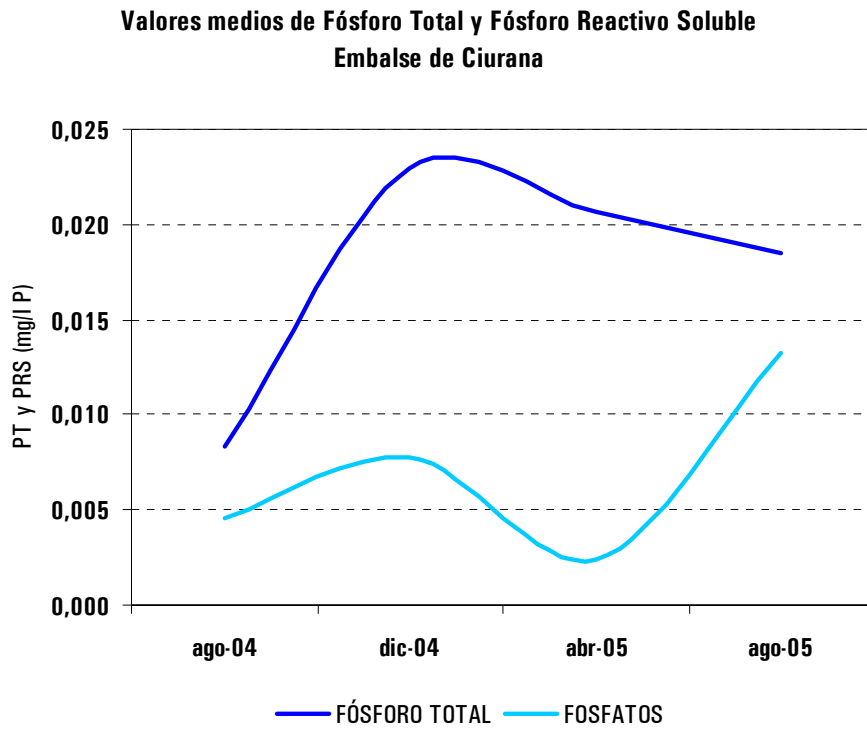
- Las concentraciones de nutrientes son moderadas-bajas. Los resultados medios para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, se han situado en 0,018 mg/l P y 0,009 mg/l N, para el fósforo y nitrógeno inorgánico total, respectivamente.

El máximo de fósforo total se da en invierno, donde la concentración alcanza un valor de 0,023 mg/l P, mientras que el mínimo -0,008 mg/l P- se localiza en agosto de 2004. Los ortofosfatos, por su parte han oscilado entre 0,002 mg/l P -mínimo primaveral- y 0,013 mg/l P -máximo localizado en agosto de 2005-.

Entre las distintas formas que componen el nitrógeno inorgánico total (NIT) la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 66,1\%$), siendo la proporción de amonio moderada ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 27,4\%$) y la de nitritos pequeña ($\text{NO}_2/\text{NIT} = 6,4\%$). Las concentraciones de NIT obtenidas en el año 2005 han sido ligeramente inferiores a las de 2004. La máxima concentración -0,13 mg/l N- se registra en agosto de 2004, situándose el mínimo en verano de 2005 -0,07 mg/l N.

- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 1,2 y 8,3 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente.
- Las aguas embalsadas se encuentran muy mineralizadas, presentando unas concentraciones de calcio (77,2 mg Ca/l) y sulfatos (133,8 mg/l SO_4^{2-}) altas.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

