



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 SANTOLEA

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 Santolea y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

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

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico

La cuenca vertiente al embalse de Santolea está situada en el borde meridional de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, al Sur de la Depresión terciaria del Ebro y al NW de la zona conocida como el Maestrazgo.

El embalse se sitúa en el término municipal de Castellote, en la provincia de Teruel. La presa, terminada en 1932, se enclava en el río Guadalope, regulando sus aguas junto a las de río Bordón, tributario del embalse por la margen derecha.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones sin grandes diferencias morfológicas, a excepción del brazo que por la margen derecha forma el río Bordón.

La cuenca vertiente al embalse de Santolea tiene una superficie total de 122 703,97 ha, de las cuales 3 982 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 338 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 52,5 hm³. Tiene una profundidad media de 14,4 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 44 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)	122 703,97
Superficie de la cuenca parcial (ha)	122 703,97
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	3 982
Superficie del embalse (ha)	338
Longitud máxima del embalse (km)	6
Capacidad total (hm ³)	52,5
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	44
Profundidad media (m)	14,4
Perímetro en máximo nivel (km)	21
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	583,35
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	541,2; 545,8; 554,5; 580,3

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa a 9 metros de profundidad. La capa fótica en el estío oscila entre 5 y 7 metros de espesor.

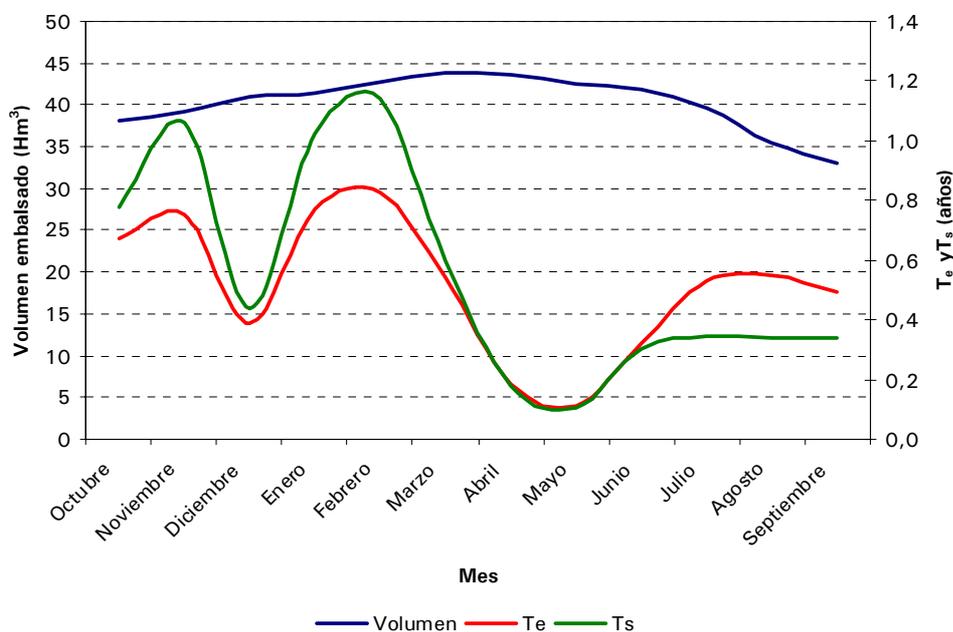
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

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	38,09	4,18	4,80	0,77	0,67
Noviembre	39,25	3,05	4,28	1,06	0,75
Diciembre	40,88	7,95	8,93	0,44	0,39
Enero	41,36	3,43	4,55	1,03	0,77
Febrero	42,81	2,88	3,98	1,14	0,83
Marzo	43,88	6,20	6,85	0,60	0,54
Abril	43,68	19,95	19,18	0,18	0,19
Mayo	42,45	33,55	32,30	0,11	0,11
Junio	41,83	11,30	10,68	0,30	0,32
Julio	39,58	9,78	6,33	0,34	0,53
Agosto	35,48	8,85	5,48	0,34	0,55
Septiembre	33,04	7,95	5,48	0,34	0,50
Total anual	40,19	119,05	112,80	0,34	0,36

El tiempo de residencia anual del agua es moderado, en torno a 4 meses. Los mínimos se obtienen en el mes de mayo –del orden de 40 días-; y los máximos en febrero - en torno a 7 meses-, en ambos casos atendiendo tanto a las entradas como a las salidas.

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

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua


2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y al abastecimiento de diversas poblaciones (Castellote, Mas de las Matas y Aguasvivas, entre otros). También se destinan a la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa. El embalse no es muy frecuentado para la realización de actividades recreativas, no obstante, entre éstas destacan la pesca y, en menor medida, la navegación.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Santolea 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:* El embalse de Santolea nutre de agua a la acequia "La Pinilla" donde existe un punto de captación, cuyo titular es

el Ayuntamiento de Castellote, ésta captación suministra agua a una población de 527 habitantes.

- *Zonas de protección de habitats o especies:* El embalse de Santolea forma parte de la ZEPA ES0000306 "Río Guadalopec-Maestrazgo". Alberga poblaciones de gran interés de rapaces rupícolas, destacando como uno de los núcleos más importantes de Buitre común (*Gyps fulvus*) de la península Ibérica. Entre la fauna asociada a medios acuáticos destaca la nutria (*Lutra lutra*).

