



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 LA SOTONERA

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 La Sotonera 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 La Sotonera está ubicado en el margen septentrional de la Depresión del Ebro. Su cuenca vertiente se extiende hacia el N hasta las Sierras Exteriores (Sierras de Loarre y de Gratal) también llamadas Sierras Oscenses, que forman un rosario de macizos adosados al flanco meridional del gran sinclinorio de Guarga.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1 963, se sitúa en el término municipal de Gurrea de Gállego en la provincia de Huesca. Regula, principalmente, las aguas de los

ríos Sotón, en cuyo cauce se instala la presa, y Astón, no obstante, las mayores aportaciones que recibe proceden del canal del Gállego.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones que presenta un cuerpo de embalse homogéneo, sin grandes diferencias entre los ejes longitudinal y transversal.

La cuenca vertiente al embalse de La Sotonera tiene una superficie total de 33 325,75 ha, de las cuales 11 600 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 1 840 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 189 hm³. Tiene una profundidad media de 10 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 30 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)	33.325,75
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	11 600
Superficie del embalse (ha)	1 840
Longitud máxima del embalse (km)	5
Capacidad total (hm ³)	189
Capacidad útil (hm ³)	189
Profundidad máxima (m)	30
Profundidad media (m)	10
Perímetro en máximo nivel (km)	22
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	417,5
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	393,2; 400; 408,5

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa en capas profundas, entre los 12 y los 13 m. Por su parte, la capa fótica en el estío oscila entre 1,4 y 2,7 metros de espesor.

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

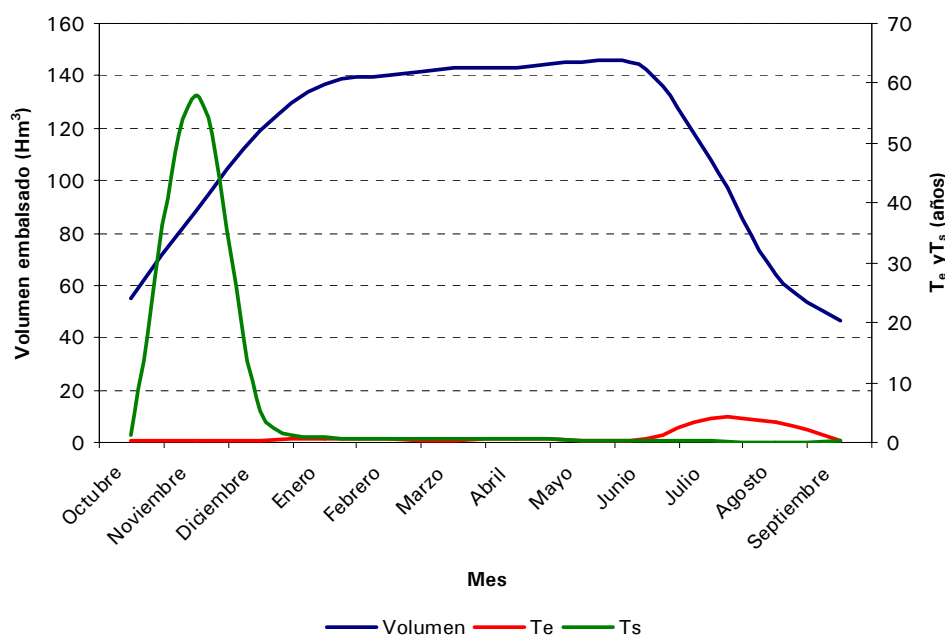
Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
2001-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	54,89	3,53	17,63	1,32	0,26
Noviembre	88,25	0,13	32,78	58,03	0,22
Diciembre	119,10	1,88	32,08	5,39	0,32
Enero	136,76	11,95	17,73	0,97	0,66
Febrero	140,13	14,70	17,93	0,73	0,60
Marzo	142,81	25,63	26,78	0,47	0,45
Abril	142,96	21,50	21,43	0,55	0,55
Mayo	145,31	27,28	30,28	0,45	0,41
Junio	142,40	33,68	20,48	0,35	0,57
Julio	108,13	45,65	2,25	0,20	4,08
Agosto	64,43	40,78	1,65	0,13	3,32
Septiembre	46,39	16,00	8,45	0,24	0,45
Total anual	110,96	242,68	229,43	0,46	0,48

El tiempo de residencia anual del agua es alto, entre 5,5 y 5,8 meses, según se consideren las salidas o las entradas, respectivamente. En el periodo que abarcan los meses de marzo a junio el tiempo de residencia disminuye considerablemente, no obstante, los mínimos se localizan en los meses de agosto (1,6 meses, según las salidas) y noviembre (2,7 meses según las entradas). Por su parte, los valores máximos, atendiendo a las salidas, se sitúan en los meses invernales, noviembre y diciembre, con un registro para el primero de 58 años. Según las entradas los tiempos de retención máximos se dan en verano, meses de julio y agosto, 4 y 3 años, respectivamente.

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 de Los Monegros, cuyo inicio se encuentra en la presa. También se destinan para el abastecimiento de diversas poblaciones (Alcalá de Gurrea, Almudevar, entre otras) y para la producción hidroeléctrica, mediante una central instalada a pie de presa. Además en el embalse se realizan actividades recreativas (pesca, baño y navegación principalmente).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de La Sotonera 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 extracción para consumo humano:* En el embalse de La Sotonera se encuentra censada una captación para consumo humano que abastece a un total de 335 habitantes y cuyo titular es el ayuntamiento de Lupiñen-Ortilla.
- *Zonas de protección de hábitats o especies:* El embalse de La Sotonera forma parte de la ZEPA ES0000290 "La Sotonera". El área tiene una importancia clave para la grulla común (*Grus grus*) por localizarse estratégicamente en su ruta migratoria, como escala entre Gallocanta y la cadena montañosa pirenaica, siendo una localidad de reposo y de uso muy intenso en la migración prenupcial (febrero-marzo).