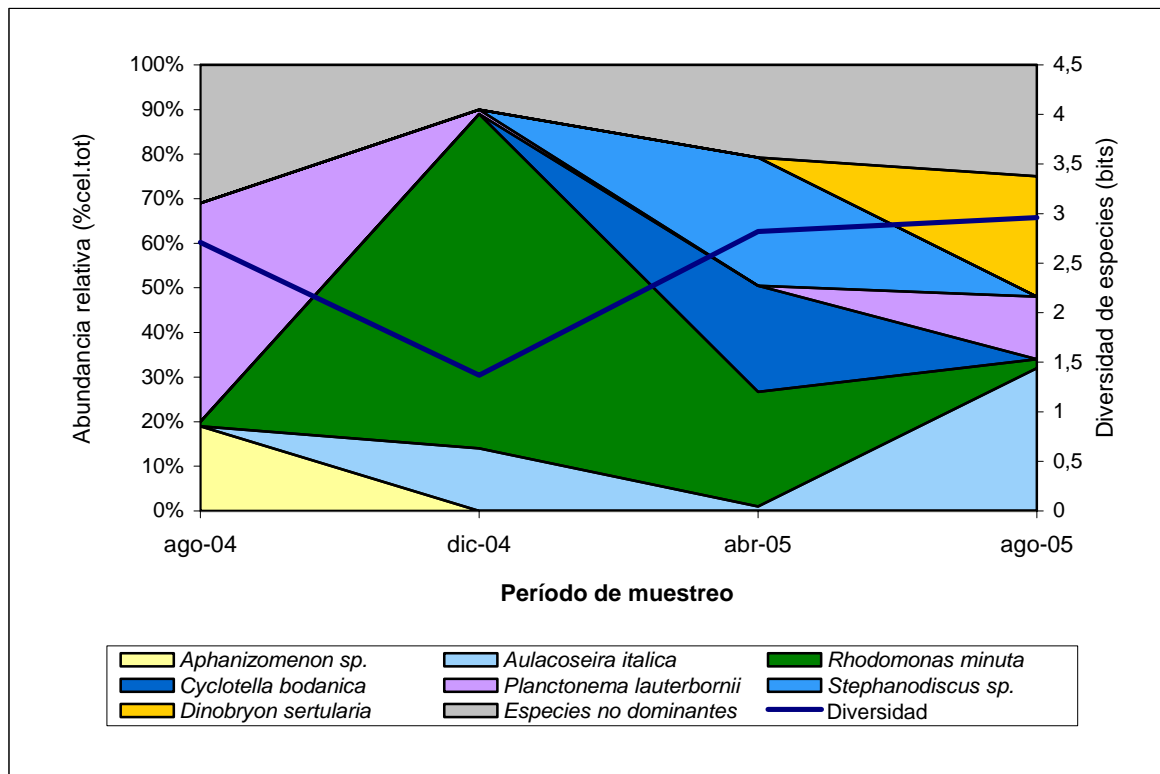
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 55 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 18 diatomeas
- 5 cianobacterias
- 14 clorofíceas
- 7 criptofíceas
- 4 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 1 euglenofíceas
- 2 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 7 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

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



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

En el verano de primer año, se registra un valor reducido de densidad algal -253 cel/ml-. La mayor parte de la comunidad está formada por clorofíceas, específicamente por *Planctonema lauterbornii*. También habría que señalar la presencia de la cianobacteria *Aphanizomenon sp.* que se establece como principal especie acompañante.

En el periodo invernal la densidad fitoplanctónica aumenta hasta registrarse 595 cel/ml, valor que, aún siendo bajo, representa el máximo en el periodo de estudio. Las criptofíceas son el grupo dominante y entre ellas destaca la especie *Rhodomonas minuta*, a la que pertenecen el 75% de las células identificadas. El desequilibrio en el reparto de abundancias entre las especies, determina el mínimo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -1,37 bits-.

