



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 SANTA ANA

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 Santa Ana 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

La cuenca del embalse de Santa Ana está situada en el reborde meridional de las Sierras Exteriores Subpirenaicas, también conocido con el nombre de zona de “Las Nogueras”, al Norte de la Depresión terciaria del Ebro.

El embalse se ubica en la divisoria de las provincias de Lérida y Huesca, situándose la presa, terminada en 1961, en el término municipal de Castillonroy (Huesca). Regula, principalmente, las aguas del río Noguera Ribagorzana, aunque también las de otros arroyos de menor entidad, entre los que destaca el barranco Molino del Pubill, por la

margen derecha. El embalse se sitúa inmediatamente aguas abajo del embalse de Canelles y es el último de los situados en el río Noguera Ribagorzana antes de su confluencia con el Segre.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones y morfología irregular. En general, el eje longitudinal del embalse es estrecho, presentando un ensanchamiento en la zona intermedia del embalse. Destaca el brazo que, por la margen derecha, forma el río el barranco Molino del Pubill en las proximidades de la presa.

La cuenca vertiente al embalse de Santa Ana tiene una superficie total de 176 653,59 ha, de las cuales 14 082 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 792 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 237 hm³. Tiene una profundidad media de 30,8 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 68,9 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)	176 653,59
Superficie de la cuenca parcial (ha)	14 850
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	14 082
Superficie del embalse (ha)	792
Longitud máxima del embalse (km)	12
Capacidad total (hm ³)	237
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	68,9
Profundidad media (m)	30,8
Perímetro en máximo nivel (km)	43
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	378
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	307,7; 328,7; 348; 352,4; 371,4

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre 3 y 9 metros de profundidad. La capa fótica en el estío ronda los 5 metros de espesor.

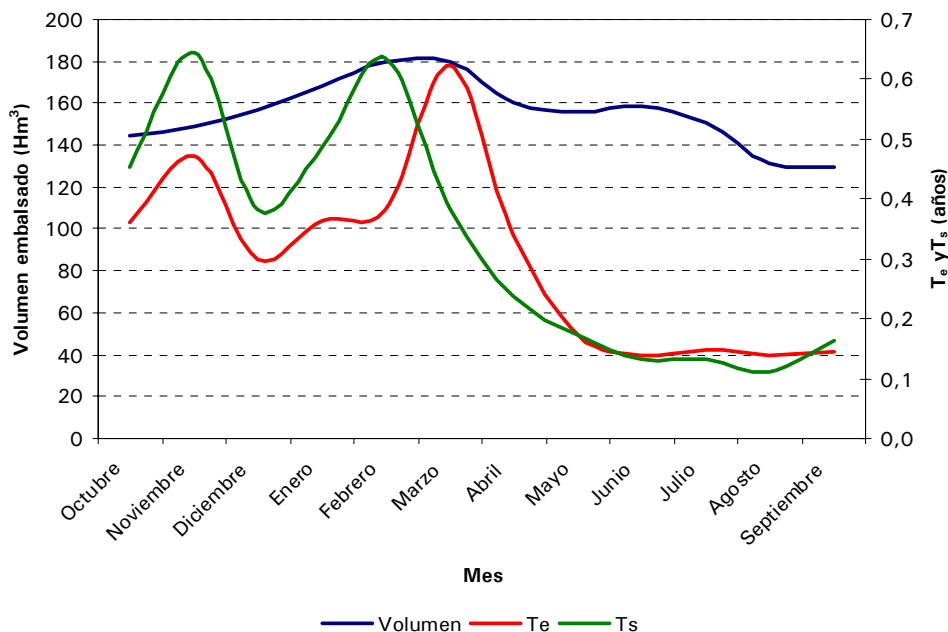
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondiente al periodo 2001-2005.