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	30/07/2004	Estratificación
2ª Campaña	26/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	06/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	13/07/2005	Estratificación

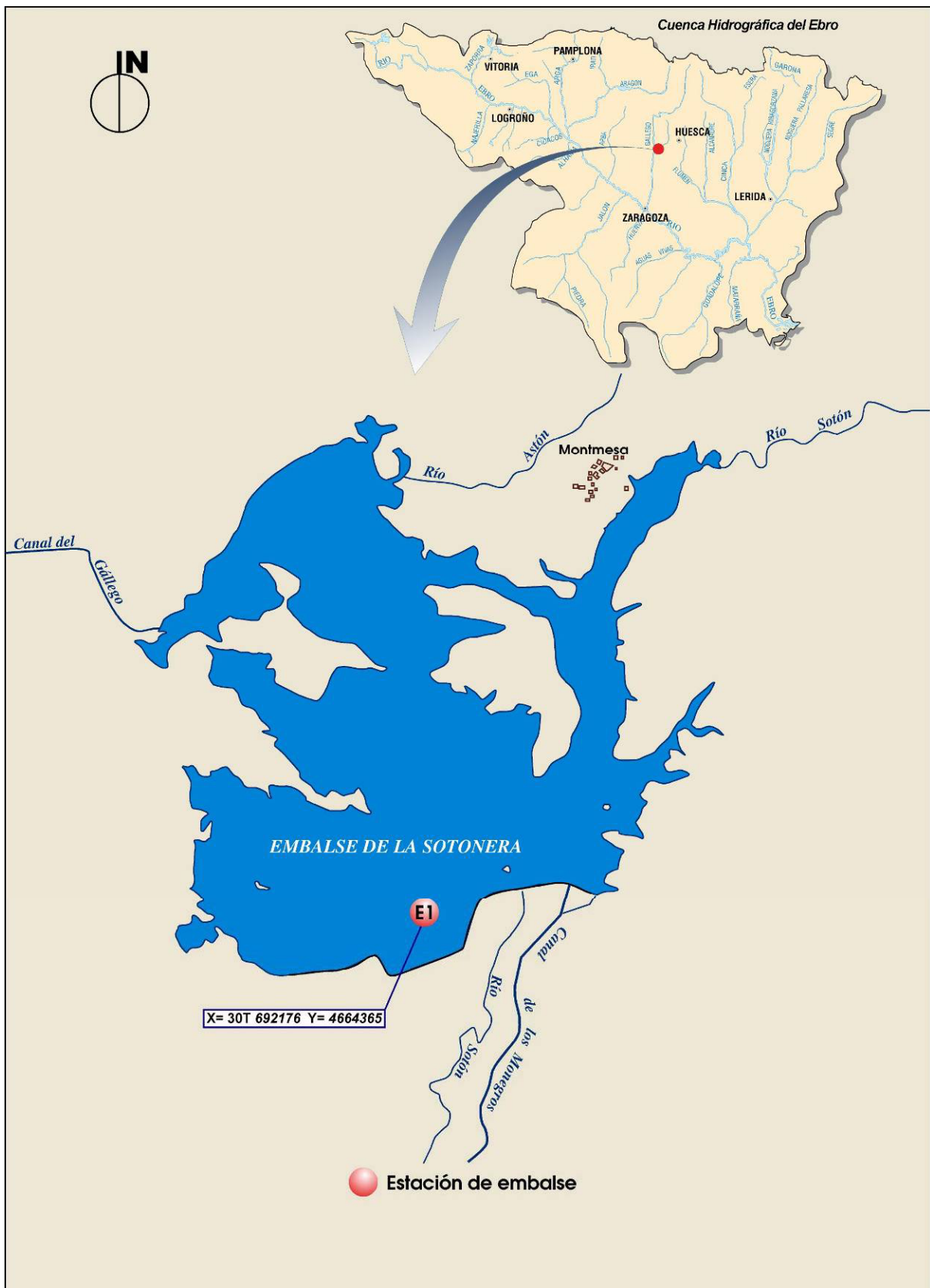


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de La Sotonera

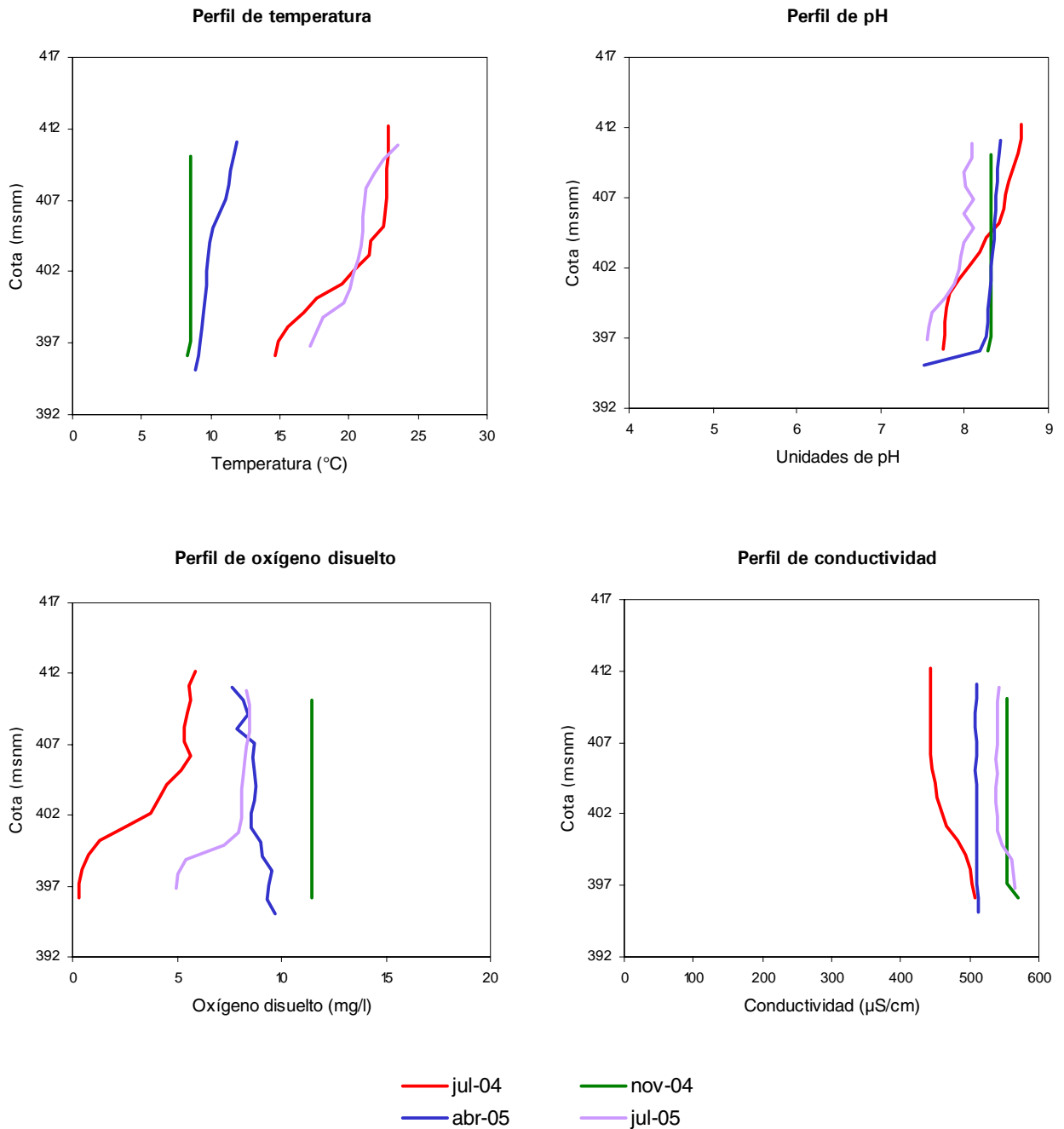
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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 8,31 °C –mínimo invernal- y los 23,6 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la termoclina se sitúa en capas profundas, entre los 12 y los 13 m de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,19 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,67 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,52 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 1,1 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 2 metros. El mínimo (0,8 m) se registra en la campaña de verano de 2005, mientras que el máximo (1,61m) se registra en verano de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son aceptables, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,8 mg/l O₂. Tan sólo se detectan condiciones anóxicas (< 1 mg/l O₂) en