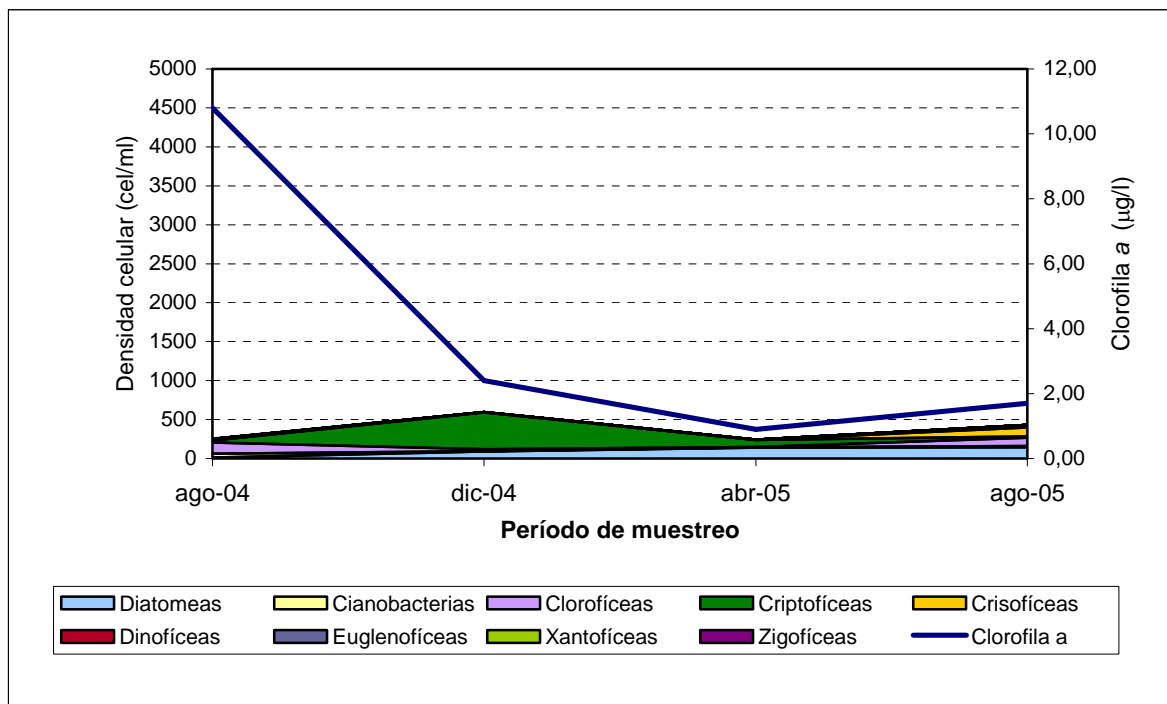
Durante la primavera el tamaño de la comunidad fitoplanctónica del embalse disminuye contabilizándose el mínimo valor de densidad algal -240 cel/ml-. La composición de la

comunidad cambia y el grupo dominante son las diatomeas. Dentro de este grupo destacan por su mayor abundancia relativa las siguientes especies: *Stephanodiscus sp.* y *Cyclotella bodanica*.

En el segundo periodo estival incrementa ligeramente la densidad celular con respecto a la primavera -431 cel/ml-. Cualitativamente la comunidad se caracteriza por la distribución equitativa de abundancias entre tres grupos: las diatomeas, las crisofíceas y clorofíceas. A nivel de especie destacan la diatomea *Aulacoseira italica* y la crisofícea *Dinobryon sertularia*. La ausencia de una especie claramente dominante determina el máximo valor de diversidad de Shannon Weaver -2,96 bits-.

La evolución temporal de la densidad celular, 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

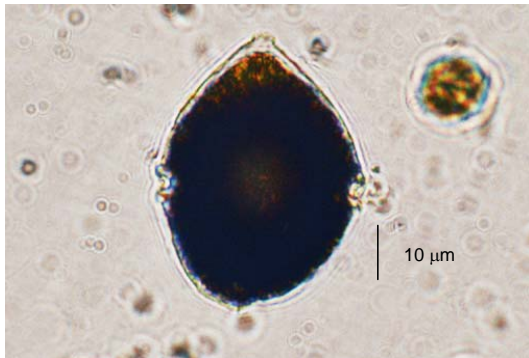


A excepción del primer estío, la evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* presenta buena correspondencia con la densidad celular. En el primer periodo se registra la máxima biomasa -10,80 µg/l-, que supone un valor excesivamente elevado para la densidad algal contabilizada -253 cel/ml-. La causa de

este resultado puede ser el alto porcentaje de clorofila no activa. El resto del año tanto la tendencia como los valores medidos de ambos parámetros se ajustan correctamente.

4.3.1. Calidad bioindicadora

Los parámetros biológicos estudiados son: la densidad algal media -360 cel/ml-, la biomasa medida como concentración de clorofila *a* -3,95 µg/l- y las asociaciones algales que se han identificado en los periodos de muestreo. La asociación algal presente en el primer estío se caracteriza por el dominio de la clorofícea *Planctonema lauterbornii*, especie que suele crecer en medios mesotróficos. Durante el invierno domina la criptofícea *Rhodomonas minuta* que suele crecer en masas de agua mezcladas,



Peridinium sp. especie presente en el embalse de Ciurana en todos los periodos de muestreo.

moderadamente frías y mesotróficas. En primavera, predominan las diatomeas céntricas, entre las que destacan *Stephanodiscus sp.* y *Cyclotella bodanica*, ésta última suele crecer en masas de agua clara y oligotróficas. En el segundo periodo estival, las especies predominantes son la diatomea *Aulacoseira italica* y la crisofícea *Dinobryon sertularia*. Esta asociación algal confirma la reducida carga de nutrientes del embalse. La información que

aportan los parámetros biológicos determina la clasificación del embalse de Ciurana como un medio con un grado trófico reducido.