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	144,28	27,05	33,95	0,45	0,36
Noviembre	148,65	18,95	25,85	0,64	0,47
Diciembre	156,65	34,83	44,35	0,38	0,30
Enero	168,21	29,30	39,23	0,49	0,36
Febrero	179,69	21,68	36,18	0,64	0,38
Marzo	179,38	39,98	24,48	0,38	0,62
Abril	160,06	55,38	38,63	0,24	0,34
Mayo	156,14	76,45	77,10	0,17	0,17
Junio	158,84	97,45	94,33	0,13	0,14
Julio	150,93	96,63	87,08	0,13	0,15
Agosto	130,95	101,23	80,10	0,11	0,14
Septiembre	129,69	65,28	73,05	0,16	0,15
Total anual	155,29	664,18	654,30	0,23	0,24

El tiempo de residencia anual del agua es moderado, aproximadamente de 2,8 meses. En el periodo de que abarca de octubre a marzo los tiempos de residencia son altos, localizándose los máximos en los meses de noviembre (7,7 meses), atendiendo a las salidas, y de marzo (7,5 meses), según las entradas. De abril a septiembre el tiempo de residencia sufre un acusado descenso, registrándose los mínimos en junio (1,7 meses) y agosto (1,3 meses), según se atiende a las entradas o salidas, 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 al abastecimiento, principalmente de Lérida, y al riego, a través del canal de Piñana, de donde también se abastecen otras localidades. Además se destinan a la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa. A su vez, en el embalse se realizan actividades recreativas (pesca, baño y navegación principalmente).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Santa Ana 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 Santa Ana nutre de aguas al Canal de Piñana, donde existen dos captaciones para consumo humano, cuyo titular es el ayuntamiento de Castillonroy. La población abastecida entre las dos captaciones es de 747 habitantes.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) y otra en el tributario principal, río Noguera Ribagorzana, tras la salida de Canelles (**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	04/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	18/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	14/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	29/07/2005	Estratificación