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) y otra en el tributario principal, río Guadalopec, antes de su ingreso al embalse (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

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

Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo

1ª Campaña	18/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	29/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	26/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	09/08/2005	Mezcla

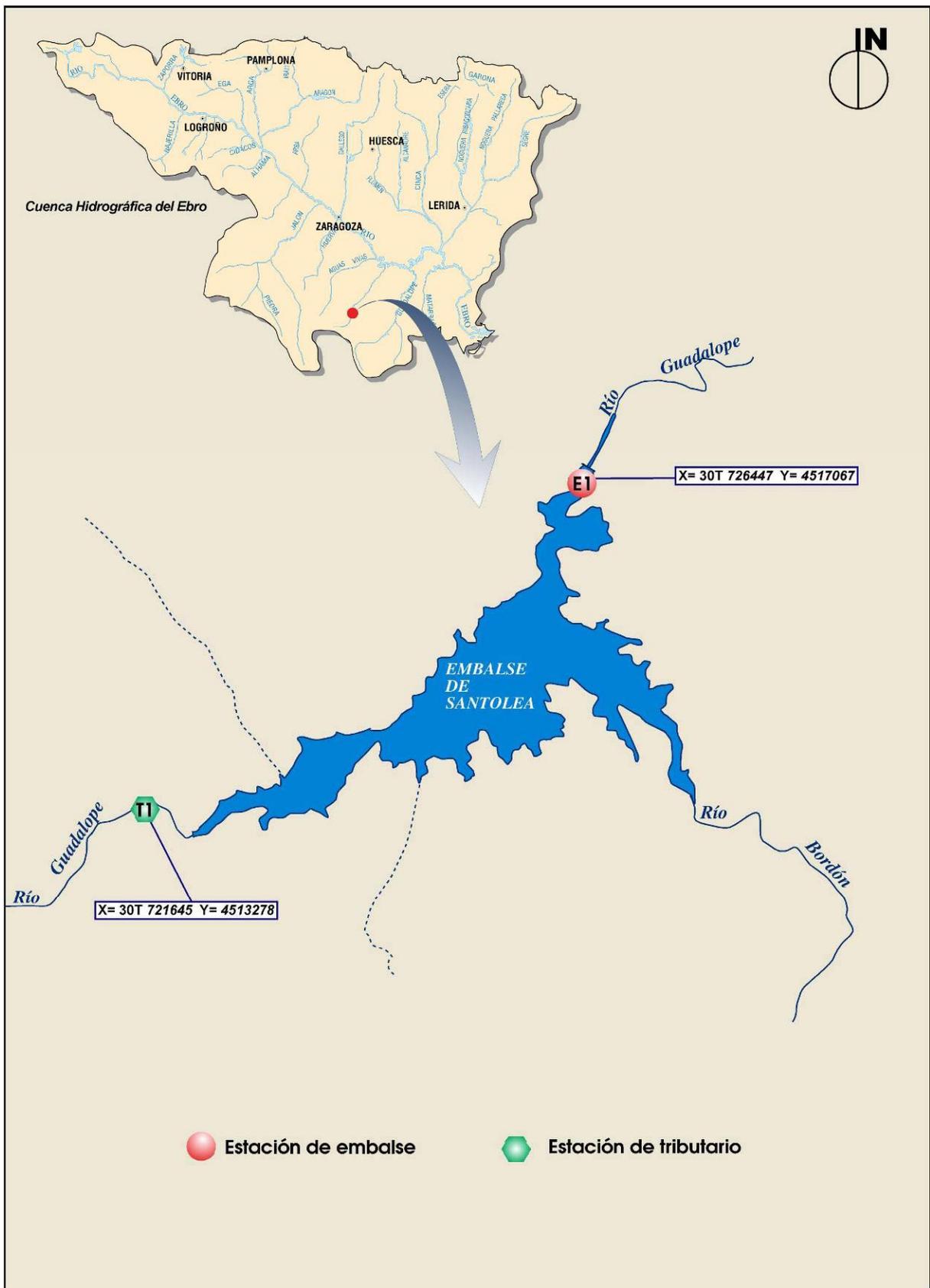


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Santolea

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

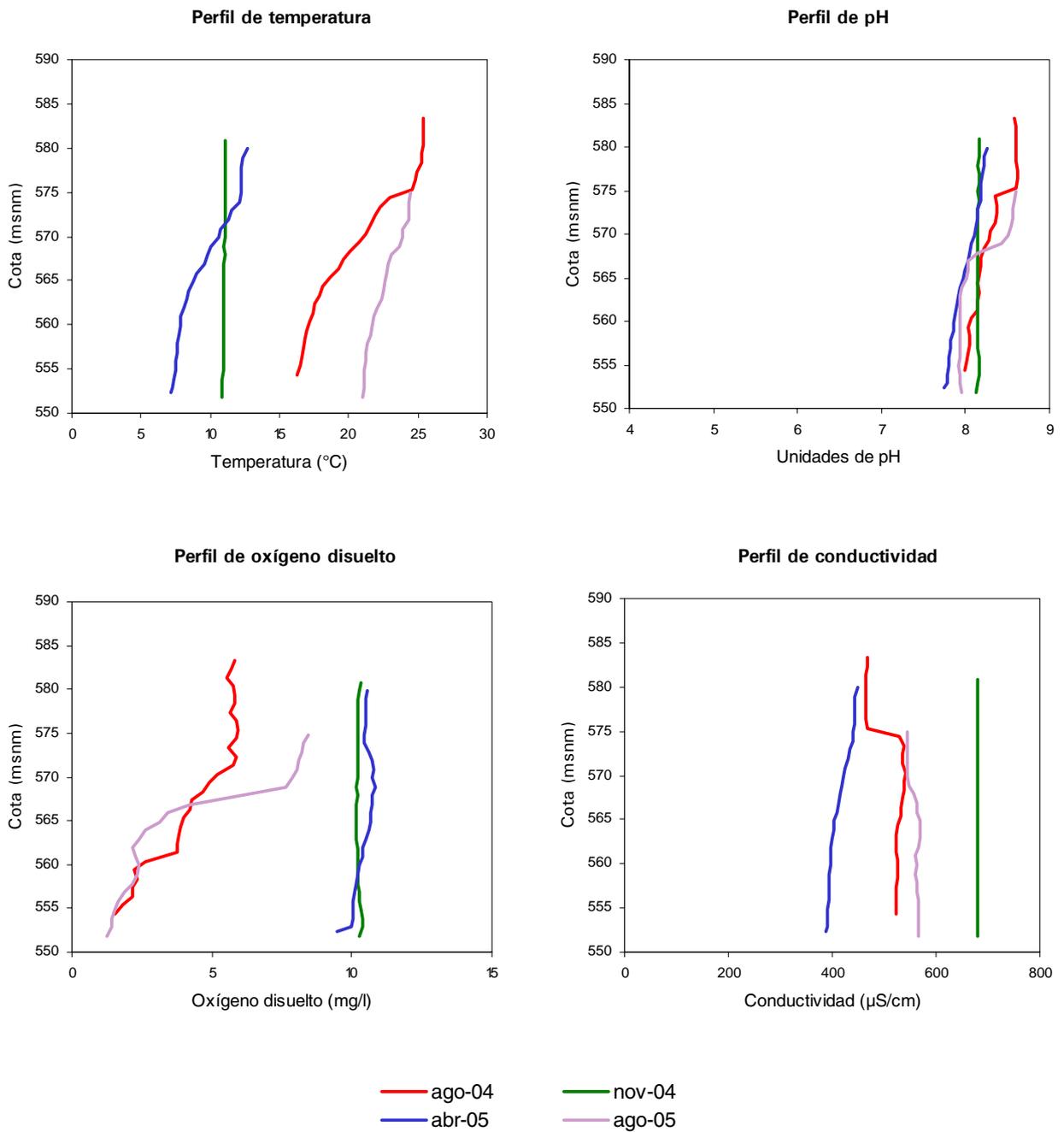
4.1. Características físico-químicas de las aguas

