



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 EL GRADO

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	10
4.3.1. Cualidad bioindicadora	13
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	13
6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	14
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 El Grado y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

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

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico

El embalse de El Grado está situado en el borde septentrional de la depresión terciaria del Ebro, concretamente dentro de la gran unidad geológica denominada “depresión media”.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1 969, se sitúa en el término municipal del mismo nombre, en la provincia de Huesca. Regula, principalmente, las aguas del río Cinca, donde se enclava la presa, aunque también las de otros ríos y barrancos de menor entidad. Entre éstos destacan los ríos Susía y Naval, el primero ingresa al

embalse por la margen derecha y en las proximidades de la zona de cola, y el segundo ingresa a unos 2 km de presa, también, por la margen derecha. Cabe citar que el embalse se encuentra unos 2 km aguas abajo de la presa de Mediano.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de moderadas dimensiones que presenta una morfología alargada, ligeramente más ancha en la zona intermedia del embalse. Los distintos barrancos que ingresan en el embalse forman pequeños brazos, entre los que destacan por margen derecha el río Susía, en la cola del embalse, y el río Naval, en la zona de cabecera.

La cuenca vertiente al embalse de El Grado tiene una superficie total de 213 736,02 ha, de las cuales 31 767 ha corresponden a la cuenca de esorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 1 273 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 399 hm³. Tiene una profundidad media de 31,3 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 85 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)	213 736,02
Superficie de la cuenca parcial (ha)	32 310
Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha)	31 767
Superficie del embalse (ha)	1 273
Longitud máxima del embalse (km)	16,9
Capacidad total (hm ³)	399
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	85
Profundidad media (m)	31,3
Perímetro en máximo nivel (km)	106
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	450
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	365; 420; 426,2; 440,2

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre 8 y 16 metros de profundidad. La capa fótica en el estío oscila entre 7 y 8 metros de espesor.

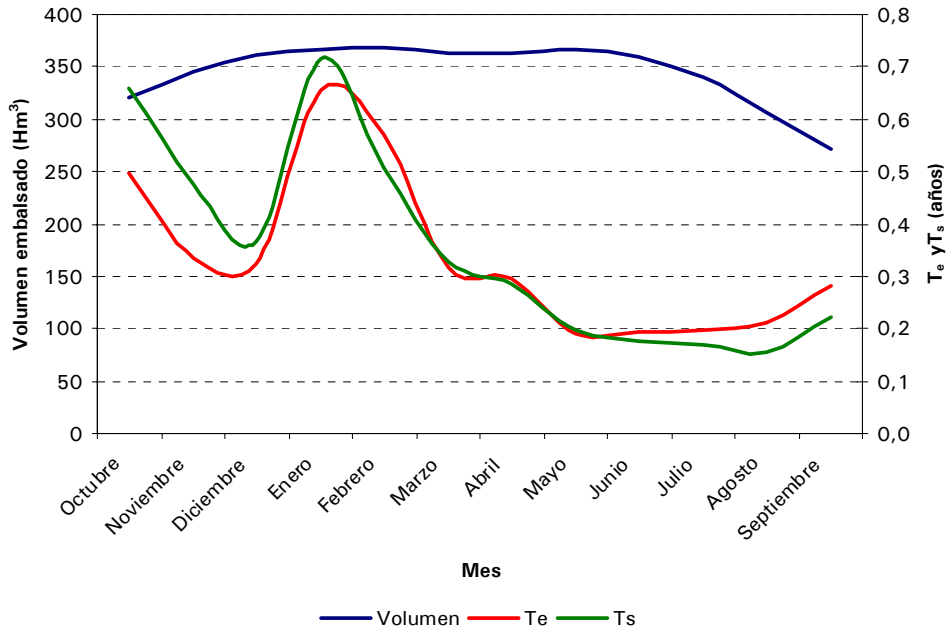
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
2001-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	320,50	41,23	54,70	0,66	0,50
Noviembre	345,19	59,58	84,53	0,48	0,34
Diciembre	361,45	83,43	94,33	0,37	0,33
Enero	366,38	43,53	47,55	0,71	0,65
Febrero	367,88	55,63	49,48	0,51	0,57
Marzo	362,88	93,78	96,85	0,33	0,32
Abril	363,26	104,35	101,30	0,29	0,29
Mayo	367,33	156,95	163,53	0,20	0,19
Junio	360,18	167,70	153,78	0,18	0,19
Julio	340,68	171,20	147,48	0,17	0,20
Agosto	307,44	166,95	123,98	0,16	0,21
Septiembre	270,61	100,75	78,75	0,22	0,28
Total anual	344,48	1245,05	1196,23	0,28	0,29

El tiempo de residencia anual del agua es moderado, en torno a 3,5 meses. Los mínimos, aproximadamente de 2 meses, se obtienen en meses estivales, agosto según las salidas y junio según las entradas. Los máximos se dan en el invierno, siendo enero el mes que presenta un mayor tiempo de residencia, entre 8 y 9 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, previo suministro de éstas al Canal del Cinca. También se destinan a la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa (Grado I). No es un embalse muy apropiado para la realización de actividades recreativas por lo escarpado de sus laderas, no obstante, se practican la navegación y el baño.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de El Grado 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 extracción para consumo humano*. El embalse de El Grado suministra agua al Canal del Cinca donde existe un punto de captación, cuyo titular es el Ayuntamiento de El Grado, y que en total abastece a 68 habitantes.

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	03/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	16/11/2004	Estratificación
3ª Campaña	20/04/2005	Estratificación
4ª Campaña	03/08/2005	Estratificación