julio de 2004 y en los últimos cuatro metros de profundidad. En verano de 2005 el hipolimnion se encuentra bien oxigenado, adquiriendo el mínimo, registrado en el último metro de profundidad, un valor de 4,98 mg/l O₂. Los valores máximos se dan en invierno donde la columna de agua presenta un valor en torno a 11,5 mg/l O₂.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 516 µS/cm. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores históricos de este ámbito.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

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

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas en el caso del fósforo total y ligeramente altas en el del nitrógeno inorgánico total (NIT), no obstante, se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

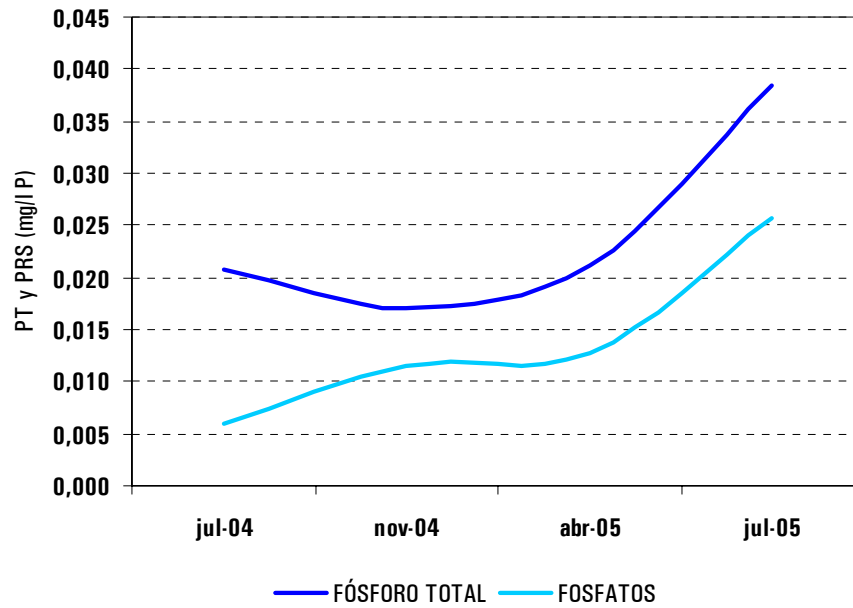
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,024 mg/l P. El máximo se da en verano de 2005 -0,038 mg/l P-, mientras que el mínimo -0,017 mg/l P- se obtiene en invierno. Los valores de ortofosfatos, con una concentración media anual de 0,014 mg/l P, alcanzan su valor máximo -0,026 mg/l P - en julio de 2005, mientras que el mínimo, a diferencia del fósforo total, se localiza en julio de 2004 -0,006 mg/l P-.