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 7,17 °C -mínimo- y los 25,4 °C, -máximo registrado en el estío-. Durante el periodo de estudio tan sólo se ha detectado estratificación térmica en verano de 2004, situándose la termoclina a 9 m de profundidad. En verano de 2005, a 7 m de profundidad, se aprecia un ligero gradiente térmico (0,64 °C/m).
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,15 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,62 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,75 ud.
- La transparencia del agua es moderada, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,74 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4 metros. El mínimo (1,55 m) se registra en la campaña de verano de 2004, mientras que el máximo (4,7 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 7,44 mg/l O₂. No se han detectado condiciones anóxicas (<1 mg/l O₂) en ninguna de las campañas realizadas, no obstante, en la época estival se aprecia una marcada oxiclina, mucho más acusada en verano de 2005 donde a partir de 9 metros de profundidad se registran valores hipóxicos, lo que supone que el 63 % de la columna de agua se encontraba en condiciones hipóxicas. En la época de mezcla (invierno-primavera) la concentración de oxígeno oscila entre 9,5 y 10,8 mg/l O₂.

- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 541 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores históricos de este ámbito.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

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

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas-bajas, considerando el fósforo, y moderadas-altas según el nitrógeno inorgánico total.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,011 mg/l P. Se aprecia un sustancial incremento de la concentración en agosto de 2005, donde se obtiene una concentración media de 0,024 mg/l P, por su parte la menor concentración -0,006 mg/l P- se registra en la época de mezcla (primavera-invierno). Los ortofosfatos presentan una concentración media anual de 0,004 mg/l P.

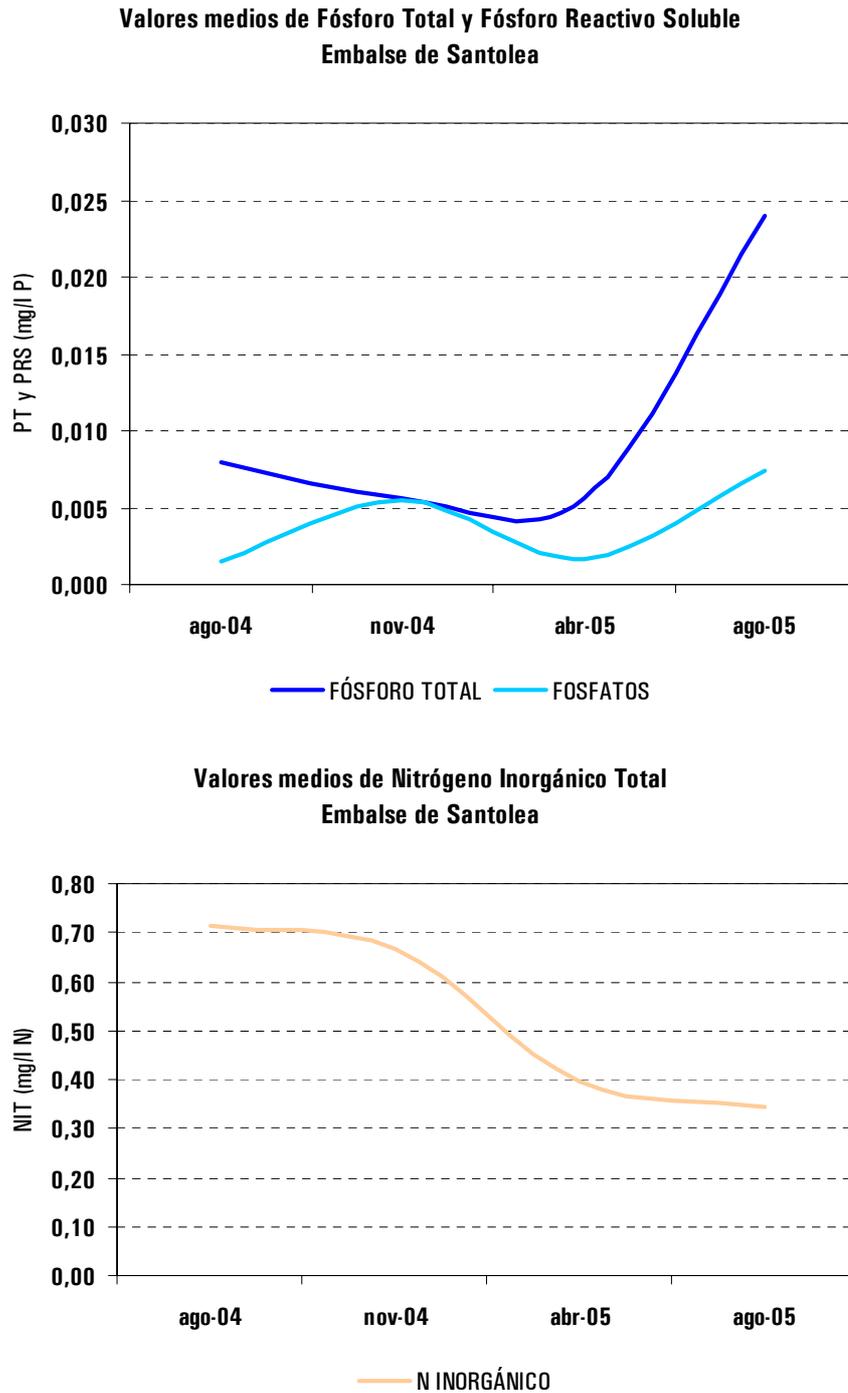
El nitrógeno inorgánico total (NIT), con una concentración media anual de 0,53 mg/l N, mantiene distinta pauta a los compuestos fosforados, registrándose el mínimo - 0,34 mg/l N- en agosto de 2005 y el máximo -0,71 mg/l N- en verano de 2004. Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 91\%$), siendo las proporciones de amonio y nitritos pequeñas ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 7\%$; $\text{NO}_2/\text{NIT} = 2\%$). Cabe citar que en la campaña de primavera los nitritos superan ligeramente el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03 \text{ mg NO}_2/\text{l}$).