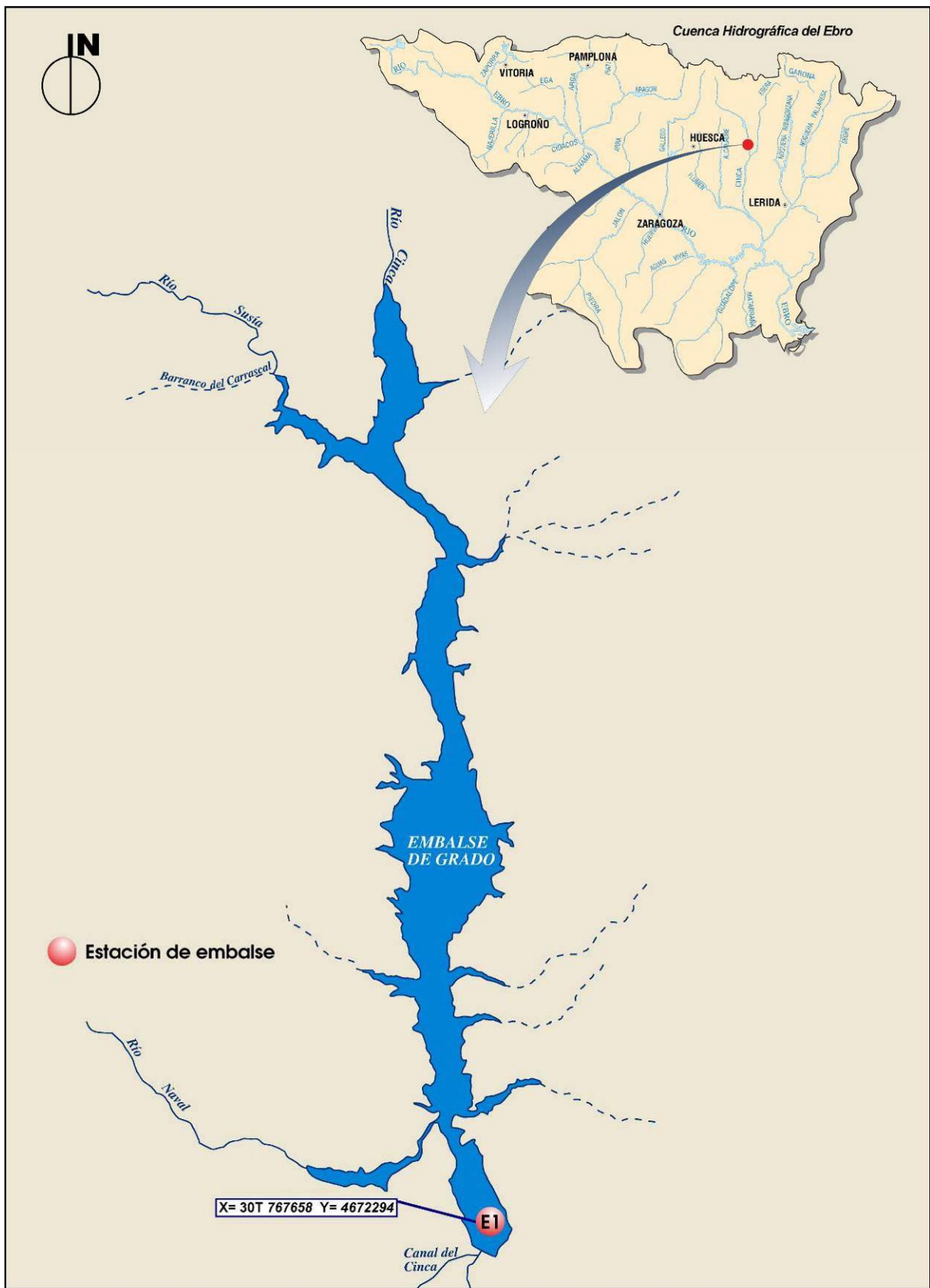


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de El Grado

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

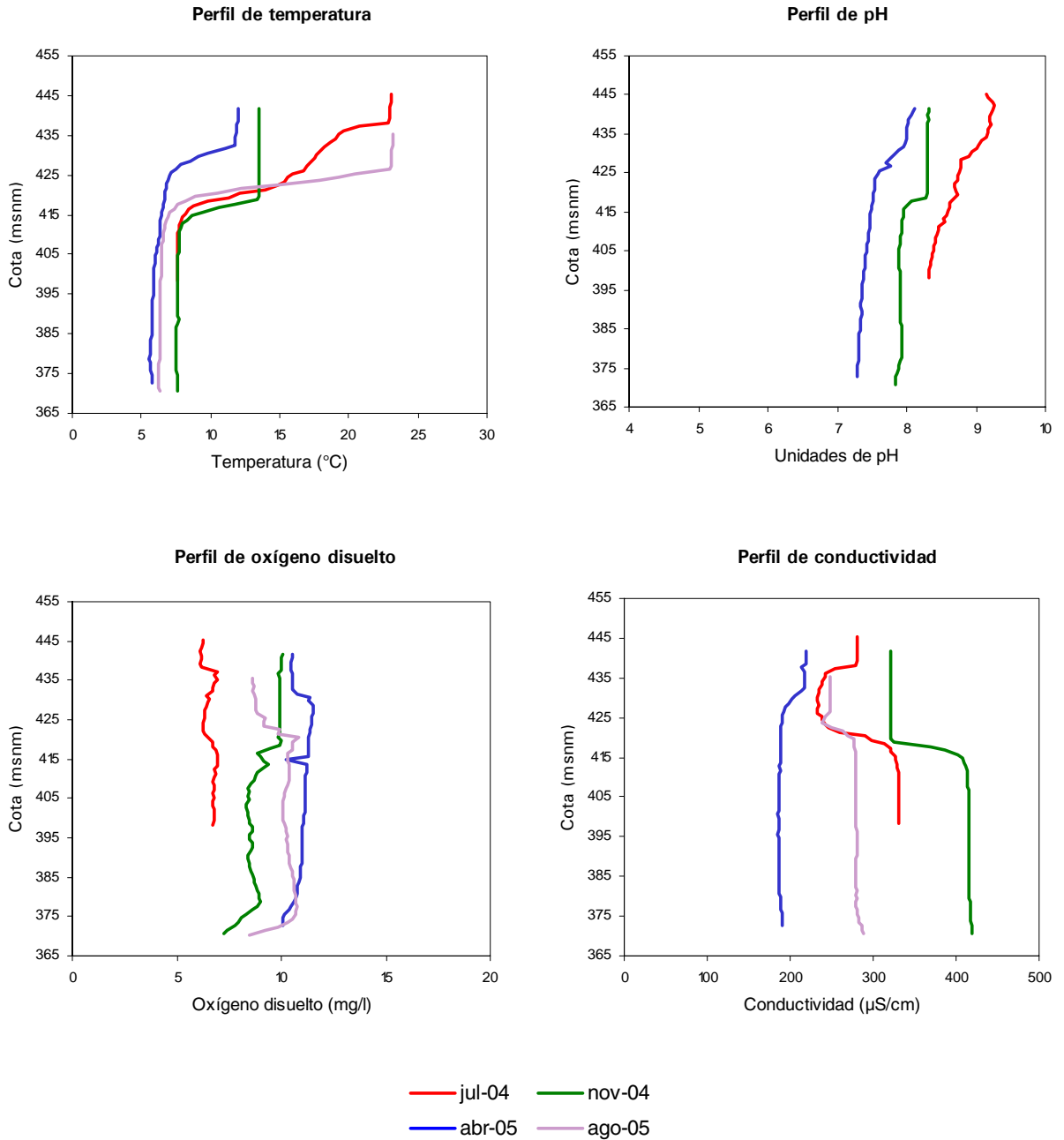
4.1. Características físico-químicas de las aguas

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 5,53 °C -mínimo- y los 23,11 °C, -máximo registrado en el estío-. En las cuatro campañas de muestreo realizadas se ha detectado estratificación térmica, siendo en verano de 2005 donde la termoclina a resultado más acusada, conformando un metalimnion de unos 7 metros de espesor. Por su parte en verano de 2004 se registraron dos gradientes térmicos, uno situado a 8 metros de profundidad y otro más profundo en el metro 25.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,03 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,26 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,28 ud.
- La transparencia del agua es alta, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 4,9 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 8 metros. El mínimo (4,1 m) se registra en la campaña de verano de 2004, mientras que el máximo (5,8 m) se registra en primavera.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 9,35 mg/l O₂. No se han detectado condiciones anóxicas (<1 mg/l O₂) en ninguna de las campañas realizadas. El mínimo, 6,14 mg/l O₂ se registra en la campaña de julio de 2004, mientras que el máximo (11,52 mg/l O₂) se da en primavera, donde la concentración para toda la columna de agua oscila entre los 10 y los 11,5 mg/l O₂.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 285 μS/cm. Se aprecia una quimioclina coincidente con la termoclina en todas las

campañas realizadas, resultando mucho más acusada en verano de 2005. No obstante, los resultados obtenidos se encuentran dentro de rangos conocidos para el embalse.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