De los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitritos que, exceptuando la campaña de julio de 2005, superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03$ mg NO₂/l). Los valores máximos se dan en invierno, donde la concentración media para toda la columna de agua adquiere un valor de 0,053 mg/l NO₂. No obstante, entre las formas inorgánicas que componen el nitrógeno inorgánico total (NIT) la dominante es la de nitratos (NO₃/NIT = 96%), siendo las proporciones de amonio y de nitritos pequeñas (NH₄/NIT = 3%; NO₂/NIT = 1%). El máximo de nitrógeno inorgánico total (NIT) se sitúa en primavera -0,94 mg/l N-, donde, prácticamente, el 97% de ésta concentración corresponde a los nitratos.

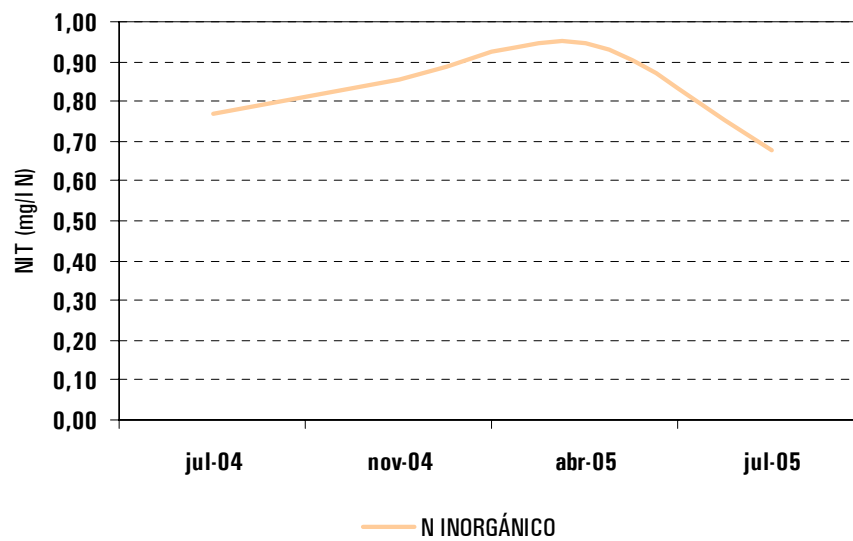
- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en el tributario, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,7 y 12,4 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (51,5 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 La Sotonera**



**Valores medios de Nitrógeno Inorgánico Total
Embalse de La Sotonera**



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**.

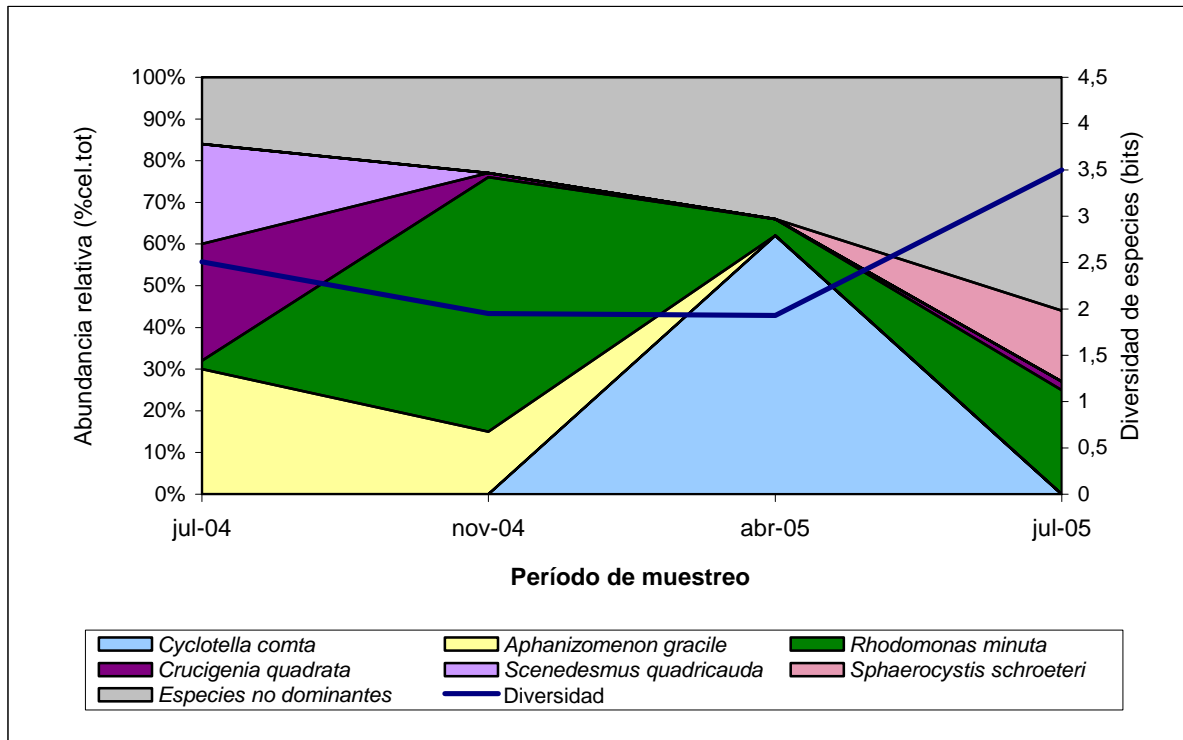
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

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

- 11 diatomeas
- 3 cianobacterias
- 22 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 1 crisofíceas
- 5 dinofíceas
- 4 euglenofíceas
- 3 zigofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 6 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

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



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

En el primer período estival se registra el valor máximo de densidad algal -1 327 cel/ml-. Durante este periodo se observa la codominancia de tres especies; *Crucigenia quadrata*, *Scenedesmus quadricauda*, ambas clorofíceas y la cianobacteria *Aphanizomenon gracile* (ver Figura 5).