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 Ciurana, como **oligo-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. No obstante, la alta transparencia que presenta el embalse y las asociaciones algales identificadas, son un claro indicio de un menor grado trófico en el embalse.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a y del fósforo total, definen al embalse como mesotrófico. Según la transparencia se trata de un embalse oligotrófico.

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 >	18	MESOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	380	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	10,8	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1 - 3 - 6,7 - 10 >	3,9	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8 - 12 - 28 - 40 >	18	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8 - 2,4 - 3,8 - 4,6 >	6,5	OLIGOTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	380	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	3,9	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	18	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	63	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	6,5	E. MODERADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	3,9	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	10,8	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	18	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; > 6-3; 3-1.5; < 1.5	6,5	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	5,2	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	33	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	44	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	44	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 Ciurana es **BUENO**.

EMBALSE DE CIURANA

Indicadores	Elementos	Parámetros	CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
			Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	380	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	3,9	3			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	49	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	6,5	4	3,7	3,0	0,82
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	6,8	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	17,6	3			
VALORACIÓN DE CADA CLASE			5	4	3	2	1					

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

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

EMBALSE: CIURANA (CI) **CAMPAÑA:** 1
COT. MAX: 460 **NIVEL:** 458

Estación: E1 Profundidad: 27
 Fecha: 17/08/2004 Hora: 17:00
 Disco Secchi (m): 5,2 Capa fótica (m): 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	458	25,99	9,24	6,13	75,2	631	292	410
1	457	25,97	9,19	5,62	68,5	631	291	410
2	456	25,97	9,94	5,54	67,4	633	340	411
3	455	25,97	9,18	5,60	67,8	633	291	411
4	454	25,67	8,99	5,56	68,6	636	286	413
5	453	25,62	8,99	5,66	68,9	634	288	412
6	452	25,41	8,98	5,90	72,7	636	290	413
7	451	25,30	8,93	6,05	73,2	636	290	413
8	450	25,02	8,86	5,77	69,4	637	288	414
9	449	24,21	8,82	6,00	72,3	645	288	419
10	448	21,33	8,87	6,13	68,5	640	293	416
11	447	19,44	8,98	6,05	65,4	634	302	412
12	446	17,75	9,04	6,04	63,3	640	306	416
13	445	16,97	9,08	6,05	61,2	636	310	413
14	444	15,95	9,08	5,79	58,7	643	312	418
15	443	15,00	9,08	5,87	58,0	645	313	419
16	442	14,53	9,03	5,52	53,4	646	312	420
17	441	14,03	8,99	5,10	49,2	646	310	420
18	440	13,52	8,96	4,88	46,6	652	311	424
19	439	13,31	8,93	4,78	45,8	646	310	420
20	438	12,95	8,98	4,64	43,8	650	314	423
21	437	12,68	8,84	4,37	41,0	646	307	420
22	436	12,39	8,80	4,28	39,8	640	304	416
23	435	12,08	8,85	4,22	38,9	641	307	417
24	434	11,88	8,72	4,12	37,7	640	301	416
25	433	11,68	8,65	3,86	35,3	641	297	417
26	432	11,34	8,60	3,56	32,1	631	295	410
27	431	10,96	8,48	2,28	20,3	628	290	408

EMBALSE: CIURANA (CI) **CAMPAÑA:** 2
COT. MAX: 460 **NIVEL:** 459

Estación: E1 Profundidad: 36
 Fecha: 13/12/2004 Hora: 14:00
 Disco Secchi (m): 7,2 Capa fótica (m): 12