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

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

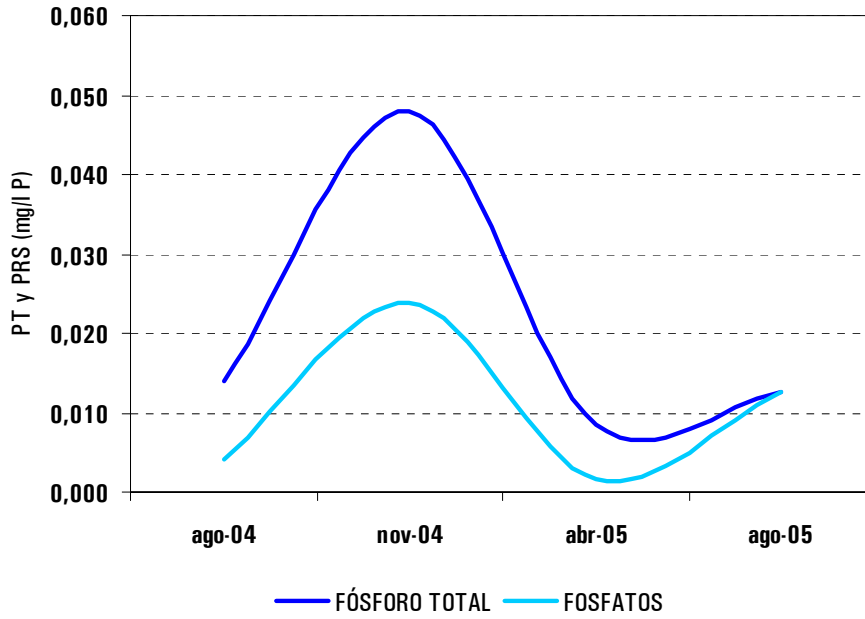
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,021 mg/l P. El máximo se da en invierno - 0,048 mg/l P-, mientras que el mínimo -0,008 mg/l P- se obtiene en primavera. Por su parte, la concentración estival no ha presentado diferencias considerables entre las dos campañas realizadas, registrándose unos valores de 0,013 y 0,014 mg/l P, para 2004 y 2005 respectivamente. Los valores de ortofosfatos mantienen la misma pauta que el fósforo total que, con una concentración media anual de 0,011 mg/l P, alcanzan su valor máximo -0,024 mg/l P- en invierno.

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,31 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la predominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 93\%$), siendo las proporciones de amonio y nitritos bajas ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 6\%$; $\text{NO}_2/\text{NIT} = 1\%$). Las concentraciones de NIT registradas en 2004 han resultado ligeramente superiores a las de 2005, alcanzando en primavera el valor máximo (0,37 mg/l N); el mínimo -0,25 mg/l N- se ha registrado en verano de 2005.

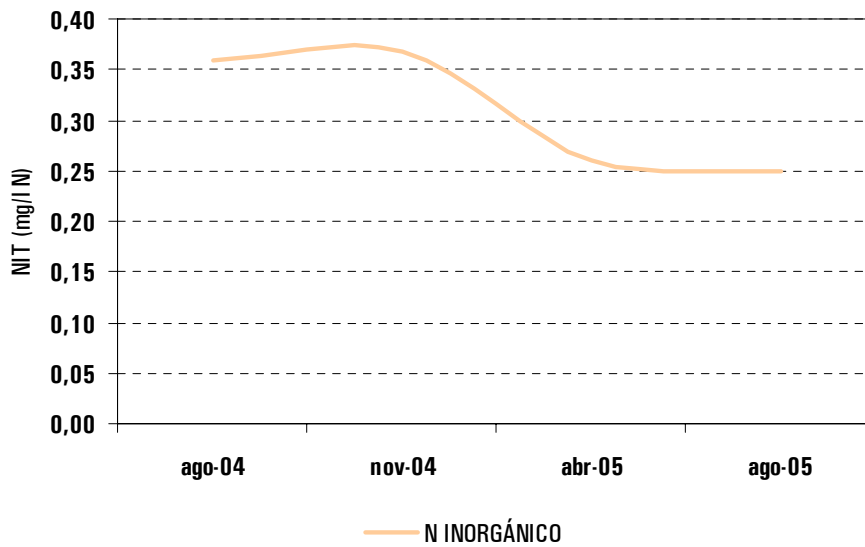
- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo, presentando unos valores de 0,5 y 8,0 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (46,4 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes

**Valores medios de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Soluble
Embalse de El Grado**



**Valores medios de Nitrógeno Inorgánico Total
Embalse de El Grado**



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

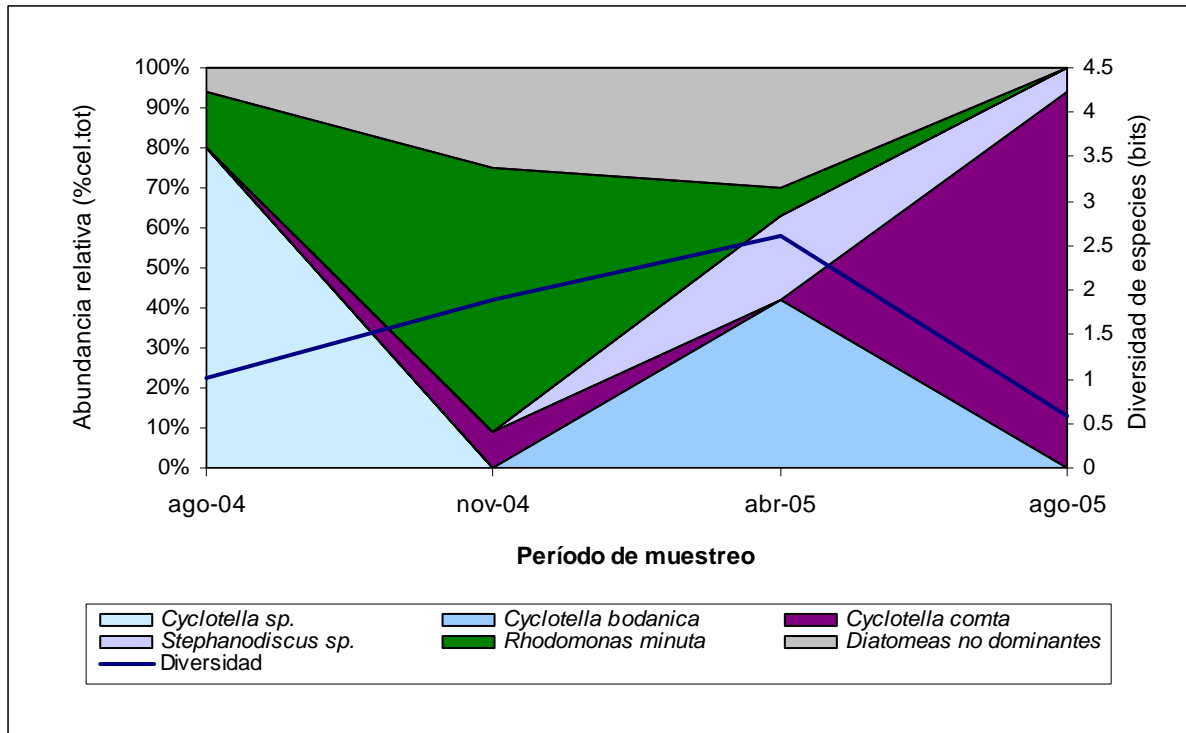
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 43 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 19 diatomeas
- 10 clorofíceas
- 5 criptofíceas
- 4 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 1 zigofíceas

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

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



La composición y estructura poblacional ha mantenido la siguiente pauta temporal:

En verano de 2004 la comunidad algal presenta una densidad reducida que, sin embargo, es el valor más alto registrado durante periodo estudiado -764 cel/ml-. La composición de la comunidad es típica de un medio con una escasa disponibilidad de nutrientes; se compone mayoritariamente por la diatomea *Cyclotella sp.* -especie dominante- y la criptofíceo *Rhodomonas minuta* -principal especie acompañante-.

En invierno, la densidad fitoplanctónica se reduce hasta registrarse 277 cel/ml. Al igual que el embalse de Mediano, situado aguas arriba, el crecimiento de la criptofíceo *Rhodomonas minuta* marca el tránsito entre el periodo estival y el periodo invernal, ya que las condiciones de masas de agua mezclada y moderadamente frías favorecen su mayor abundancia.