La concentración de nutrientes aportada por el río Guadalope (T1) se encuentra en rangos moderados (moderadas-altas en el caso del NIT), obteniéndose unas concentraciones medias anuales de 0,023 mg/l P y 0,74 mg/l N, para el fósforo y el nitrógeno inorgánico total, respectivamente.

- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en el tributario, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,8 y 9,7 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente.

- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas, con una alta concentración de calcio (68,3 mg Ca/l) que se sitúa en el rango habitual en el embalse.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

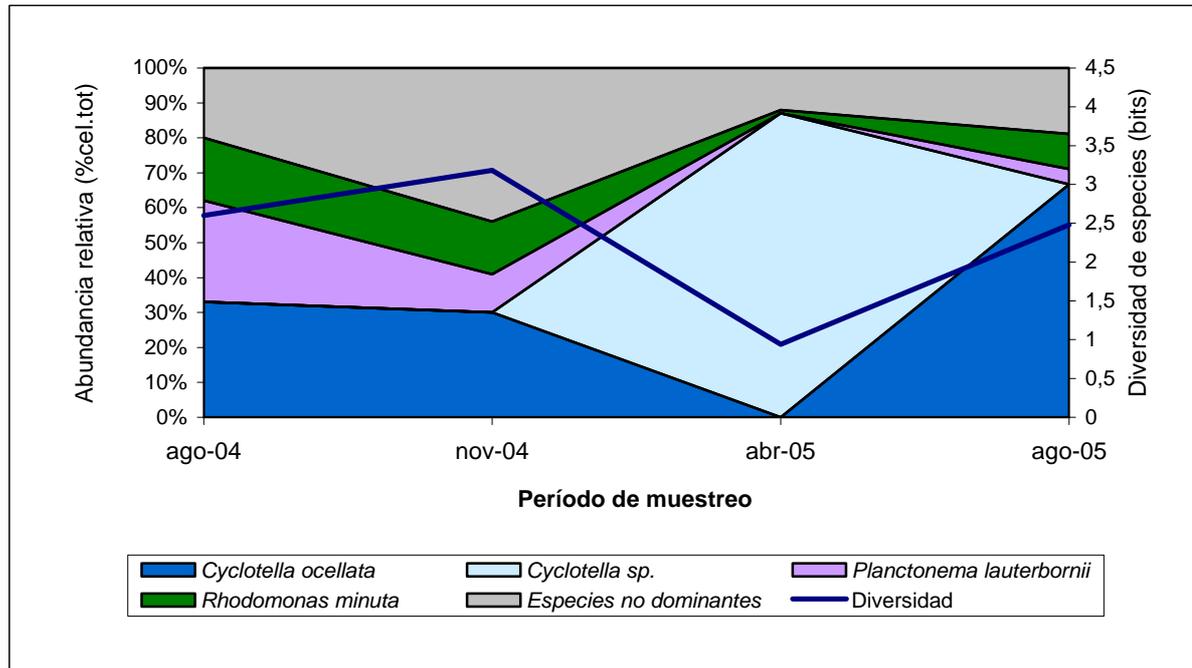
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**.

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

De la totalidad de 4 análisis realizados, se han identificado un total de 57 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 20 diatomeas
- 5 cianobacterias
- 17 clorofíceas
- 5 criptofíceas
- 3 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 3 euglenofíceas

El siguiente gráfico recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 4 especies representadas en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que se ha obtenido 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 verano de 2004 la densidad celular de la comunidad fitoplanctónica es reducida -448 cel/ml-. La identificación taxonómica informa de tres grupos algales con una abundancia relativa muy semejante: diatomeas, clorofíceas y criptofíceas. Las especies más destacables son la diatomea *Cyclotella ocellata*, la clorofícea *Planctonema lauterbornii* y la criptofícea *Rhodomonas minuta*.

Durante el invierno de 2004 se registran los mínimos valores de densidad algal -175 cel/ml-. Se ha observado el decrecimiento poblacional de todos los grupos algales, situación que favorece la ausencia de especies dominantes. Únicamente señalar la continuidad de *Cyclotella ocellata* como la especie más abundante. La equilibrada distribución de abundancias determina el registro del máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -3,18bits-.