Durante la época invernal de 2004, la comunidad algal reduce su densidad hasta contabilizarse 499 cel/ml. Gran parte de la población pertenece al grupo de las criptofíceas y dentro de éstas, la especie más abundante es *Rhodomonas minuta*, criptofícea común de masas de agua mezclada, que en este periodo representa el 60% de la población.

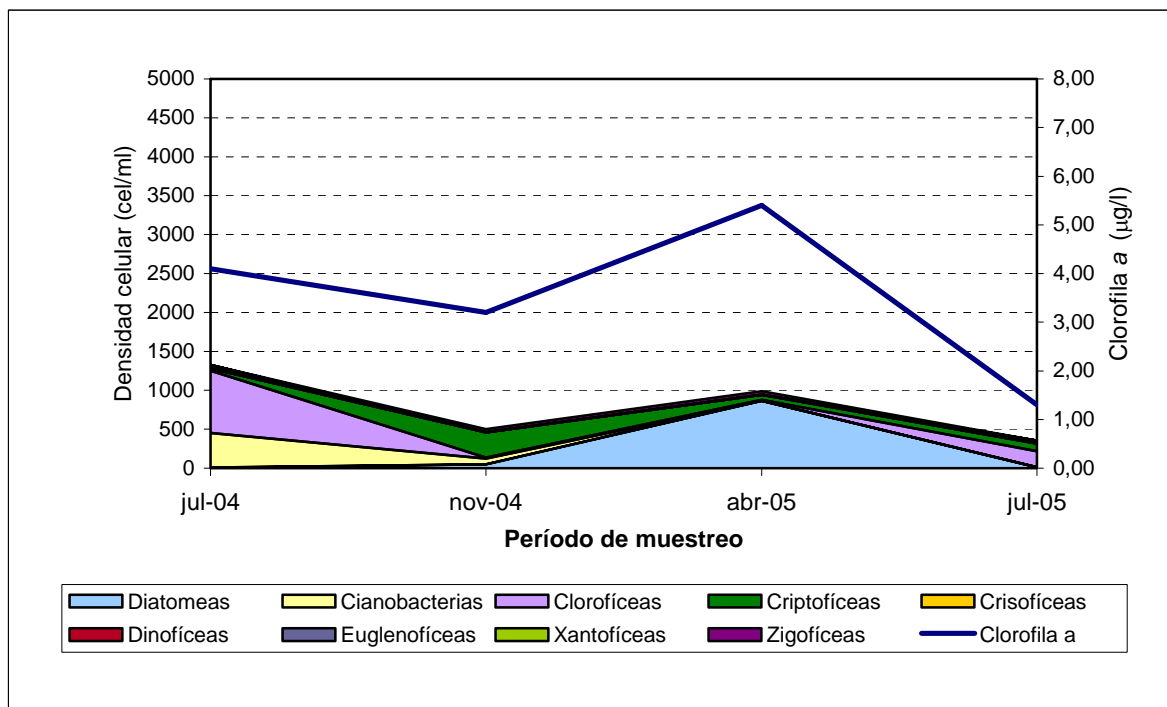
En primavera se produce un leve incremento de la densidad fitoplactónica y se registran 990 cel/ml. La composición de la comunidad algal cambia y las diatomeas pasan a ser el grupo dominante, entre ellas destacan por su abundancia *Cyclotella comta* -representa

el 62% de la población- y *Asterionella formosa*. La clara dominancia de las dos especies citadas reduce el índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo anual -1,93 bits-.

En el verano de 2005 se reduce de nuevo la densidad fitoplanctónica y se registra el valor más bajo para el periodo de estudio -353 cel/ml-. En este período las 28 especies identificadas tienen una abundancia relativa muy semejante. La mayoría de las especies pertenecen al grupo de las clorofíceas y criptofíceas, si bien no destaca ninguna de ellas por su abundancia. Esta situación determina el máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -3,50 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*, y la densidad algal se ajustan bien. De modo que los valores moderados de densidad algal se corresponden con valores moderados de clorofila *a*. En el último período muestreado, tanto la biomasa -1,30 µg/l- como la densidad algal -353 cel/ml- se reducen hasta valores muy bajos.

4.3.1. Calidad bioindicadora

La comunidad fitoplanctónica se caracteriza en el primer periodo estival -2004- por la presencia de las clorofíceas *Scenedesmus quadricauda* y *Crucigenia quadrata* y la cianobacteria *Aphanizomenon gracile*. La dominancia de las clorofíceas y el crecimiento de las cianobacterias denota medios estratificados, bien iluminados y con una alta concentración de nutrientes.



Scenedesmus quadricauda

En los siguientes periodos domina *Rhodomonas minuta* en invierno y *Cyclotella comta* en primavera. Esta sucesión informa de un medio bien mezclado que ha reducido su grado trófico a la mesotrofia. El grado trófico del embalse continúa reduciéndose en el verano de 2005 cuando no se identifica ninguna especie dominante y se registran los mínimos valores de densidad algal y biomasa.

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 La Sotonera, como **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, considerado como máximo anual) presenta un resultado de oligotrofia. El máximo rango, hipereutrofia, se obtiene con la transparencia (considerada como media anual), no obstante éste parámetro sobreestima el grado trófico del embalse, ya que la baja transparencia se debe, en gran medida, a sólidos inorgánicos en suspensión.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a, del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como mesotrófico.