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	459	10,74	7,97	7,65	69,1	772	183	502
1	458	10,68	8,07	7,62	68,8	772	187	502
2	457	10,60	8,09	7,60	68,5	771	188	501
3	456	10,58	8,08	7,58	68,2	771	188	501
4	455	10,57	8,09	7,57	68,1	771	189	501
5	454	10,56	8,09	7,56	68,0	771	189	501
6	453	10,56	8,09	7,54	67,8	771	190	501
7	452	10,56	8,09	7,53	67,7	771	190	501
8	451	10,56	8,08	7,49	67,4	771	190	501
9	450	10,55	8,08	7,45	67,0	772	190	502
10	449	10,55	8,08	7,43	66,9	771	191	501
11	448	10,55	8,08	7,43	66,8	772	191	502
12	447	10,55	8,08	7,42	66,7	771	192	501
13	446	10,55	8,08	7,44	66,9	771	192	501
14	445	10,55	8,09	7,46	67,1	771	193	501
15	444	10,55	8,09	7,46	67,2	771	193	501
16	443	10,54	8,09	7,46	67,1	771	194	501
17	442	10,55	8,08	7,44	66,9	771	194	501
18	441	10,55	8,08	7,40	66,6	772	194	502
19	440	10,55	8,08	7,39	66,5	772	195	502
20	439	10,54	8,07	7,38	66,3	772	194	502
21	438	10,54	8,07	7,37	66,3	772	195	502
22	437	10,53	8,07	7,31	65,7	772	195	502
23	436	10,53	8,08	7,27	65,4	772	197	502
24	435	10,52	8,05	7,21	64,9	773	196	502
25	434	10,52	8,05	7,18	64,6	773	196	502
26	433	10,52	8,05	7,19	64,6	773	197	502
27	432	10,50	8,03	7,04	63,3	776	197	504
28	431	10,48	8,00	6,85	61,6	780	196	507
29	430	10,43	8,02	6,96	62,4	780	197	507
30	429	10,41	8,01	6,97	62,5	781	197	508
31	428	10,39	7,97	6,81	61,0	782	196	508
32	427	10,36	7,94	6,43	57,8	783	195	509
33	426	10,35	7,85	5,59	50,1	784	192	510
34	425	10,25	7,61	1,52	13,6	784	183	510
35	424	10,22	7,56	0,66	5,8	784	174	510
36	423	10,12	7,49	0,21	2,0	784	127	510

EMBALSE: CIURANA (CI) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 460 **NIVEL:** 459

Estación: E1 Profundidad: 34
 Fecha: 21/04/2005 Hora: 13:30
 Disco Secchi (m): 6,9 Capa fónica (m): 12

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	459	11,07	8,24	10,49	95,5	629	-	300
1	458	11,00	8,20	10,54	95,7	650	-	309
2	457	10,97	8,18	10,53	95,6	650	-	309
3	456	10,96	8,16	10,53	95,5	650	-	309
4	455	10,96	8,15	10,52	95,5	650	-	309
5	454	10,95	8,15	10,51	95,4	651	-	309
6	453	10,93	8,13	10,50	95,3	651	-	309
7	452	10,92	8,13	10,50	95,2	651	-	309
8	451	10,82	8,11	10,50	95,1	651	-	309
9	450	10,74	8,11	10,52	95,0	651	-	308
10	449	10,55	8,10	10,52	94,9	653	-	307
11	448	10,20	8,07	10,60	94,7	652	-	304
12	447	9,54	8,03	10,72	94,3	651	-	298
13	446	9,20	8,01	10,72	93,7	652	-	296
14	445	7,82	7,93	11,80	92,9	653	-	285
15	444	7,28	7,90	11,02	91,8	653	-	281
16	443	6,59	7,86	11,02	90,7	652	-	275
17	442	6,35	7,83	11,00	89,5	654	-	274
18	441	6,23	7,81	10,93	88,6	653	-	272
19	440	6,16	7,80	10,16	87,1	653	-	272
20	439	6,08	7,78	10,67	86,0	655	-	272
21	438	5,99	7,77	10,56	85,0	653	-	270
22	437	5,97	7,76	10,50	84,5	654	-	270
23	436	5,93	7,75	10,47	84,1	654	-	270
24	435	5,90	7,75	10,41	83,6	653	-	270
25	434	5,89	7,73	10,36	83,3	655	-	270
26	433	5,89	7,72	10,29	82,6	655	-	270
27	432	5,88	7,70	10,25	82,2	654	-	270
28	431	5,86	7,69	10,23	82,0	654	-	270
29	430	5,86	7,68	10,20	81,8	654	-	270
30	429	5,85	7,66	10,16	81,5	654	-	270
31	428	5,84	7,65	10,13	81,3	655	-	270
32	427	5,83	7,63	10,10	81,0	655	-	270
33	426	5,80	7,62	10,07	80,6	655	-	270
34	425	5,80	7,63	9,98	80,1	655	-	270