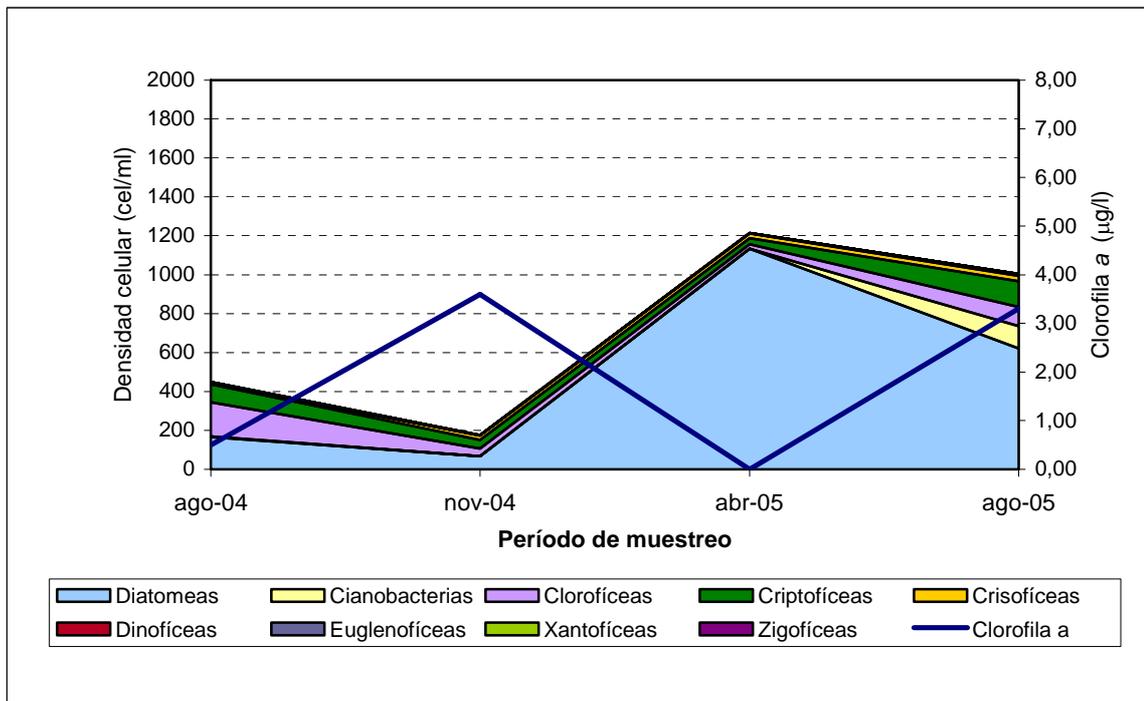
En la época primaveral la densidad fitoplanctónica aumenta hasta alcanzar el máximo valor del periodo de estudio -1 214 cel/ml-. Este incremento se debe al crecimiento de las diatomeas, específicamente la una diatomea del género *Cyclotella*. La fuerte

dominancia de *Cyclotella sp.* reduce el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo del periodo de estudio -0,94 bits-.

En el estío de 2005 se reduce ligeramente la densidad algal con respecto a la primavera -1 004 cel/ml-. Cualitativamente la comunidad se caracteriza por la continuidad de las diatomeas como grupo dominante, cuya especie más representativa es *Cyclotella ocellata*. La principal especie acompañante es la criptofícea *Rhodomonas minuta*.

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

Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas



La evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* no presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. No se ajustan los mínimos y máximos valores de ambos parámetros a lo largo del periodo de estudio. En cambio los valores medios de densidad algal -710 cel/ml- y clorofila *a* -1,85 µg/l- tienen una buena correspondencia.

4.3.1. Calidad bioindicadora

La comunidad algal del embalse de Santolea se caracteriza por la dominancia de la diatomea *Cyclotella ocellata* en prácticamente todo el periodo de estudio. La especie citada tiene una distribución cosmopolita y puede distribuirse tanto en medios eutróficos



Cyclotella ocellata

como oligotróficos. Sin embargo, la presencia dominante de una diatomea céntrica a lo largo del año de estudio acompañada principalmente de especies como *Rhodomonas minuta* o clorofíceas como *Planctonema lauterbornii*, indica de la reducida carga de nutrientes presente en el embalse. El reducido grado trófico es corroborado por la densidad algal media -710 cel/ml- y la biomasa media -1,85 µg/l-

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 Santolea, 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) presenta un resultado de oligotrofia. El máximo rango, eutrofia, 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 y a fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a y del fósforo total, definen al embalse como oligotrófico. Según la profundidad de visión del disco de Secchi, el embalse es 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 >	11	MESOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	710	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	3,6	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	2,5	OLIGO-MESOT.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	11	OLIGO-MESOT.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,7	MESOTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	710	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	2,5	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	11	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	484	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,7	E. AVANZADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	2,5	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	3,6	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	11	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; > 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,7	EUTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,6	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	45	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	39	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	37	OLIGOTRÓFICO

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 Santolea es **MODERADO**.

EMBALSE DE SANTOLEA

			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
			Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	710	5	4,0	3,0	0,75
		Biomasa algal, Cla a ($\mu\text{g/l}$); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	2,5	4			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	47	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	2,7	2	3,0	3,0	0,75
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O_2)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	7,6	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual ($\mu\text{g/l P}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	10,8	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

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

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA1		
CAMPAÑA:	1	FECHA:	18/08/2004		
COTA MÁXIMA:	581	NIVEL:	583		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	9	28	
COTA	msnm	582	574	555	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,7	0,4	7,9	7,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	130,6	131,4	171,7	157,3
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,1	0,8	0,4	0,3
DQO	mg O ₂ /l	4,0	12,0	4,0	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,003	0,012	0,029
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,006	0,004	0,004	0,061
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,001	0,001	0,020
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,42	0,45	0,42	0,54
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,02	0,01	0,08
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,01	0,06
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	1,40	0,43	0,41	0,48
NITRATOS	mg NO ₃ /l	2,99	2,99	3,24	3,13
NITRATOS	mg N/l	0,67	0,67	0,73	0,71
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,021	0,021	0,020	0,009
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,006	0,006	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,70	0,70	0,74	0,77
CALCIO	mg Ca/l	64,3	64,5	76,1	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	18,9	18,8	17,6	
SODIO	mg Na/l	4,3	4,2	3,9	
POTASIO	mg K/l	1,7	1,5	1,4	
CLORUROS	mg Cl/l	7,5	8,0	7,0	
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /l	100,5	86,5	98,7	
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000	
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	4,92	5,05	7,64	
CLOROFILA a	µg/l	0,5			

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO: SA2			
CAMPAÑA:	2	FECHA: 29/11/2004			
COTA MÁXIMA:	581	NIVEL: 581			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	14	28	
COTA	msnm	580	567	553	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,2			1,3
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	146,0			175,7
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8			0,7
DQO	mg O ₂ /l	8,2			8,2
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,006	0,006	0,002
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,016	0,017	0,017	0,007
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,006	0,006	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,43	0,34	0,30	0,28
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,04	0,04	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,40	0,31	0,27	0,27
NITRATOS	mg NO ₃ /l	2,78	2,87	2,80	4,53
NITRATOS	mg N/l	0,63	0,65	0,63	1,02
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,017	0,011	0,011	0,006
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,003	0,003	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,66	0,68	0,66	1,04
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	3,6			