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

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	24	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	792	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	5,4	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	3,5	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	24	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	1,1	EUTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	792	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	3,5	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	24	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	778	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	1,1	E. AVANZADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	3,5	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	5,4	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	24	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	1,1	HIPEREUT.
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	0,8	EUTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	59	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/Cl_a^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	43	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	48	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 La Sotonera es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE SOTONERA			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	792	5	3,0	3,0	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	3,5	3			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	396	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	1,1	1	3,0	3,0	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,8	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	24,3	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			1	2	3	4	5					

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

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

EMBALSE:	LA SOTONERA (ST)				CAMPAÑA:	1			
COT. MAX:	417,5				NIVEL:	412			
Estación:	E1				Profundidad:	16			
Fecha:	30/07/2004				Hora:	10:30			
Disco Secchi (m):	1,61				Capa fótica (m):	2,7			
Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l	
0	412	22,90	8,67	5,90	68,60	443	255	288	
1	411	22,84	8,67	5,58	64,70	444	255	289	
2	410	22,79	8,64	5,63	65,40	444	256	289	
3	409	22,73	8,59	5,48	63,80	444	256	289	
4	408	22,70	8,53	5,35	62,40	443	256	288	
5	407	22,72	8,48	5,35	62,50	444	256	289	
6	406	22,66	8,46	5,64	65,30	444	257	289	
7	405	22,45	8,41	5,17	59,40	446	256	290	
8	404	21,58	8,26	4,54	51,20	451	251	293	
9	403	21,42	8,18	4,11	46,30	452	247	294	
10	402	20,46	8,06	3,72	41,20	460	244	299	
11	401	19,52	7,93	2,60	28,10	466	241	303	
12	400	17,68	7,82	1,32	13,50	483	239	314	
13	399	16,78	7,79	0,79	8,20	493	239	320	
14	398	15,63	7,77	0,42	4,20	500	238	325	
15	397	14,93	7,77	0,32	3,20	504	237	328	
16	396	14,61	7,75	0,31	3,10	508	196	330	

EMBALSE:	LA SOTONERA (ST)				CAMPAÑA:	2			
COT. MAX:	417,5				NIVEL:	410			
Estación:	E1				Profundidad:	14			
Fecha:	26/11/2004				Hora:	10:30			
Disco Secchi (m):	0,9				Capa fótica (m):	1,5			
Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l	
0	410	8,57	8,32	11,48	98,50	553	112	359	
1	409	8,57	8,32	11,48	98,50	553	110	359	
2	408	8,57	8,32	11,48	98,40	553	108	359	
3	407	8,56	8,32	11,47	98,40	553	104	359	
4	406	8,55	8,32	11,48	98,30	553	102	359	
5	405	8,55	8,32	11,48	98,40	554	101	360	
6	404	8,55	8,32	11,47	98,40	554	98	360	
7	403	8,55	8,32	11,48	98,40	554	95	360	
8	402	8,55	8,32	11,47	98,30	554	89	360	
9	401	8,55	8,32	11,47	98,30	554	88	360	
10	400	8,54	8,31	11,46	98,20	554	88	360	
11	399	8,54	8,32	11,46	98,20	554	87	360	
12	398	8,54	8,32	11,45	98,10	554	84	360	
13	397	8,53	8,32	11,45	98,00	554	82	360	
14	396	8,31	8,28	11,42	97,40	569	97	370	

EMBALSE:	LA SOTONERA (ST)				CAMPAÑA:	3			
COT. MAX:	417,5				NIVEL:	411			
Estación:	E1				Profundidad:	16			
Fecha:	06/04/2005				Hora:	18:50			
Disco Secchi (m):	1,1				Capa fótica (m):	1,9			
Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l	
0	411	11,87	8,43	7,64	71,10	509	161	331	
1	410	11,71	8,41	8,17	76,30	509	161	331	
2	409	11,43	8,40	8,39	76,90	508	162	330	
3	408	11,31	8,39	7,86	71,50	508	162	330	
4	407	11,05	8,38	8,70	78,50	509	164	331	
5	406	10,65	8,37	8,66	78,60	509	165	331	
6	405	10,21	8,36	8,70	77,50	508	166	330	
7	404	9,98	8,35	8,81	78,00	509	167	331	
8	403	9,80	8,33	8,72	76,90	509	167	331	
9	402	9,72	8,32	8,54	75,00	509	167	331	
10	401	9,70	8,31	8,52	75,00	509	168	331	
11	400	9,60	8,30	9,03	79,30	509	169	331	
12	399	9,51	8,28	9,06	79,50	510	169	332	
13	398	9,36	8,27	9,56	83,60	510	170	332	
14	397	9,18	8,25	9,37	81,90	511	171	332	
15	396	9,06	8,19	9,29	80,20	512	168	333	
16	395	8,88	7,52	9,72	84,00	512	130	333	

EMBALSE:	LA SOTONERA (ST)				CAMPAÑA:	4			
COT. MAX:	417,5				NIVEL:	410,8			
Estación:	E1				Profundidad:	13,8			
Fecha:	13/07/2005				Hora:	11:00			
Disco Secchi (m):	0,8				Capa fótica (m):	1,4			
Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l	
0	411	23,59	8,09	8,29	97,80	542	148	352,3	
1	410	22,49	8,08	8,44	97,80	541	148	351,7	
2	409	21,86	8,00	8,51	97,20	541	144	351,7	
3	408	21,22	8,01	8,49	96,20	540	150	351,0	
4	407	21,09	8,10	8,30	93,30	539	170	350,4	
5	406	21,03	8,00	8,24	92,70	538	155	349,7	
6	405	20,95	8,10	8,18	91,90	539	173	350,4	
7	404	20,89	7,99	8,12	90,90	538	157	349,7	
8	403	20,63	7,96	8,10	90,30	538	154	349,7	
9	402	20,36	7,94	8,12	90,10	539	159	350,4	
10	401	20,10	7,87	7,94	87,60	541	147	351,7	
11	400	19,58	7,76	7,27	79,40	548	138	356,2	
12	399	18,07	7,62	5,39	57,20	561	131	364,7	
13	398	17,67	7,57	5,06	53,20	564	131	366,6	
14	397	17,15	7,55	4,98	54,80	566	136	367,9	