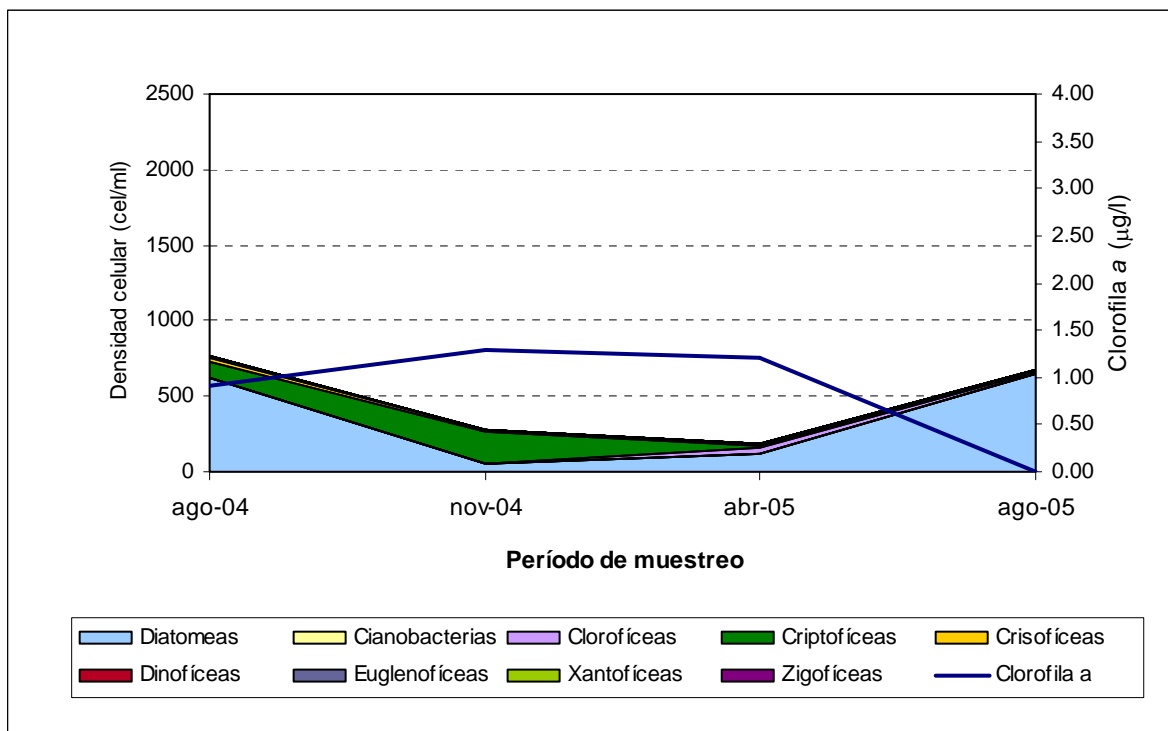
Durante la época primaveral la densidad algal continúa decreciendo y se cuantifica el valor mínimo del año hidrológico de estudio -187 cel/ml-. En este periodo las diatomeas vuelven a ser el grupo más abundante, entre las que destacan *Cyclotella bodanica* y

Stephanodiscus sp. La distribución de abundancias es equilibrada entre las especies identificadas, por lo que el valor del índice de Shannon-Weaver es máximo -2,62 bits-.

En el estío de 2005 se incrementa ligeramente la densidad algal con respecto a la primavera -676 cel/ml-. Cualitativamente, el grupo de las diatomeas se establece como dominante y específicamente *Cyclotella comta* crece hasta representar el 94% de la comunidad. Esta situación de fuerte dominancia conlleva el registro del mínimo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -0,59 bits-.

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

Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas



La evolución temporal de la biomasa -medida como concentración de clorofila *a*- no presenta una buena correlación con la densidad fitoplanctónica, ya que la concentración de clorofila *a* es mayor cuando la densidad algal tiene los valores más reducidos. Hay que considerar que, en este caso, el rango de valores para los dos parámetros es muy bajo y existe una mayor probabilidad de sesgo en la medición de la biomasa y densidad.

4.3.1. Calidad bioindicadora

El embalse de El Grado se puede calificar de oligotrófico si lo evaluamos a través de parámetros biológicos, es decir, en función de la densidad algal, la biomasa y las asociaciones algales presentes a lo largo del año. De esta forma, el valor medio de



Dinobryon bavaricum. Identificada en el embalse el 20/04/2005

densidad -476 cel/ml- y biomasa -0,85 µg/l- es muy bajo, y las asociaciones algales se caracterizan por la dominancia de diatomeas céntricas -*Cyclotella sp.* y *Cyclotella comta*- durante los periodos estivales, por la proliferación de la criptofícea *Rhodomonas minuta* en invierno y el crecimiento, de nuevo, en primavera, de diatomeas céntricas -*Cyclotella bodanica* y

Stephanodiscus sp.-.

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 El Grado, como **oligo-mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia, mientras que el de respuesta (clorofila *a*) presenta el mínimo rango, ultraoligotrofia. La transparencia, considerando su valor mínimo anual, sitúa al embalse en rangos oligotróficos, mientras el valor medio anual, lo cataloga como mesotrófico.

Los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson,1974), estimados a partir de la clorofila *a* y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como oligotrófico, mientras los obtenidos a partir del fósforo total lo catalogan 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 >	21	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	476	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	1,3	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	0,9	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	21	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	4,9	OLIGOTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	476	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	0,9	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	21	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	286	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	4,9	E. MODERADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	0,9	ULTRAOLIGO.
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	1,3	ULTRAOLIGO.
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	21	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; > 6-3; 3-1.5; < 1.5	4,9	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	4,1	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	37	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/Cl_a^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	29	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	46	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 El Grado es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE EL GRADO			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	4,76	5	5,0	3,7	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	0,9	5			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	0	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	4,9	3	3,7	3,7	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	9,4	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	20,8	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 1
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 445,27

Estación: E1 Profundidad: 47
 Fecha: 03/08/2004 Hora: 13:20
 Disco Secchi (m): 4,05 Capa fótica (m): 6,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	445	23,11	9,14	6,24	72,5	280	271	178
1	444	23,07	9,18	6,23	72,1	280	273	178
2	443	23,02	9,23	6,21	71,7	280	275	179
3	442	23,00	9,26	6,14	71,0	280	276	179
4	441	22,98	9,23	6,17	71,5	280	277	180
5	440	22,97	9,22	6,16	71,2	280	278	179
6	439	22,93	9,19	6,14	71,5	280	277	179
7	438	22,88	9,19	6,16	70,8	279	278	180
8	437	20,78	9,21	6,93	77,0	253	283	162
9	436	19,63	9,18	6,80	74,4	242	284	155
10	435	19,25	9,17	6,91	74,2	243	285	153
11	434	19,08	9,14	6,79	73,0	239	285	154
12	433	18,67	9,07	6,75	72,0	238	284	152
13	432	18,27	9,04	6,70	71,0	234	284	151
14	431	18,00	9,01	6,42	66,6	234	284	150
15	430	17,70	8,94	6,54	68,3	232	283	149
16	429	17,56	8,89	6,48	67,6	232	282	150
17	428	17,24	8,79	6,41	66,3	234	281	149
18	427	16,95	8,79	6,35	65,2	233	281	150
19	426	16,77	8,78	6,35	65,3	233	280	151
20	425	15,98	8,76	6,31	63,4	238	281	153
21	424	15,61	8,74	6,27	62,3	239	281	154
22	423	15,30	8,73	6,27	61,8	243	281	155
23	422	14,93	8,70	6,29	62,0	246	283	157
24	421	14,00	8,68	6,30	61,5	259	283	166
25	420	12,08	8,71	6,57	62,3	290	289	186
26	419	11,36	8,73	6,71	60,9	298	291	192
27	418	9,82	8,67	6,73	61,8	313	291	202
28	417	8,76	8,63	6,89	60,9	321	290	205
29	416	8,46	8,61	6,93	58,9	322	289	208
30	415	8,20	8,60	6,92	58,7	326	289	207
31	414	8,00	8,57	6,94	58,5	327	288	209
32	413	7,82	8,54	6,98	58,1	328	286	211
33	412	7,71	8,56	6,78	57,4	329	287	211
34	411	7,68	8,47	6,85	57,0	330	283	211
35	410	7,64	8,45	6,81	56,5	330	283	212
36	409	7,61	8,44	6,72	56,3	330	283	212
37	408	7,59	8,42	6,79	56,1	331	281	211
38	407	7,59	8,41	6,80	56,4	331	281	211
39	406	7,58	8,39	6,74	56,1	330	281	212
40	405	7,58	8,38	6,79	56,5	331	280	212
41	404	7,56	8,37	6,73	56,1	331	279	212