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO: SA3			
CAMPAÑA:	3	FECHA: 26/04/2005			
COTA MÁXIMA:	581	NIVEL: 580			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	13	27	
COTA	msnm	579	567	553	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,0			4,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	97,3			93,5
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8			3,4
DQO	mg O ₂ /l	7,9			11,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,002	0,010	0,009
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,011	0,002	0,002	0,029
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,001	0,001	0,009
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,42	0,42	0,41
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,01	0,03	0,04	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,03	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,24	0,40	0,39	0,38
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,55	1,65	1,67	1,62
NITRATOS	mg N/l	0,35	0,37	0,38	0,36
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,030	0,031	0,036	0,028
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,011	0,009
N INORGÁNICO	mg N/l	0,37	0,40	0,42	0,40
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	ND			

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA4		
CAMPAÑA:	4	FECHA:	09/08/2005		
COTA MÁXIMA:	581	NIVEL:	575		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	11	23	
COTA	msnm	574	564	552	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,2			43,1
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l				
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,7			0,7
DQO	mg O ₂ /l	16,2			12,1
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,020	0,008	0,044	0,050
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,017	0,014	0,037	0,037
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,005	0,012	0,012
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,24	0,31	0,12
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,07	0,25	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,05	0,20	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,22	0,19	0,11	0,10
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,09	1,18	0,95	3,21
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,27	0,21	0,72
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,021	0,028	0,055	0,037
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,009	0,017	0,011
N INORGÁNICO	mg N/l	0,28	0,33	0,43	0,76
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			0,000	
SÍLICE	mg SiO ₂ /l				
CLOROFILA a	µg/l	3,3			

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	18/08/2004
COTAMAX:	581	D. SECCHI:	4,1
NIVEL:	583	C.FÓTICA:	7,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	582	
CLOROFILA a	µg/l	0,5	
Población total	n° cel/ml	448	
Diversidad (H)	Bits	2,60	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	166	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	176	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	94	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	7	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	13	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	150	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	2	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	7	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	6	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	7	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	130	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	20	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	14	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	80	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	6	
<i>Peridinium sp.1</i>	Dinofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	2	

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	29/11/2004
COTAMAX:	581	D. SECCHI:	1,8
NIVEL:	581	C.FÓTICA:	3,1
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	580	
CLOROFILA a	µg/l	3,60	
Población total	n° cel/ml	175	
Diversidad (H)	Bits	3,18	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	67	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	39	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	44	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	24	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	4	
<i>Cyclotella distinguenda</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	52	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	9	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Golenkinia radiata</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	11	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	20	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	9	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	6	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	26	
<i>Dinobryon crenulatum</i>	Crisofícea	23	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	26/04/2005
COTAMAX:	581	D. SECCHI:	4,7
NIVEL:	580	C.FÓTICA:	8,0
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	579	
CLOROFILA a	µg/l	0,0	
Población total	n° cel/ml	1.214	
Diversidad (H)	Bits	0,94	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	1.133	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	23	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	31	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	25	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	67	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	1.056	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	4	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	3	
<i>Golenkinia radiata</i>	Clorofícea	1	
<i>Docystis lacustris</i>	Clorofícea	1	
<i>Selenastrum sp.</i>	Clorofícea	12	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	3	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	2	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	12	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	14	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	24	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	09/08/2005
COTAMAX:	581	D. SECCHI:	2,9
NIVEL:	575	C.FÓTICA:	4,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	574	
CLOROFILA a	µg/l	3,3	
Población total	n° cel/ml	1.004	
Diversidad (H)	Bits	2,48	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	621	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	114	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	99	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	133	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	27	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	5	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	5	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	600	
<i>Cymbella cistula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria virescens</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Navicula cryptotenella</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Navicula rhyncocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	6	
<i>Navicula tuscula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Neidium binodeforme</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	45	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Lynghya sp.</i>	Cianobacteria	66	
<i>Oscillatoria sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	1	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Clorofícea	4	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	13	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	18	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	9	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	43	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	20	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	13	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	6	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	94	

Continuación 4ª Campaña

EMBALSE:	SANTOLEA	CÓDIGO:	SA4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	09/08/2005
COTAMAX:	581	D. SECCHI:	2,9
NIVEL:	575	C.FÓTICA:	4,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
ESPECIES	TAXÓN	nº cel/ml	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	26	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	2	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	3	
<i>Strombomonas sp.</i>	Euglenofícea	2	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



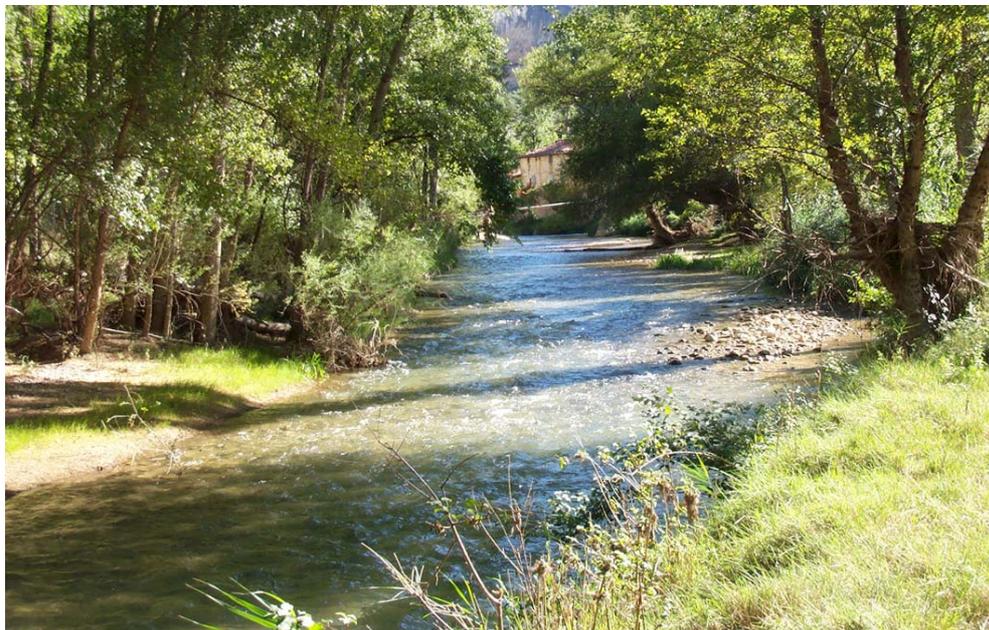
Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Primavera de 2005 (26/04/2005)