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST1	
CAMPAÑA:	1	FECHA:	30/07/2004	
COTA MÁXIMA:	417,50	NIVEL:	412	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	12	15
COTA	msnm	411	400	397
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	5,5	10,7	14,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	128,8	139,4	144,0
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,9	1,0	0,9
DQO	mg O ₂ /l	11,9	4,0	11,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,026	0,029
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,013	0,018	0,023
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,006	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,18	0,66
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,04	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,22	0,15	0,61
NITRATOS	mg NO ₃ /l	3,07	3,12	3,37
NITRATOS	mg N/l	0,69	0,70	0,76
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,039	0,070	0,025
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,021	0,008
N INORGÁNICO	mg N/l	0,73	0,76	0,82
CALCIO	mg Ca/l	47,7	49,9	56,9
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	13,6	13,6	14,1
SODIO	mg Na/l	23,1	23,2	24,1
POTASIO	mg K/l	5,3	5,3	5,2
CLORUROS	mg Cl/l	31,4	31,0	31,5
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l	30,9	33,5	41,6
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,014
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	4,26	5,41	8,00
CLOROFILA a	µg/l	4,1		

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST2	
CAMPAÑA:	2	FECHA:	26/11/2004	
COTA MÁXIMA:	417,50	NIVEL:	410	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	6,5	13
COTA	msnm	409	404	397
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,4		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	119,8		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,2		
DQO	mg O ₂ /l	16,3		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,021	0,018	0,012
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,034	0,037	0,034
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,012	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,65	0,48	0,39
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,64	0,47	0,38
NITRATOS	mg NO ₃ /l	3,52	3,55	3,95
NITRATOS	mg N/l	0,79	0,80	0,89
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,047	0,052	0,059
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,016	0,018
N INORGÁNICO	mg N/l	0,82	0,83	0,92
CLOROFILA a	µg/l	3,2		

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST3	
CAMPAÑA:	3	FECHA:	06/04/2005	
COTA MÁXIMA:	417,50	NIVEL:	411	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	8,0	15
COTA	msnm	410	403	396
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	5,8		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	118,5		
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,2		
DQO	mg O ₂ /l	15,8		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,028	0,018	0,018
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,033	0,054	0,031
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,018	0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,73	0,56	0,56
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,02	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,72	0,54	0,53
NITRATOS	mg NO ₃ /l	3,97	4,02	4,12
NITRATOS	mg N/l	0,90	0,91	0,93
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,045	0,042	0,043
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,013	0,013
N INORGÁNICO	mg N/l	0,93	0,94	0,98
POTASIO	mg K/l		96,9%	
CLOROFILA a	µg/l	5,4		

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST4	
CAMPAÑA:	4	FECHA:	30/07/2005	
COTA MÁXIMA:	417,50	NIVEL:	412	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	8,0	15
COTA	msnm	411	404	397
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,1		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,5		
DQO	mg O ₂ /l	8,1		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,045	0,023	0,047
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,123	0,062	0,051
FOSFATOS	mg P/l	0,040	0,020	0,017
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,26	0,58	0,69
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,03	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,25	0,56	0,66
NITRATOS	mg NO ₃ /l	2,56	3,02	3,07
NITRATOS	mg N/l	0,58	0,68	0,69
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,030	0,012	0,013
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,004	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,60	0,71	0,73
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000
CLOROFILA a	µg/l	1,3		

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST2	
CAMPAÑA:	2	FECHA:	26/11/2004	
COTA MÁXIMA:	417,50	NIVEL:	410	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	6,5	13
COTA	msnm	409	404	397
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,4		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	119,8		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,2		
DQO	mg O ₂ /l	16,3		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,021	0,018	0,012
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,034	0,037	0,034
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,012	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,65	0,48	0,39
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,64	0,47	0,38
NITRATOS	mg NO ₃ /l	3,52	3,55	3,95
NITRATOS	mg N/l	0,79	0,80	0,89
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,047	0,052	0,059
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,016	0,018
N INORGÁNICO	mg N/l	0,82	0,83	0,92
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	3,2		

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	30/07/2004
COTAMAX:	418	D. SECCHI:	1,6
NIVEL:	412	C.FÓTICA:	2,7
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	411	
CLOROFILA a	µg/l	4,10	
Población total	n° cel/ml	1.327	
Diversidad (H)	Bits	2,51	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	9	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	441	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	803	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	27	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	39	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	6	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	1	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacillariofícea	4	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cianobacteria	396	
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	45	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	15	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	372	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	10	
<i>Franceia sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	83	
<i>Pediastrum boryanum</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofícea	316	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	3	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	26	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	38	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Strombomonas sp.</i>	Euglenofícea	2	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenofícea	3	
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	1	

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	26/11/2004
COTAMAX:	418	D. SECCHI:	0,9
NIVEL:	410	C.FÓTICA:	1,5
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	409	
CLOROFILA a	µg/l	3,20	
Población total	n° cel/ml	499	
Diversidad (H)	Bits	1,95	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	49	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	73	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	13	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	323	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	41	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillariofícea	47	
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cianobacteria	73	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Clorofícea	1	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	5	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	4	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	14	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	304	
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	39	
<i>Closterium acutum</i>	Zigofícea	1	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	1	