EMBALSE: CIURANA (CI) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 460 **NIVEL:** 451

Estación: E1 Profundidad: 26
 Fecha: 17/08/2005 Hora: 18:40
 Disco Secchi (m): 6,5 Capa fótica (m): 11

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	451	25,31	8,39	7,86	95,8	625	211	406
1	450	25,32	8,37	7,85	95,8	625	209	406
2	449	25,26	8,27	7,88	96,0	625	203	406
3	448	25,11	8,39	7,93	96,3	625	207	406
4	447	25,08	8,39	7,94	96,4	625	207	406
5	446	25,07	8,27	7,95	96,4	625	200	406
6	445	24,97	8,36	7,93	96,1	625	205	406
7	444	24,85	8,32	7,82	94,4	626	203	407
8	443	24,73	8,25	7,59	92,2	627	199	408
9	442	24,49	8,14	6,86	82,4	630	194	410
10	441	24,36	8,02	6,01	72,8	632	188	411
11	440	24,08	7,86	4,98	59,4	634	182	412
12	439	23,63	7,75	4,04	47,7	636	178	413
13	438	22,99	7,63	3,00	36,1	628	173	408
14	437	21,94	7,54	2,26	25,9	640	171	416
15	436	20,45	7,47	1,75	19,4	642	169	417
16	435	18,64	7,42	1,36	14,6	643	167	418
17	434	15,47	7,34	0,47	4,7	645	164	419
18	433	12,07	7,34	0,27	2,5	657	154	427
19	432	9,18	7,36	0,21	1,8	649	151	422
20	431	8,00	7,36	0,10	1,6	648	149	421
21	430	7,73	7,39	0,16	1,3	646	140	420
22	429	7,60	7,37	0,14	1,2	648	116	421
23	428	7,54	7,37	0,14	1,1	648	89	421
24	427	7,52	7,39	0,14	1,1	649	75	422
25	426	7,50	7,39	0,13	1,1	649	-1	422
26	425	7,51	7,37	0,13	1,1	650	-79	423

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	C1	
CAMPAÑA:	1	FECHA:	17/08/2004	
COTA MÁXIMA:	460,00	NIVEL:	458	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	11	26
COTA	msnm	457	447	432
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,4	3,7	10,4
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	141,2	159,9	183,4
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,4	0,7	0,2
DQO	mg O ₂ /l	16,0	16,0	20,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,006	0,010
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,014	0,012	0,016
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,58	0,42	0,44
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,01	0,00
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,00
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,56	0,41	0,44
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,39	0,33	0,78
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,08	0,18
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,002	0,061	0,010
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,019	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,10	0,10	0,18
CALCIO	mg Ca/l	74,1	82,1	75,4
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	32,1	27,9	31,1
SODIO	mg Na/l	6,2	6,1	6,1
POTASIO	mg K/l	1,6	1,6	1,5
CLORUROS	mg Cl ⁻ /l	9,4	10,4	9,4
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /l	141,1	137,4	122,9
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,0004
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	1,60	2,99	9,15
CLOROFILA a	µg/l	10,8		

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	C12	
CAMPAÑA:	2	FECHA:	13/12/2004	
COTA MÁXIMA:	460,00	NIVEL:	459	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	18	35
COTA	msnm	458	441	424
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,8		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	161,4		
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,1		
DQO	mg O ₂ /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,026	0,020	0,023
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,029	0,018	0,024
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,006	0,008
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,49	0,36	0,41
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,04	0,04	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,46	0,33	0,36
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,24	0,35	0,15
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,08	0,03
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,004	0,006	0,008
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,08	0,11	0,09
CLOROFILA a	µg/l	2,4		

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	CI3	
CAMPAÑA:	3	FECHA:	21/04/2005	
COTA MÁXIMA:	460,00	NIVEL:	459	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	17	34
COTA	msnm	458	442	425
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,8		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO₃Ca/l	160,9		
DBO₅	mg O₂/l	0,6		
DQO	mg O₂/l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,039	0,018	0,005
FOSFATOS	mg PO₄³⁻/l	0,007	0,009	0,006
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,003	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,26	0,42
AMONIO TOTAL	mg NH₄/l	0,03	0,01	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,38	0,25	0,40
NITRATOS	mg NO₃/l	0,27	0,31	0,32
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,07	0,07
NITRITOS	mg NO₂/l	0,014	0,012	0,023
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,007
N INORGÁNICO	mg N/l	0,09	0,08	0,10
CLOROFILA a	µg/l	0,9		