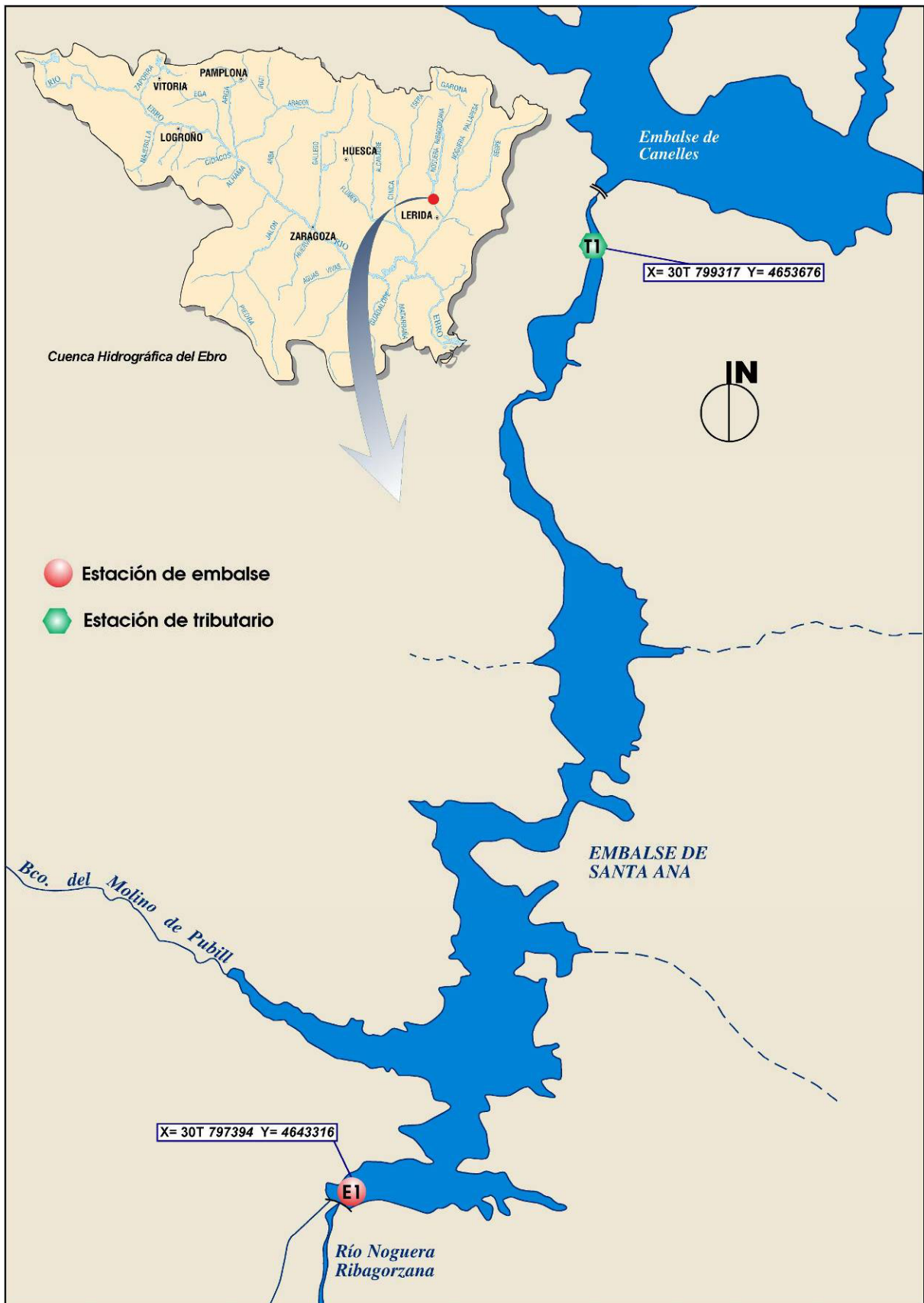


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Santa Ana

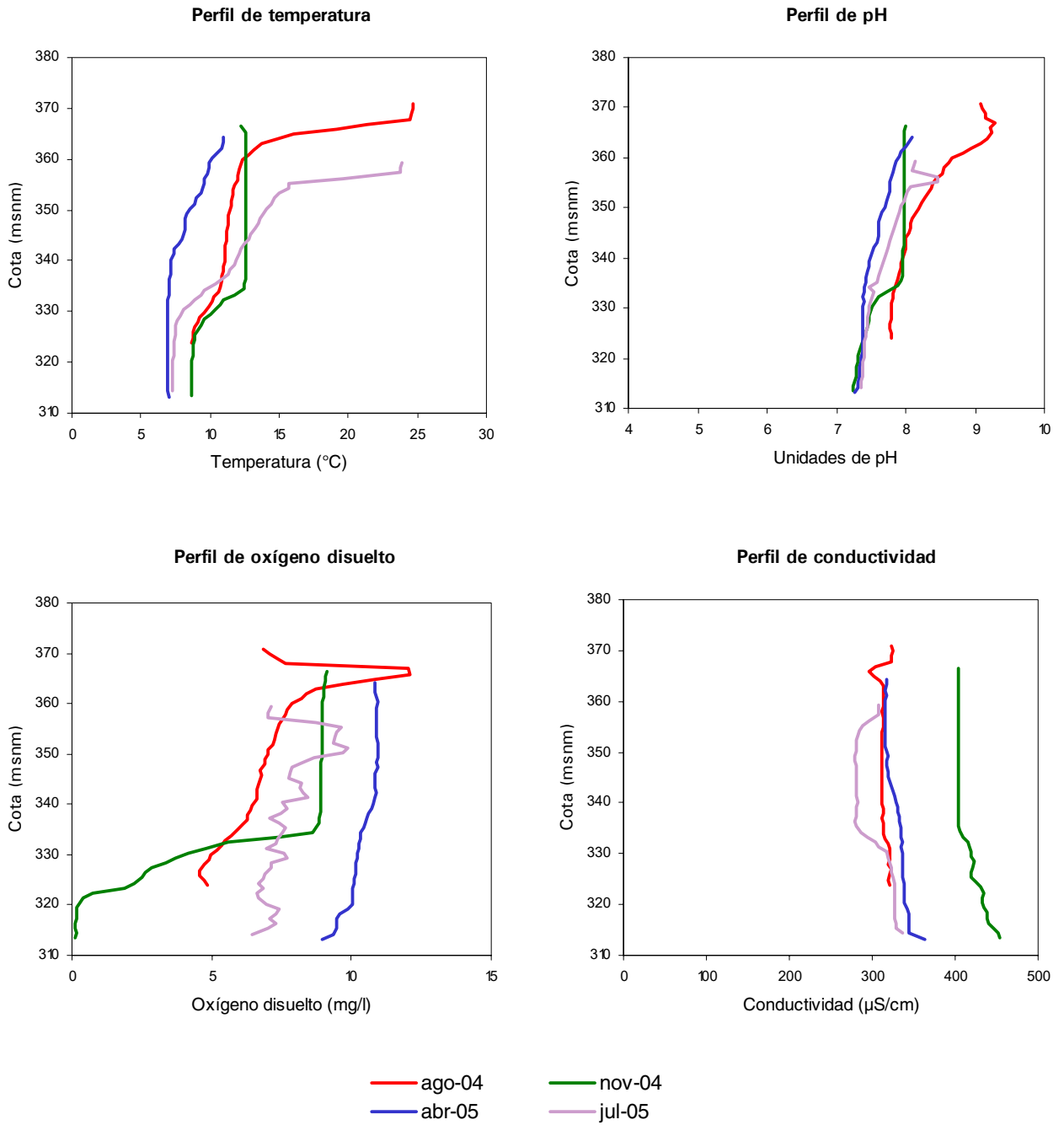
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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 6,9 °C -mínimo- y los 24,7 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la termoclina se sitúa entre los 3 y los 9 m de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 7,82 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,28 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,24 ud.
- La transparencia del agua es moderada, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 4,34 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 7 metros. El mínimo (2,1 m) se registra en la campaña de verano de 2005, mientras que el máximo (7,5 m) se registra en invierno de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son aceptables, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,84 mg/l O₂. Tan sólo se han detectado condiciones anóxicas (< 1 mg/l O₂) en la campaña de invierno, donde se aprecia una acusada oxiclina a partir del metro 34 de profundidad. En la época estival el hipolimnion se encuentra bien oxigenado, oscilando su concentración entre 4 y 8 mg/l O₂.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 342 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 bajas, considerando el fósforo, y moderadas, teniendo en cuenta el nitrógeno. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