Continuación

EMBALSE:	EL GRADO (GR)	CAMPAÑA:	1
COT. MAX:	450	NIVEL:	445,27

Estación:	E1	Profundidad:	47
Fecha:	03/08/2004	Hora:	13:20
Disco Secchi (m):	4,05	Capa fótica (m):	6,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	403	7,56	8,36	6,70	56,1	331	279	212
43	402	7,56	8,35	6,80	56,4	331	278	212
44	401	7,56	8,34	6,77	56,3	331	279	212
45	400	7,56	8,33	6,82	56,7	331	278	212
46	399	7,56	8,32	6,83	56,9	331	278	212
47	398	7,56	8,32	6,69	56,1	331	278	212

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 2
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 441,66

Estación: E1 Profundidad: 71,4
 Fecha: 16/11/2004 Hora: 10:05
 Disco Secchi (m): 4,9 Capa fótica (m): 8,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	442	13,46	8,32	10,04	96,4	322	211	209
1	441	13,48	8,32	9,98	95,9	322	212	209
2	440	13,47	8,31	9,97	95,7	322	212	209
3	439	13,47	8,32	9,97	95,7	322	213	209
4	438	13,48	8,31	9,97	95,6	322	213	209
5	437	13,48	8,31	9,86	95,6	322	213	209
6	436	13,48	8,31	9,95	95,5	322	214	209
7	435	13,47	8,31	9,94	95,4	322	214	209
8	434	13,47	8,31	9,94	95,4	322	216	209
9	433	13,47	8,31	9,93	95,3	322	216	209
10	432	13,47	8,30	9,94	95,4	322	216	209
11	431	13,47	8,30	9,93	95,3	322	216	209
12	430	13,47	8,30	9,92	95,2	322	216	209
13	429	13,47	8,29	9,92	95,2	322	217	209
14	428	13,47	8,29	9,91	95,1	322	216	209
15	427	13,47	8,29	9,90	95,1	322	217	209
16	426	13,47	8,29	9,93	95,4	322	218	209
17	425	13,47	8,29	9,91	95,2	322	218	209
18	424	13,47	8,29	9,92	95,2	322	218	209
19	423	13,47	8,29	9,90	95,0	322	219	209
20	422	13,47	8,29	9,89	94,9	322	219	209
21	421	13,47	8,29	9,85	94,6	322	219	209
22	420	13,47	8,29	9,99	95,6	322	220	209
23	419	13,42	8,27	9,93	95,2	325	219	211
24	418	11,76	8,08	9,47	87,3	369	215	240
25	417	10,59	7,99	8,88	80,2	387	211	252
26	416	9,42	7,96	8,99	78,7	401	211	261
27	415	8,68	7,96	9,16	78,8	407	212	265
28	414	8,26	7,96	9,40	79,7	409	213	266
29	413	7,98	7,94	9,16	77,6	412	213	268
30	412	7,84	7,93	8,85	75,1	413	212	268
31	411	7,78	7,93	8,80	74,0	413	213	268
32	410	7,75	7,92	8,71	73,4	414	212	269
33	409	7,74	7,91	8,52	71,5	414	212	269
34	408	7,71	7,90	8,42	70,7	414	212	269
35	407	7,69	7,90	8,44	70,8	415	212	270
36	406	7,68	7,89	8,41	70,6	415	212	270
37	405	7,66	7,89	8,45	70,8	415	213	270
38	404	7,66	7,89	8,29	69,5	415	212	270
39	403	7,63	7,89	8,34	69,9	415	172	270
40	402	7,62	7,89	8,36	70,0	415	212	270
41	401	7,62	7,89	8,38	70,2	415	212	270

Continuación

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 2
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 441,66

Estación: E1 Profundidad: 71,4
 Fecha: 16/11/2004 Hora: 10:05
 Disco Secchi (m): 4,9 Capa fótica (m): 8,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	400	7,61	7,90	8,44	70,6	415	213	270
43	399	7,61	7,90	8,49	71,1	415	213	270
44	398	7,61	7,91	8,59	71,9	415	213	270
45	397	7,61	7,91	8,59	71,9	415	213	270
46	396	7,60	7,90	8,50	71,1	415	213	270
47	395	7,59	7,91	8,51	71,1	415	213	270
48	394	7,58	7,91	8,60	71,8	415	213	270
49	393	7,58	7,91	8,64	72,4	415	214	270
50	392	7,59	7,90	8,54	71,7	416	213	270
51	391	7,58	7,90	8,43	70,5	416	214	270
52	390	7,58	7,90	8,43	70,5	416	214	270
53	389	7,68	7,90	8,44	70,6	416	214	270
54	388	7,56	7,91	8,47	70,8	416	214	270
55	387	7,55	7,91	8,58	71,8	416	214	270
56	386	7,55	7,92	8,63	72,2	416	215	270
57	385	7,55	7,92	8,67	72,4	416	215	270
58	384	7,55	7,92	8,72	72,7	416	215	270
59	383	7,54	7,93	8,76	73,2	416	215	270
60	382	7,54	7,93	8,82	73,7	416	215	270
61	381	7,54	7,94	8,90	74,4	416	216	270
62	380	7,54	7,94	8,94	74,7	416	217	270
63	379	7,54	7,93	8,98	75,0	417	217	271
64	378	7,54	7,92	8,84	74,2	417	216	271
65	377	7,55	7,91	8,62	72,1	418	215	272
66	376	7,55	7,89	8,34	70,0	418	214	272
67	375	7,56	7,88	8,10	68,5	418	214	272
68	374	7,56	7,87	7,94	66,5	418	214	272
69	373	7,57	7,85	7,75	65,4	419	213	272
70	372	7,57	7,83	7,43	62,5	419	212	272
71	371	7,57	7,83	7,24	60,8	419	212	272

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 441,67

Estación: E1 Profundidad: 69
 Fecha: 20/04/2005 Hora: 18:20
 Disco Secchi (m): 5,8 Capa fótica (m): 9,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Conduct. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	442	11,98	8,11	10,56	98,0	219	-	178
1	441	11,97	8,09	10,52	98,6	219	-	178
2	440	11,98	8,06	10,49	97,3	219	-	179
3	439	11,96	8,03	10,48	97,3	219	-	179
4	438	11,93	8,02	10,48	97,2	214	-	180
5	437	11,86	8,01	10,51	97,3	218	-	179
6	436	11,83	8,00	10,52	97,3	218	-	179
7	435	11,82	8,00	10,52	97,3	218	-	180
8	434	11,76	7,99	10,54	97,4	218	-	162
9	433	11,76	7,98	10,56	97,4	217	-	155
10	432	11,11	7,95	10,74	97,7	214	-	153
11	431	9,81	7,89	11,40	98,2	206	-	154
12	430	9,16	7,82	11,31	98,3	202	-	152
13	429	8,50	7,78	11,49	98,0	198	-	151
14	428	7,80	7,70	11,53	97,1	195	-	150
15	427	7,55	7,77	11,56	96,5	193	-	149
16	426	7,21	7,61	11,47	95,1	191	-	150
17	425	7,04	7,58	11,45	94,5	191	-	149
18	424	6,96	7,55	11,42	93,9	190	-	150
19	423	6,86	7,54	11,36	93,2	189	-	151
20	422	6,79	7,54	11,34	93,0	189	-	153
21	421	6,75	7,53	11,32	92,8	189	-	154
22	420	6,71	7,52	11,33	92,7	189	-	155
23	419	6,66	7,52	11,32	92,6	189	-	157
24	418	6,59	7,51	11,32	92,4	188	-	166
25	417	6,54	7,50	11,31	92,2	188	-	186
26	416	6,48	7,50	11,29	91,8	188	-	192
27	415	6,44	7,48	10,24	91,4	188	-	202
28	414	6,40	7,47	11,21	91,1	188	-	205
29	413	6,39	7,47	11,21	91,0	187	-	208
30	412	6,36	7,47	11,20	90,8	188	-	207
31	411	6,31	7,46	11,18	90,6	187	-	209
32	410	6,30	7,45	11,17	90,5	187	-	211
33	409	6,24	7,44	11,18	90,5	187	-	211
34	408	6,20	7,44	11,18	90,3	187	-	211
35	407	6,16	7,43	11,18	90,2	187	-	212
36	406	6,08	7,43	11,18	90,1	187	-	212
37	405	6,05	7,42	11,16	89,9	187	-	211
38	404	6,03	7,41	11,16	89,7	187	-	211
39	403	5,98	7,40	11,14	89,5	187	-	212
40	402	5,90	7,40	11,12	89,2	187	-	212
41	401	5,92	7,40	11,10	89,0	185	-	212