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	CI4	
CAMPAÑA:	4	FECHA:	17/08/2005	
COTA MÁXIMA:	451,00	NIVEL:	459	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	13	25
COTA	msnm	458	446	434
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,4		
DBO ₅	mg O ₂ /l	2,2		
DQO	mg O ₂ /l	7,9		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,012	0,035
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,026	0,027	0,069
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,009	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59	0,48	0,12
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,03	0,10
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,02	0,08
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,56	0,46	0,04
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,11	0,07	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,02	0,02	0,00
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,003	0,007	0,089
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,027
N INORGÁNICO	mg N/l	0,05	0,04	0,10
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000
CLOROFILA a	µg/l	1,7		

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	C11
CAMPAÑA:	1	FECHA:	17/08/2004
COTAMAX:	460	D. SECCHI:	5,2
NIVEL:	458	C.FÓTICA:	9,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	457	
CLOROFILA a	µg/l	10,80	
Población total	n° cel/ml	253	
Diversidad (H)	Bits	2,71	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	12	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	49	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	145	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	25	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	18	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	2	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	3	
<i>Fragilaria leptostauron</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Melosira varians</i>	Bacillarioficea	2	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillarioficea	2	
<i>Rhopalodia gibba</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	49	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofíceas	2	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofíceas	15	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofíceas	124	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Clorofíceas	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofíceas	1	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofíceas	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofíceas	6	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofíceas	13	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceas	6	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofíceas	2	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceas	6	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofíceas	3	
<i>Peridinium sp.1</i>	Dinofíceas	8	
<i>Peridinium sp.2</i>	Dinofíceas	1	
<i>Spirogyra sp.</i>	Zigofíceas	1	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofíceas	1	

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	CI2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	13/12/2004
COTAMAX:	460	D. SECCHI:	7,2
NIVEL:	459	C.FÓTICA:	12,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	458	
CLOROFILA a	µg/l	2,40	
Población total	n° cel/ml	595	
Diversidad (H)	Bits	1,37	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	90	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	3	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	27	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	471	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillarioficea	81	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula radiosa</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	7	
<i>Chroococcus minor</i>	Cianobacteria	2	
<i>Oscillatoria sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Clorofíceea	20	
<i>Chodatella quadriseta</i>	Clorofíceea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofíceea	1	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofíceea	5	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofíceea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofíceea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofíceea	21	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	448	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofíceea	1	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofíceea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofíceea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceea	1	

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	CI3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	21/04/2005
COTAMAX:	460	D. SECCHI:	6,9
NIVEL:	459	C.FÓTICA:	12,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	458	
CLOROFILA a	µg/l	0,90	
Población total	n° cel/ml	240	
Diversidad (H)	Bits	2,82	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	140	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	5	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	90	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillarioficea	3	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillarioficea	57	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	3	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula reinhardtii</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Rhopalodia gibba</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillarioficea	69	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Chroococcus minor</i>	Cianobacteria	1	
<i>Pseudoanabaena sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Carteria sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofíceea	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofíceea	1	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofíceea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofíceea	14	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofíceea	8	
<i>Cryptomonas phaseolus</i>	Criptofíceea	1	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofíceea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofíceea	4	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	62	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofíceea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceea	1	

EMBALSE:	CIURANA	CÓDIGO:	CI4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	17/08/2005
COTAMAX:	460	D. SECCHI:	6,5
NIVEL:	451	C.FÓTICA:	11,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	450	
CLOROFILA a	µg/l	1,70	
Población total	n° cel/ml	431	
Diversidad (H)	Bits	2,96	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	143	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	18	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	104	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	16	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	118	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	31	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	136	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula capitatoradiata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Rhopalodia gibba</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	18	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Chodatella quadriseta</i>	Clorofícea	8	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	15	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	10	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	3	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	61	
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofícea	1	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	6	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	7	
<i>Dinobryon crenulatum</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	117	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	13	
<i>Peridinium inconspicuum</i>	Dinofícea	17	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (17/08/2004)