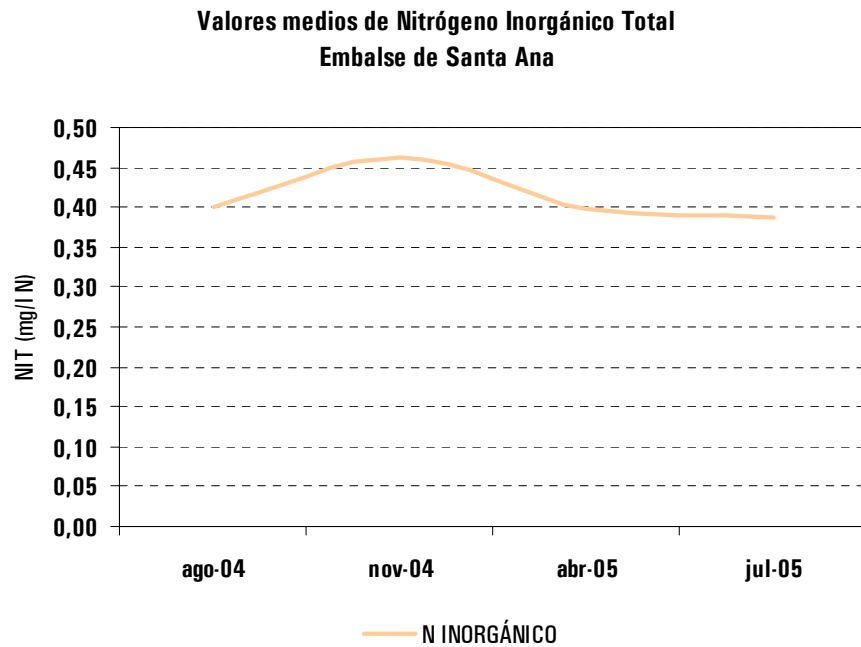
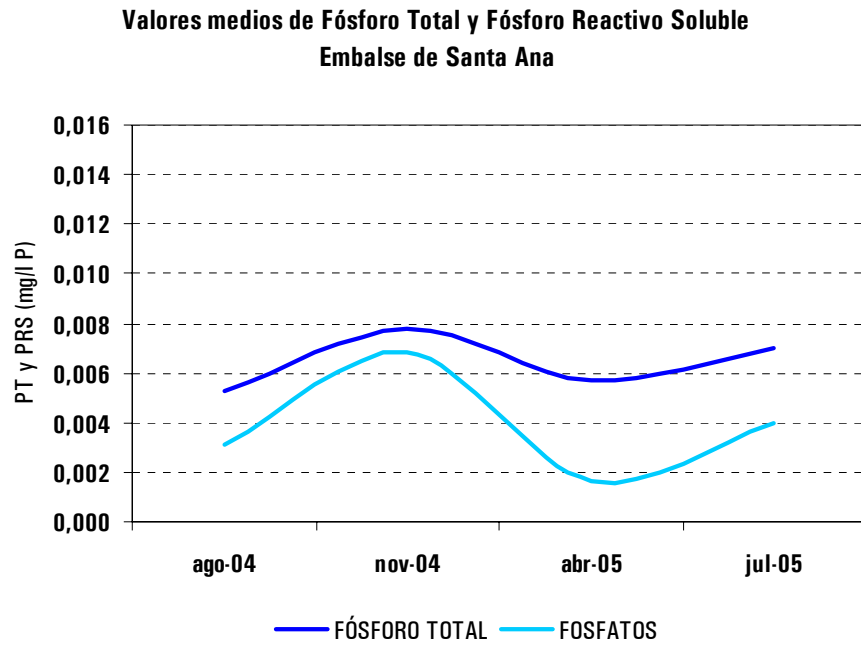
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,006 mg/l P. Los resultados oscilan entre 0,005 mg/l P, mínimo registrado en verano de 2004, y 0,008 mg/l P, máximo invernal. Los ortofosfatos han mantenido, prácticamente, la misma pauta, solo que el mínimo se registra en primavera -0,002 mg/l P-