Detalle de la presa de Santolea. Verano de 2005 (09/08/2005)



Panorámica del embalse de Santolea. Verano de 2004 (18/08/2004)



Río Guadalupe, tributario principal del embalse de Santolea. Verano de 2004 (18/08/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: SANTOLEA

CÓDIGO: SA

LOCALIZACIÓN:

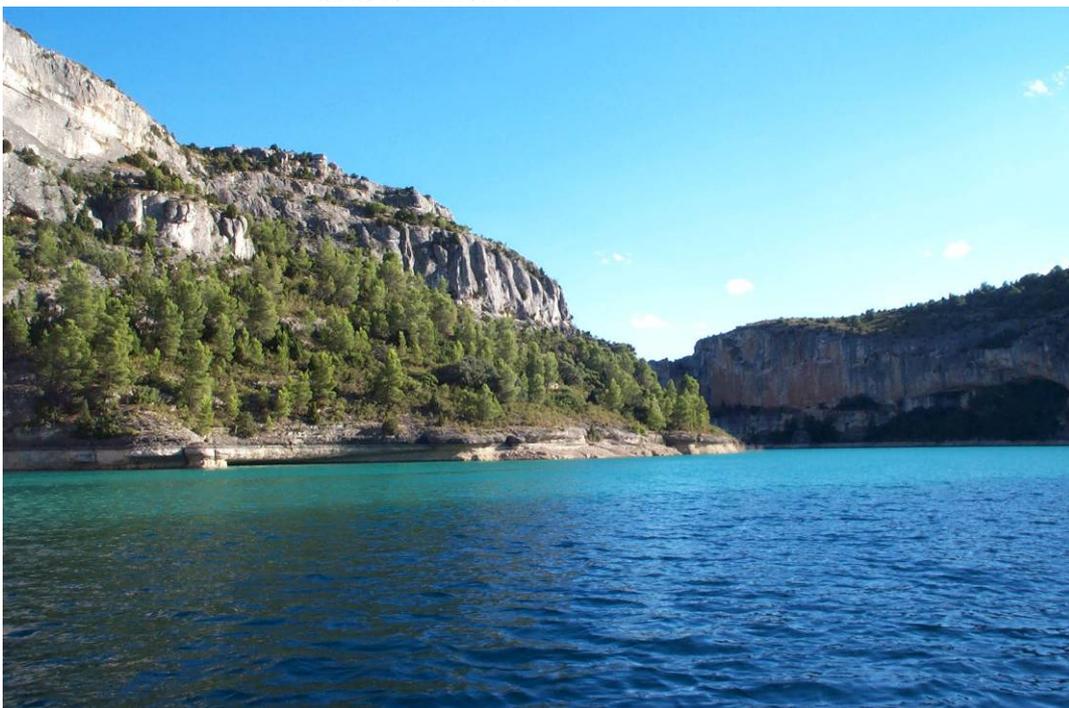
Autonomía: Aragón
Provincia: Teruel
Municipio: Castellote



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

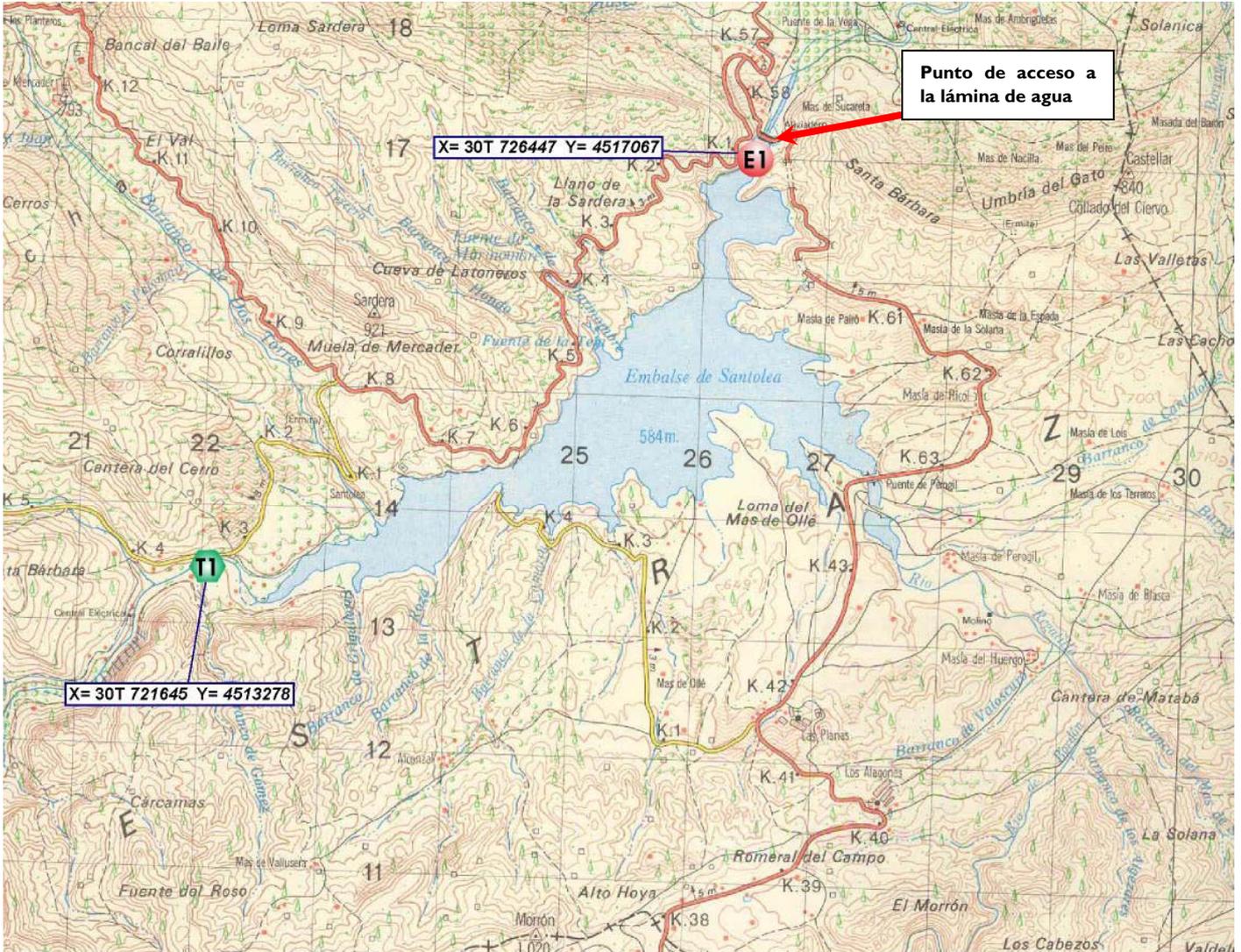
Tributario principal:	Guadalope	Otros tributarios:	Bordón
Año de terminación:	1932	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Guadalope	Altitud (msnm):	581,02
Capacidad total (hm³):	54	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	6	Perímetro (km):	21
Profundidad máxima (m):	44	Profundidad media (m):	16
Usos principales:	Riego, abastecimiento	Otros usos:	Hidroeléctrico