Continuación

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 441,67

Estación: E1 Profundidad: 69
 Fecha: 20/04/2005 Hora: 18:20
 Disco Secchi (m): 5,8 Capa fótica (m): 9,9

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Conduct. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	400	5,90	7,38	11,07	88,9	187	-	212
43	399	5,88	7,37	11,05	88,6	186	-	212
44	398	5,87	7,37	11,03	88,9	187	-	212
45	397	5,86	7,36	11,02	88,3	187	-	212
46	396	5,85	7,35	11,01	88,2	185	-	212
47	395	5,83	7,35	11,00	88,4	187	-	213
48	394	5,82	7,35	11,00	88,0	187	-	214
49	393	5,81	7,35	10,99	87,9	187	-	215
50	392	5,81	7,34	10,98	87,9	187	-	216
51	391	5,80	7,34	10,97	87,8	186	-	217
52	390	5,78	7,35	10,96	87,6	186	-	218
53	389	5,76	7,35	10,96	87,6	187	-	219
54	388	5,75	7,34	10,95	87,5	187	-	220
55	387	5,74	7,34	10,95	87,4	187	-	221
56	386	5,73	7,33	10,89	86,9	187	-	222
57	385	5,72	7,33	10,89	86,9	187	-	223
58	384	5,68	7,32	10,81	86,2	187	-	224
59	383	5,68	7,32	10,80	86,1	187	-	225
60	382	5,67	7,31	10,78	85,9	187	-	226
61	381	5,67	7,32	10,73	85,5	187	-	227
62	380	5,67	7,32	10,68	85,1	188	-	228
63	379	5,58	7,31	10,61	84,6	188	-	229
64	378	5,70	7,31	10,47	83,5	189	-	230
65	377	5,71	7,30	10,36	82,7	189	-	231
66	376	5,71	7,29	10,18	81,2	190	-	232
67	375	5,75	7,28	10,11	80,7	190	-	233
68	374	5,75	7,28	10,11	80,1	190	-	234
69	373	5,76	7,28	10,09	80,6	190	-	235

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 435,46

Estación: E1 Profundidad: 69
 Fecha: 03/08/2005 Hora: 10:00
 Disco Secchi (m): 4,9 Capa fótica (m): 8,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Conduct. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	435	23,21	-	8,65	101,3	249	168	162
1	434	23,17	-	8,64	101,1	249	166	162
2	433	23,15	-	8,68	101,5	249	164	162
3	432	23,14	-	8,63	101,9	249	163	162
4	431	23,12	-	8,74	102,1	249	161	162
5	430	23,11	-	8,75	102,2	249	162	162
6	429	23,10	-	8,79	102,8	249	162	162
7	428	23,10	-	8,80	102,9	249	162	162
8	427	23,07	-	8,80	103,2	249	163	162
9	426	22,95	-	8,84	102,9	249	163	162
10	425	20,45	-	9,25	102,4	242	162	157
11	424	19,22	-	9,17	99,3	241	160	157
12	423	17,91	-	9,17	96,3	239	155	155
13	422	14,73	-	9,90	96,1	250	157	163
14	421	12,20	-	9,84	97,9	263	154	171
15	420	10,48	-	10,85	97,1	270	160	176
16	419	8,83	-	10,56	95,0	276	152	179
17	418	8,17	-	10,50	93,4	277	150	180
18	417	7,63	-	10,50	92,0	277	150	180
19	416	7,35	-	10,33	89,9	278	149	181
20	415	7,07	-	10,30	88,5	278	150	181
21	414	6,94	-	10,34	86,6	278	149	181
22	413	6,86	-	10,40	85,6	278	149	181
23	412	6,73	-	10,40	85,4	278	149	181
24	411	6,65	-	10,40	85,6	278	149	181
25	410	6,61	-	10,39	84,6	279	148	181
26	409	6,55	-	10,37	84,5	279	149	181
27	408	6,53	-	10,34	84,3	279	148	181
28	407	6,51	-	10,23	83,5	279	147	181
29	406	6,50	-	10,17	82,8	279	147	181
30	405	6,48	-	10,13	82,4	279	148	181
31	404	6,47	-	10,05	82,2	279	147	181
32	403	6,44	-	10,07	81,9	279	147	181
33	402	6,44	-	10,09	82,0	279	146	181
34	401	6,43	-	10,07	81,8	279	146	181
35	400	6,42	-	10,11	82,1	279	146	181
36	399	6,41	-	10,09	82,0	279	146	181
37	398	6,40	-	10,13	82,3	279	146	181
38	397	6,40	-	10,22	83,0	279	145	181
39	396	6,40	-	10,22	83,0	280	145	182
40	395	6,40	-	10,27	83,4	280	145	182
41	394	6,39	-	10,21	82,9	280	145	182

Continuación

EMBALSE: EL GRADO (GR) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 450 **NIVEL:** 435,46

Estación: E1 Profundidad: 69
 Fecha: 03/08/2005 Hora: 10:00
 Disco Secchi (m): 4,9 Capa fótica (m): 8,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Conduct. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	393	6,39	-	10,28	83,5	280	144	182
43	392	6,39	-	10,30	83,6	280	144	182
44	391	6,38	-	10,30	83,5	280	144	182
45	390	6,37	-	10,36	84,1	280	143	182
46	389	6,37	-	10,37	84,4	279	143	181
47	388	6,36	-	10,39	84,7	279	143	181
48	387	6,35	-	10,47	84,8	279	143	181
49	386	6,35	-	10,51	85,3	279	144	181
50	385	6,35	-	10,56	85,6	279	143	181
51	384	6,34	-	10,58	85,8	279	144	181
52	383	6,34	-	10,58	85,5	279	145	181
53	382	6,33	-	10,58	85,5	279	145	181
54	381	6,33	-	10,58	85,5	280	144	182
55	380	6,32	-	10,70	86,7	279	145	181
56	379	6,30	-	10,70	86,6	280	144	182
57	378	6,29	-	10,72	86,7	279	144	181
58	377	6,28	-	10,77	87,2	279	144	181
59	376	6,26	-	10,72	86,8	280	145	182
60	375	6,25	-	10,65	86,3	281	144	183
61	374	6,25	-	10,52	85,1	282	145	183
62	373	6,24	-	10,32	83,5	283	145	184
63	372	6,24	-	9,84	79,6	286	145	186
64	371	6,25	-	9,21	74,6	287	145	187
65	370	6,30	-	8,46	68,5	289	146	188