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,41 mg/l N. Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 92\%$), siendo la proporción de amonio y nitritos bajas ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 6\%$; $\text{NO}_2/\text{NIT} = 2\%$). La evolución temporal del nitrógeno inorgánico total (NIT) sigue la misma tendencia que el fósforo total, localizándose s valor máximo en invierno -0,46 mg/l N-

Las concentraciones en el tributario son moderadas con unas medias anuales de 0,033 mg/l P, para el fósforo total, y de 0,42 mg/l N, para el nitrógeno inorgánico total.

- El contenido de materia orgánica obtenido en el embalse es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,8 y 8,0 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente. Por su parte, el tributario presenta una concentración ligeramente superior, alcanzando los valores medios anuales unos valores de 1,4 y 15,9 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (44,9 mg Ca/l) 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**.

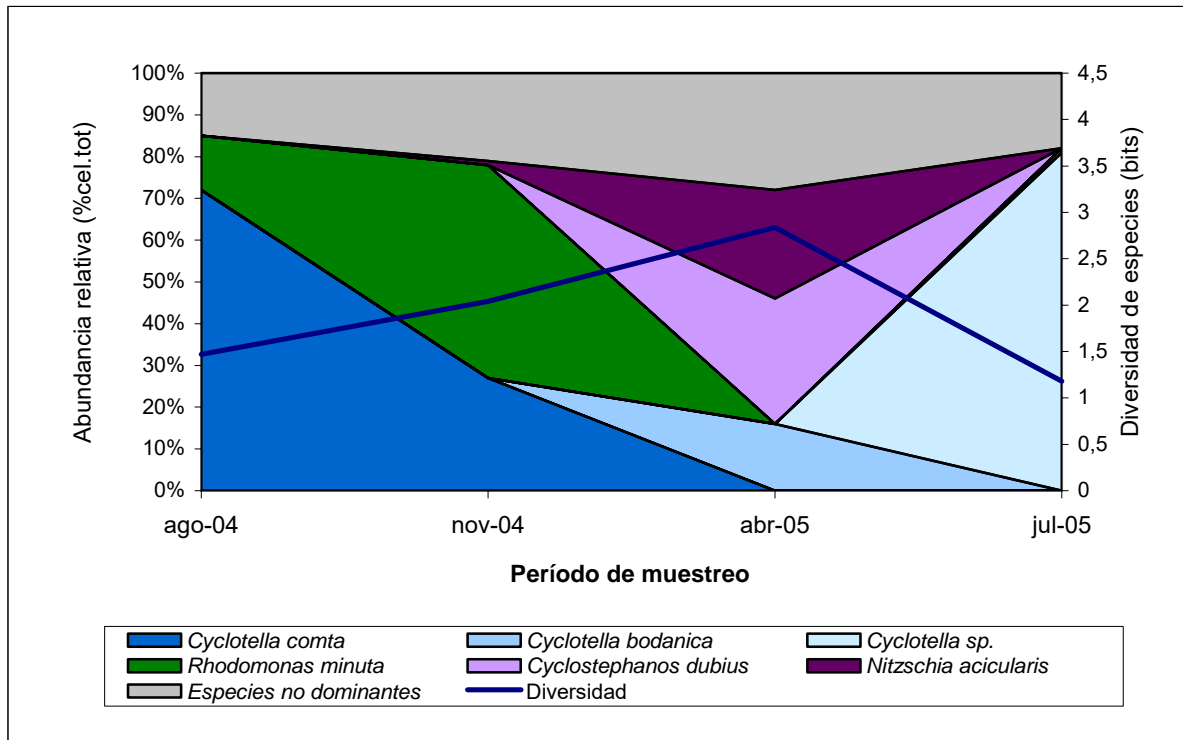
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

De la totalidad de 4 análisis realizados, se han identificado un total de 48 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 22 diatomeas
- 4 cianobacterias
- 10 clorofíceas
- 4 criptofíceas
- 3 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 1 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 6 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 la época estival de 2004, la comunidad fitoplanctónica registrada tiene una densidad reducida -642 cel/ml- y se caracteriza por la presencia dominante de *Cyclotella comta*. La principal especie acompañante es la criptofícea *Rhodomonas minuta*. Esta misma asociación algal ha sido observada durante el estío en los embalses más cercanos geográficamente (Canelles, Escalles, Barahona o El Grado).

En invierno la densidad fitoplanctónica se reduce y presenta el valor mínimo de todo el periodo de estudio -291 cel/ml-. La criptofícea *Rhodomonas minuta* crece y se establece como especie dominante desplazando a la diatomea *Cyclotella comta* que pasa a ser principal especie acompañante.

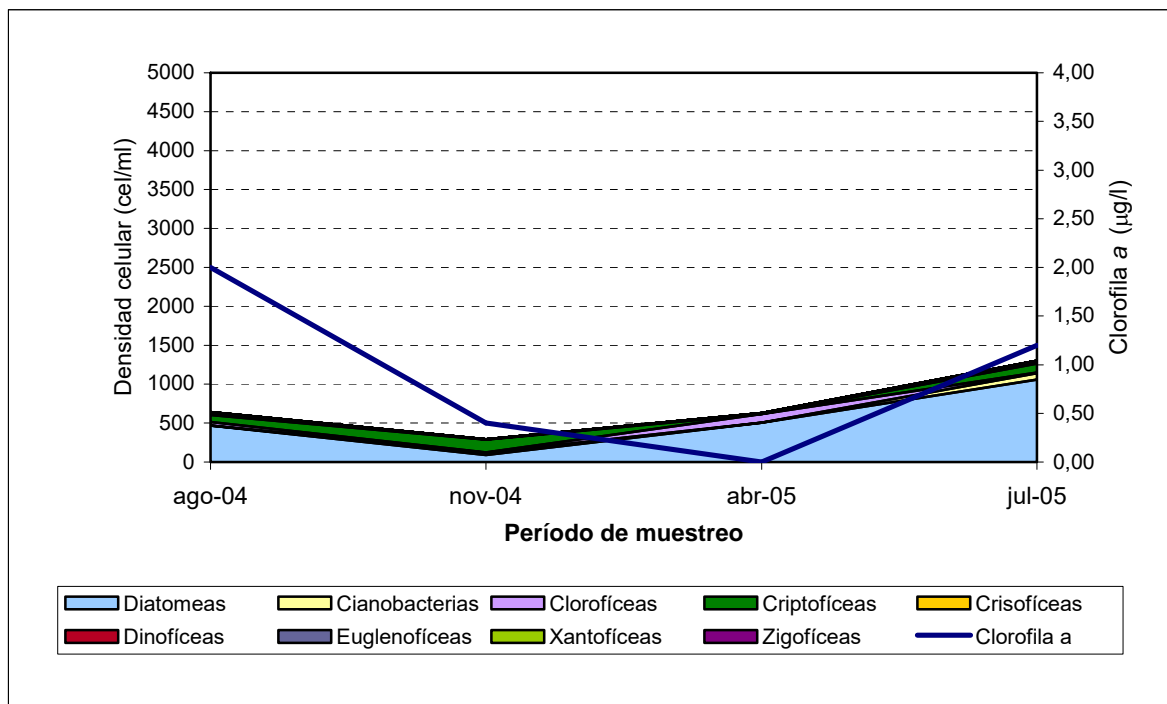
En primavera de 2005, la población vuelve a aumentar recuperando la densidad del período estival -630 cel/ml-. Las diatomeas recuperan el dominio de la comunidad ya que representan el 80% de densidad algal de la misma, aunque en esta estación se identifican varias especies abundantes, entre ellas destacan *Cyclostephanos dubius*,