Detalle de la presa desde la estación de muestreo (E1). Primavera de 2005 (21/04/2005)



Panorámica del embalse desde la estación de muestreo. Primavera de 2005 (21/04/2005)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: CIURANA

CÓDIGO: CI

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Cataluña
Provincia: Tarragona
Municipio: Cornudella



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Ciurana	Otros tributarios:	-
Año de terminación:	1972	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Ciurana	Altitud (msnm):	460
Capacidad total (hm ³):	12	Capacidad útil (hm ³):	-
Longitud máxima (km):	2	Perímetro (km):	7
Profundidad máxima (m):	30	Profundidad media (m):	14,1
Usos principales:	Abastecimiento	Otros usos:	Riego



Panorámica del embalse (21/04/2005)







SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



 Estación de embalse

Nº Planols 1:50.000: 445

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
CIURANA		Oligo-Meso	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: 17/07/2004
Tª superficie (°C): 25,99	pH superficie (ud): 9,24	Conductividad superficie (µS/cm): 631
Tª fondo (°C): 10,96	pH fondo (ud): 8,48	Conductividad fondo (µS/cm): 628
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	5,2	9
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 10
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 13/12/2004
Tª superficie (°C): 10,74	pH superficie (ud): 7,97	Conductividad superficie (µS/cm): 772
Tª fondo (°C): 10,12	pH fondo (ud): 7,49	Conductividad fondo (µS/cm): 784
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	7,2	12
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 2
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 21/04/2005
Tª superficie (°C): 11,07	pH superficie (ud): 8,24	Conductividad superficie (µS/cm): 629
Tª fondo (°C): 5,80	pH fondo (ud): 7,63	Conductividad fondo (µS/cm): 655
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	6,9	12
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 14
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 17/08/2005
Tª superficie (°C): 25,31	pH superficie (ud): 8,39	Conductividad superficie (µS/cm): 625
Tª fondo (°C): 7,51	pH fondo (ud): 7,37	Conductividad fondo (µS/cm): 650
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	6,5	11
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 14
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 10



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 17/07/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	CIEIS	CIEIT	CIEIF
PROFUNDIDAD	m	1	11	26
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,006	0,010
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,58	0,42	0,44
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,08	0,18
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,019	0,003
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	10,8		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	253		
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea		Nº células/ml: 145	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Planctonema lauterbornii</i>		Nº células/ml: 124	

2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 13/12/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	CIEIS	CIEIM	CIEIF
PROFUNDIDAD	m	1	18	35
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,026	0,020	0,023
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,006	0,008
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,49	0,36	0,41
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,08	0,03
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,002
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	2,4		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	595		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea		Nº células/ml: 471	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>		Nº células/ml: 448	

3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 21/04/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	CIEIS	CIEIM	CIEIF
PROFUNDIDAD	m	1	17	34
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,039	0,018	0,005
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,003	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,26	0,42
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,07	0,07
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,007
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0,9		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	240		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea		Nº células/ml: 140	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Stephanodiscus sp.</i>		Nº células/ml: 69	

4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 17/08/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	CIEIS	CIEIM	CIEIF
PROFUNDIDAD	m	1	13	25
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,012	0,035
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,009	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59	0,48	0,12
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,02	0,08
NITRATOS	mg N/l	0,02	0,02	0,00
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,027
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,7		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	431		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea		Nº células/ml: 143	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Aulacoseira italica</i>		Nº células/ml: 136	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CIURANA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Ciurana 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 FISICOQUÍMICOS

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

1) Transparencia

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

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

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

2) Condiciones de oxigenación

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

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

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

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

3) Concentración de nutrientes

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

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

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

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

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

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

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

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

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

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

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

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

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

2.2. ESTADO QUÍMICO

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

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

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

2.3. ESTADO

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

Tabla A18. Determinación del estado.

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE CIURANA

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 de Ciurana 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	9,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	5,20	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	10,80	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	253	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,50	OLIGOTRÓFICO

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

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 Ciurana 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	8,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	6,50	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	1,70	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	431	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,75	ULTRAOLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CIURANA

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 Ciurana 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	10,80	0,24	0,34	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO				3			MODERADO
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	5,20	Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	5,65	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	9,00	Bueno			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3			MODERADO
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	1,70	1,53	1,37	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	6,50	Muy Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	0,53	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	8,00	Bueno			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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