Panorámica del embalse (18/08/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Plano/s 1:50.000: 519



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

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

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 18/08/2004
Tª superficie (°C): 25,39	pH superficie (ud): 8,59	Conductividad superficie (µS/cm): 467
Tª fondo (°C): 16,30	pH fondo (ud): 7,99	Conductividad fondo (µS/cm): 522
Tª TI (°C): 20,81	pH TI (ud): 8,95	Conductividad TI (µS/cm): 683
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4,1	7
Termoclina: Si		Profundidad (m): 9
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 21/11/2004
Tª superficie (°C): 11,02	pH superficie (ud): 8,16	Conductividad superficie (µS/cm): 680
Tª fondo (°C): 10,83	pH fondo (ud): 8,12	Conductividad fondo (µS/cm): 681
Tª TI (°C): 9,61	pH TI (ud): 8,19	Conductividad TI (µS/cm): 844
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,8	3,1
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 26/04/2005
Tª superficie (°C): 12,71	pH superficie (ud): 8,25	Conductividad superficie (µS/cm): 448
Tª fondo (°C): 7,17	pH fondo (ud): 7,75	Conductividad fondo (µS/cm): 389
Tª TI (°C): 12,53	pH TI (ud): 7,99	Conductividad TI (µS/cm): 309
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4,7	8
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 09/08/2005
Tª superficie (°C): 24,50	pH superficie (ud): 8,61	Conductividad superficie (µS/cm): 546
Tª fondo (°C): 20,97	pH fondo (ud): 7,95	Conductividad fondo (µS/cm): 565
Tª TI (°C): 18,85	pH TI (ud): 8,35	Conductividad TI (µS/cm): 670
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,9	4,9
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 18/08/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	SAEIS	SAEIT	SAEIF	SATI
PROFUNDIDAD	m	1	9	28	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,003	0,012	0,029
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,001	0,001	0,020
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,42	0,45	0,42	0,54
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,01	0,06
NITRATOS	mg N/l	0,67	0,67	0,73	0,71
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,006	0,006	0,003
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0,5			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	448			
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea			Nº células/ml: 176	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Planctonema lauterbornii</i>			Nº células/ml: 130	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 21/11/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	SAEIS	SAEIM	SAEIF	SATI
PROFUNDIDAD	m	1	14	28	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,006	0,006	0,002
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,006	0,006	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,43	0,34	0,30	0,28
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,63	0,65	0,63	1,02
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,003	0,003	0,002
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	3,6			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	175			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 67	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml: 52	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 12/04/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	SAEIS	SAEIM	SAEIF	SATI
PROFUNDIDAD	m	1	13	27	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,002	0,010	0,009
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,001	0,001	0,009
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,42	0,42	0,41
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,03	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,35	0,37	0,38	0,36
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,011	0,009
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.214			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 1.133	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 1.056	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 09/08/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	SAEIS	SAEIM	SAEIF	SATI
PROFUNDIDAD	m	1	11	23	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,020	0,008	0,044	0,050
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,005	0,012	0,012
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	0,24	0,31	0,12
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,05	0,20	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,25	0,27	0,21	0,72
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,009	0,017	0,011
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	3,3			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.004			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 621	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml: 600	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE SANTOLEA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Santolea recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

Tabla A1. Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ($\mu\text{g P/L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ($\mu\text{g/L}$) y densidad celular (n° células/ml).

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

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

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

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

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

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

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

Tabla A3. Niveles de calidad según la transparencia.

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

Catalogación trófica final

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

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

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

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

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

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

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

2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

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

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

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

2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

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

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

- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

Cálculo para clorofila a:

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

Cálculo para biovolumen:

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

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

1) Concentración de clorofila a

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

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

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

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

2) Biovolumen algal

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

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

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

3) Índice de grupos algales (IGA)

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

El índice *IGA* se expresa:

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

Siendo,

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

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

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

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

4) Porcentaje de cianobacterias

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

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

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

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

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

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

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

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

Tipos 1, 2 y 3

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

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

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

Tipos 6 y 12

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

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

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

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

Tipo 13

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

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

1) Transparencia

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

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

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

2) Condiciones de oxigenación

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

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

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

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

3) Concentración de nutrientes

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

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

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

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

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

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

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

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

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

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

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

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

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

2.2. ESTADO QUÍMICO

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

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

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

2.3. ESTADO

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

Tabla A18. Determinación del estado.

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE SANTOLEA

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 2005.

Tabla A20a. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Santolea 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	20,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,90	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	3,30	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	1004	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 Santolea en 2005 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 2004.

Tabla A20b. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Santolea 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	3,00	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	4,10	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,50	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	448	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,50	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como ultraoligotrófico; 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 Santolea en 2004 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE SANTOLEA

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 2005.

Tabla A23a. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Santolea 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	3,30	0,79	0,85	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,90	Moderado			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	4,13	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	20,00	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 Santolea para el año 2005 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 2004.

Tabla A23b. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Santolea 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,50	5,20	3,95	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,10			Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	5,72			Moderado	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	3,00			Muy 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 Santolea para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.