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	EL GRADO	CÓDIGO:	GR1	
CAMPAÑA:	1	FECHA:	07/08/2004	
COTA MÁXIMA:	450	NIVEL:	445	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	8	46
COTA	msnm	444	437	399
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,9	1,4	19,9
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	94,1	106,7	138,4
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8	0,5	0,6
DQO	mg O ₂ /l	3,9	11,8	7,8
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,013	0,010
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,008	0,010	0,021
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,003	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,29	0,47	0,51
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,04	0,05	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,04	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,44	0,47
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,26	1,29	1,70
NITRATOS	mg N/l	0,28	0,29	0,38
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,010	0,018	0,012
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,005	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,32	0,33	0,43
CALCIO	mg Ca/l	42,1	40,5	56,5
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	7,7	6,5	8,9
SODIO	mg Na/l	4,7	2,4	5,3
POTASIO	mg K/l	0,6	0,4	0,8
CLORUROS	mg Cl ⁻ /l	5,9	3,0	5,9
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /l	18,4	14,1	25,4
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,026
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	3,41	3,54	5,41
CLOROFILA a	µg/l	0,9		

EMBALSE:	EL GRADO	CÓDIGO:	GR2	
CAMPAÑA:	2	FECHA:	16/11/2004	
COTA MÁXIMA:	450,00	NIVEL:	442	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	35	67
COTA	msnm	441	407	375
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,2		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	106,2		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,5		
DQO	mg O ₂ /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,051	0,087
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,017	0,157	0,045
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,051	0,015
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,10	1,27
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,02	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,43	0,09	1,25
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,10	1,77	1,74
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,40	0,39
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,002	0,006	0,012
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,27	0,41	0,42
CALCIO	mg Ca/l			
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l			
SODIO	mg Na/l			
POTASIO	mg K/l			
CLORUROS	mg Cl/l			
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l			
SULFUROS	mg S ⁻² /l			
SÍLICE	mg SiO ₂ /l			
CLOROFILA a	µg/l	1,3		

EMBALSE:	EL GRADO	CÓDIGO:	GR3	
CAMPAÑA:	3	FECHA:	20/04/2005	
COTA MÁXIMA:	450	NIVEL:	442	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	34	68
COTA	msnm	441	408	374
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,8		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	99,2		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,6		
DQO	mg O ₂ /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,002	0,002	0,021
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,003	0,007	0,005
FOSFATOS	mg P/l	0,001	0,002	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,22	0,35	0,42
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,01	0,01	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,20	0,34	0,41
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,11	1,06	1,08
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,24	0,24
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,016	0,017	0,017
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,27	0,25	0,26
CLOROFILA a	µg/l	1,2		

EMBALSE:	EL GRADO	CÓDIGO:	GR4	
CAMPAÑA:	4	FECHA:	03/08/2005	
COTA MÁXIMA:	450	NIVEL:	436	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	32	64
COTA	msnm	435	404	372
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,7		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,3		
DQO	mg O ₂ /l	16,2		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,004	0,027
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,020	0,013	0,084
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,004	0,027
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,64	0,67	0,15
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,02	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,63	0,66	0,13
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,08	1,11	0,90
NITRATOS	mg N/l	0,24	0,25	0,20
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,012	0,012	0,001
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,000
N INORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,27	0,22
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000
COLOROFLA a	µg/l	0,0		

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	GRADO	CÓDIGO:	GR1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	07/08/2004
COTAMAX:	450	D. SECCHI:	4,1
NIVEL:	445	C.FÓTICA:	6,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	444	
CLOROFILA a	µg/l	0.90	
Población total	n° cel/ml	764	
Diversidad (H)	Bits	1.01	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	616	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	5	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	110	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	25	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	8	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	613	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	5	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	106	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	25	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	7	

EMBALSE:	GRADO	CÓDIGO:	GR2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	16/11/2004
COTAMAX:	450	D. SECCHI:	4,9
NIVEL:	442	C.FÓTICA:	8,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	441	
CLOROFILA a	µg/l	1.30	
Población total	n° cel/ml	277	
Diversidad (H)	Bits	1.89	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	55	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	4	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	205	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	10	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
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 comta</i>	Bacillariofícea	26	
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	Bacillariofícea	28	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	4	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	12	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	5	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	183	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	9	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	1	

EMBALSE:	GRADO	CÓDIGO:	GR3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	20/04/2005
COTAMAX:	450	D. SECCHI:	5,8
NIVEL:	442	C.FÓTICA:	9,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	441	
CLOROFILA a	µg/l	1.20	
Población total	n° cel/ml	187	
Diversidad (H)	Bits	2.62	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	118	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	41	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	14	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	6	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	8	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	78	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillariofícea	39	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Crucigeniella pulchra</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	20	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	3	
<i>Selenastrum sp.</i>	Clorofícea	15	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	13	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	5	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	6	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	GRADO	CÓDIGO:	GR4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	03/08/2005
COTAMAX:	450	D. SECCHI:	4,9
NIVEL:	435	C.FÓTICA:	8,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	434	
CLOROFILA a	µg/l	0.00	
Población total	n° cel/ml	676	
Diversidad (H)	Bits	0.59	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	652	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	7	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	10	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	5	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	635	
<i>Cymbella cistula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptotenella</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	4	
<i>Nitzschia fonticola</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Surirella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Franceia sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	6	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	4	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	2	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	

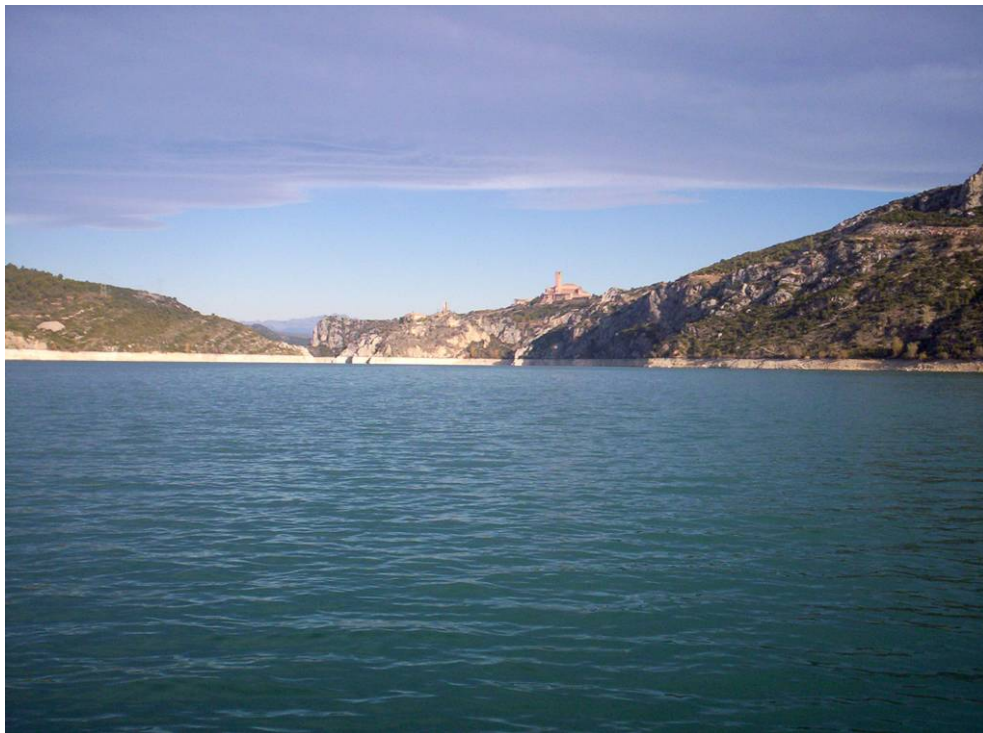
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (07/08/2004)



Panorámica del embalse desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (07/08/2004)



Panorámica del embalse desde la estación de muestreo (E1). Invierno de 2004 (16/11/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio 2006

EMBALSE: EL GRADO

CÓDIGO: GR

LOCALIZACIÓN:

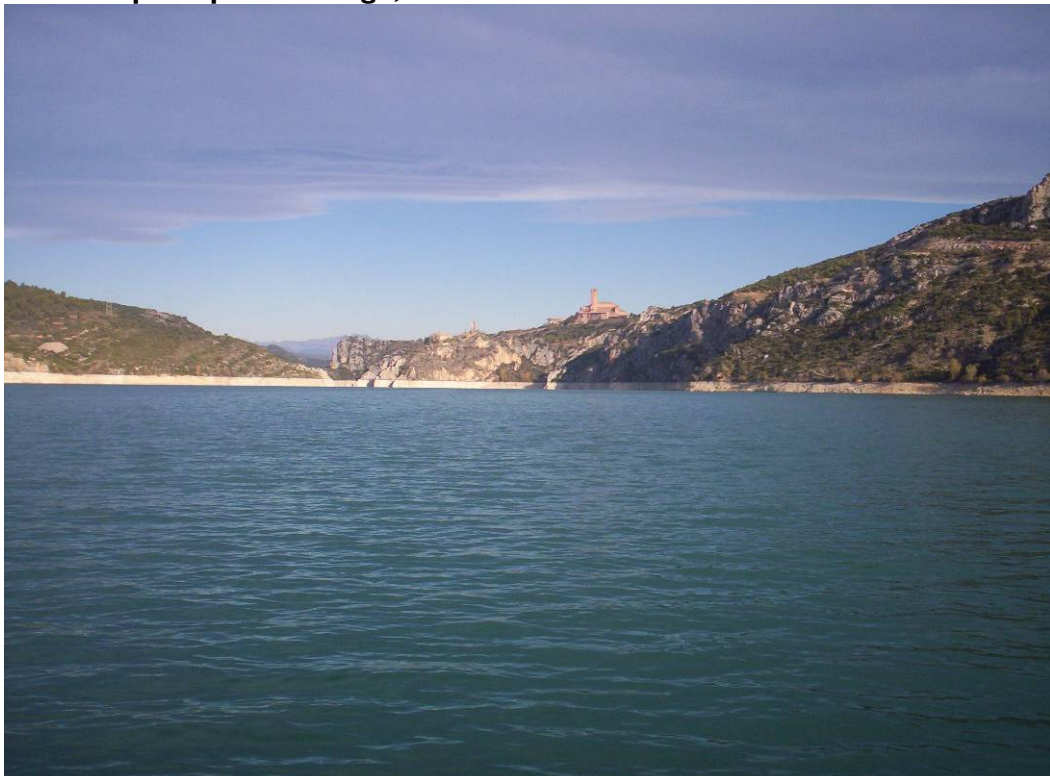
Autonomía: Aragón
Provincia: Huesca
Municipio: El Grado



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Cinca	Otros tributarios:	-
Año de terminación:	1969	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Cinca-Segre	Altitud (msnm):	450
Capacidad total (hm ³):	399	Capacidad útil (hm ³):	-
Longitud máxima (km):	16,9	Perímetro (km):	106
Profundidad máxima (m):	85	Profundidad media (m):	31,3
Usos principales:	Riego, Hidroeléctrico	Otros usos:	-



Panorámica del embalse (16/11/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:

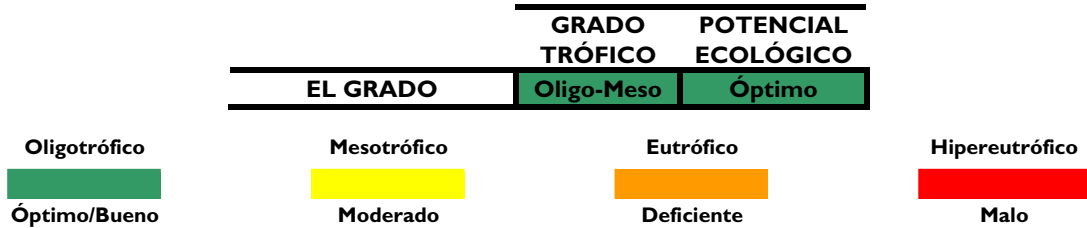


Estación de embalse

Nº Plano/s 1:50.000: 250, 288



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD



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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: David García		Fecha de muestreo: 07/08/2004
Tª superficie (°C): 23,11	pH superficie (ud): 9,14	Conductividad superficie (µS/cm): 280	
Tª fondo (°C): 7,56	pH fondo (ud): 8,32	Conductividad fondo (µS/cm): 331	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	4,05	6,9	
Termoclina: Si		Profundidad (m): 8	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	
2ª CAMPAÑA	Muestreador: David García		Fecha de muestreo: 16/11/2004
Tª superficie (°C): 13,46	pH superficie (ud): 8,32	Conductividad superficie (µS/cm): 322	
Tª fondo (°C): 7,57	pH fondo (ud): 7,83	Conductividad fondo (µS/cm): 419	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	4,9	8,3	
Termoclina: Si		Profundidad (m): 24	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	
3ª CAMPAÑA	Muestreador: David García		Fecha de muestreo: 20/04/2005
Tª superficie (°C): 11,98	pH superficie (ud): 8,11	Conductividad superficie (µS/cm): 219	
Tª fondo (°C): 5,76	pH fondo (ud): 7,28	Conductividad fondo (µS/cm): 190	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	5,8	9,9	
Termoclina: Si		Profundidad (m): 11	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	
4ª CAMPAÑA	Muestreador: David García		Fecha de muestreo: 03/08/2005
Tª superficie (°C): 23,21	pH superficie (ud): -	Conductividad superficie (µS/cm): 249	
Tª fondo (°C): 6,30	pH fondo (ud): -	Conductividad fondo (µS/cm): 289	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	4,9	8,3	
Termoclina: Si		Profundidad (m): 10	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/08/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	GRE IS	GRE IT	GRE IF
PROFUNDIDAD	m	1	8	46
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,013	0,010
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,003	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,29	0,47	0,51
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,04	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,28	0,29	0,38
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,005	0,004
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0,9		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	764		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 616		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>	Nº células/ml: 613		
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 16/11/2004		
PARÁMETRO	UNIDAD	GRE IS	GRE IM	GRE IF
PROFUNDIDAD	m	1	35	67
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,051	0,087
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,051	0,015
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,10	1,27
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,40	0,39
NITRITOS	mg N/l	0,001	0,002	0,004
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,3		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	277		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea	Nº células/ml: 205		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>	Nº células/ml: 183		
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 20/04/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	GRE IS	GRE IM	GRE IF
PROFUNDIDAD	m	1	34	68
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,002	0,002	0,021
FOSFATOS	mg P/l	0,001	0,002	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,22	0,35	0,42
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,24	0,24
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,005
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,2		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	187		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 118		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella bodanica</i>	Nº células/ml: 78		
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 03/08/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	GRE IS	GRE IM	GRE IF
PROFUNDIDAD	m	1	32	64
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,004	0,027
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,004	0,027
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,64	0,67	0,15
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,24	0,25	0,20
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,000
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	676		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 652		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>	Nº células/ml: 635		

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE EL GRADO 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de El Grado 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:

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

Cálculo para biovolumen:

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

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

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

4) Porcentaje de cianobacterias

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

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

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

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

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

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

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

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{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 físicoquímicos 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 EL GRADO

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 El Grado 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	15,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	4,05	Oligotrófico
CLOROFILA a	0,90	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	764	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,00	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila a como ultraoligotrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de El Grado 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 El Grado 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	7,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	4,90	Oligotrófico
COLOROFILA <i>a</i>	0,90	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	676	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2	OLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE EL GRADO

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 El Grado 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0,90	2,89	2,33	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,05	Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,18	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	15,00	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 El Grado 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 El Grado 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,90	2,89	2,33	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,90			Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	10,28			Muy Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,00			Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				2		BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO O SUPERIOR			
ESTADO FINAL				BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de El Grado para el año 2005 es de nivel 2, **BUENO**.