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	06/04/2005
COTAMAX:	418	D. SECCHI:	1,1
NIVEL:	411	C.FÓTICA:	1,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	410	
CLOROFILA a	µg/l	5,40	
Población total	n° cel/ml	990	
Diversidad (H)	Bits	1,93	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	865	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	14	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	64	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	45	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	182	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	609	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	7	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	64	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Ankistrodesmus angustus</i>	Clorofícea	2	
<i>Asterococcus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	7	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	4	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	7	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	8	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	2	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	11	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	35	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	44	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	1	

EMBALSE:	LA SOTONERA	CÓDIGO:	ST4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	13/07/2004
COTAMAX:	418	D. SECCHI:	0,8
NIVEL:	411	C.FÓTICA:	1,4
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	410	
CLOROFILA a	µg/l	1,30	
Población total	n° cel/ml	353	
Diversidad (H)	Bits	3,50	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	13	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	202	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	100	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	31	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	4	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	2	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	4	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	6	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Asterococcus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	20	
<i>Coelastrum microporum</i>	Clorofícea	5	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Clorofícea	1	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	7	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	32	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Elakatothrix genevensis</i>	Clorofícea	1	
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	7	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Clorofícea	10	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	59	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Clorofícea	52	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	3	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	3	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	4	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	90	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	26	
<i>Peridinium umbonatum</i>	Dinofícea	5	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	2	
<i>Strombomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Closterium aciculare</i>	Zigofícea	2	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Panorámica del embalse de La Sotonera desde la presa. Verano de 2004 (30/07/2004)



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Invierno de 2004 (26/11/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: SOTONERA

CÓDIGO: ST

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Huesca
Municipio: Alcalá de Gurrea



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Sotón	Otros tributarios:	
Año de terminación:	1963	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Gállego	Altitud (msnm):	417,5
Capacidad total (hm³):	189	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	5	Perímetro (km):	22
Profundidad máxima (m):	30	Profundidad media (m):	10,3
Usos principales:	Riego	Otros usos:	Abastecimiento




Panorámica del embalse (30/07/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



 Estación de embalse

Nº Plano/s 1:50.000: 137

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

SOTONERA		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
		Mesotrófico	Óptimo
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/bueno	Moderado	Deficiente	Malo

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 30/07/2004
Tª superficie (°C): 22,90	pH superficie (ud): 8,67	Conductividad superficie (µS/cm): 443
Tª fondo (°C): 14,61	pH fondo (ud): 7,75	Conductividad fondo (µS/cm): 508
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,61	2,7
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 12
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 4
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 26/11/2004
Tª superficie (°C): 8,57	pH superficie (ud): 8,32	Conductividad superficie (µS/cm): 553
Tª fondo (°C): 8,31	pH fondo (ud): 8,28	Conductividad fondo (µS/cm): 569
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	0,9	1,5
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 06/04/2005
Tª superficie (°C): 11,87	pH superficie (ud): 8,43	Conductividad superficie (µS/cm): 509
Tª fondo (°C): 8,88	pH fondo (ud): 7,52	Conductividad fondo (µS/cm): 512
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,1	1,9
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 13/07/2005
Tª superficie (°C): 23,59	pH superficie (ud): 8,09	Conductividad superficie (µS/cm): 542
Tª fondo (°C): 17,15	pH fondo (ud): 7,55	Conductividad fondo (µS/cm): 566
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	0,8	1,4
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 12
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 27/07/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	STEIS	STEIT	STEIF
PROFUNDIDAD	m	1	12	15
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,026	0,029
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,006	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,18	0,66
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,69	0,70	0,76
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,021	0,008
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	4,1		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.327		
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea	Nº células/ml: 803		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Crucigenia quadrata</i>	Nº células/ml: 372		
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 23/11/2004		
PARÁMETRO	UNIDAD	STEIS	STEIM	STEIF
PROFUNDIDAD	m	1	6,5	13
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,021	0,018	0,012
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,012	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,65	0,48	0,39
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,79	0,80	0,89
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,016	0,018
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	3,2		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	499		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea	Nº células/ml: 323		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>	Nº células/ml: 304		
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/04/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	STEIS	STEIM	STEIF
PROFUNDIDAD	m	1	8,0	15
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,028	0,018	0,018
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,018	0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,73	0,56	0,56
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,90	0,91	0,93
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,013	0,013
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	5,4		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	990		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 865		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>	Nº células/ml: 609		
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 13/07/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	STEIS	STEIM	STEIF
PROFUNDIDAD	m	1	8,0	15
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,045	0,023	0,047
FOSFATOS	mg P/l	0,040	0,020	0,017
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,26	0,58	0,69
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,58	0,68	0,69
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,004	0,004
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,3		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	353		
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea	Nº células/ml: 202		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Chlorococcum sp.</i>	Nº células/ml: 32		

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LA SOTONERA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de La Sotonera 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:

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

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
RCEtrans	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

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

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

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

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

1) Transparencia

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

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

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

2) Condiciones de oxigenación

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

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

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

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

3) Concentración de nutrientes

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

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

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

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

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

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

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

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

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

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

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

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

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

2.2. ESTADO QUÍMICO

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

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

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

2.3. ESTADO

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

Tabla A18. Determinación del estado.

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE LA SOTONERA

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 La Sotonera 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	11,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,61	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	4,10	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	1327	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,00	MESOTRÓFICO

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

En la tabla A20b se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para la campaña de muestreo de 2005.

Tabla A20b. Diagnóstico del estado trófico del embalse de La Sotonera 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	9,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	0,80	Eutrófico
COLOROFILA <i>a</i>	3,20	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	353	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LA SOTONERA

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 La Sotonera 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	4,10	0,63	0,74	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,61	Moderado			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	5,51	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	11,00	Moderado			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3			MODERADO
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	3,20	0,81	0,87	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
<hr/>							
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	0,80			Moderado	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,56			Bueno	
	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 La Sotonera para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.