Nitzschia acicularis y *Cyclotella bodanica*. Esta situación determina el máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver durante el periodo de estudio -2,84 bits-.

Durante el verano de 2005 continúa el incremento de la densidad fitoplanctónica continuando creciendo y se registra el máximo valor de densidad -1.302 cel/ml-. Al igual que en el periodo estival de 2004 se identifica una diatomea como especie dominante, en este periodo es *Cyclotella sp.* Las principales especies acompañantes son la criptofícea *Chroomonas sp.* y la cianobacteria *Aphanizomenon sp.* La fuerte dominancia de *Cyclotella* -representa el 81% de la comunidad- provoca una disminución del índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo -1,18 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



En términos generales, la evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. En la Figura 6 se puede observar que ambos parámetros tienen la misma tendencia, aunque no coinciden en el tiempo los máximos y mínimo valores. No conocemos la

concentración de clorofila *a* en deterioro, parámetro que podría ajustar mejor la correspondencia con la densidad algal.

4.3.1. Calidad bioindicadora

El estudio de los parámetros biológicos del embalse de Santa Ana informa del grado



Cyclotella sp.

mesotrófico del embalse. Los parámetros citados son la biomasa media -0,90 $\mu\text{g/l}$ de clorofila *a*- densidad algal media -716 cel/ml- y la sucesión anual de especies fitoplanctónicas. Las asociaciones algales que se suceden a lo largo del año son la diatomea *Cyclotella* como especie dominante en los periodos estivales acompañada por pequeñas criptofíceas

(*Rhodomonas minuta*, *Chroomonas sp.*), el crecimiento de *Rhodomonas* en invierno y por último el incremento

de diatomeas como *Cyclostephanos dubius* o *Nitzschia acicularis* en primavera. Los resultados descritos indican un medio mesotrófico en el que incrementa la disponibilidad de nutrientes durante primavera y verano.

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 Santa Ana, como **oligo-mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de oligotrofia. El mismo resultado se obtiene considerando el valor media anual de clorofila *a*, aunque según su valor mínimo anual, el embalse se sitúa en rangos de ultraoligotrofia. El máximo rango, mesotrofia, se obtiene con la transparencia (considerando tanto el mínimo como la media anual).

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 oligotrófico.

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

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	6	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	716	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	2,0	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	1,2	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	6	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	4,3	OLIGO-MESOT.
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	716	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	1,2	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	6	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	378	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	4,3	E. MODERADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	1,2	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	2,0	ULTRAOLIGO.
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	6	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	4,3	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	2,1	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	39	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/Cl_a^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	32	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	29	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 Santa Ana es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE SANTA ANA			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	716	5	4,0	3,7	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	1,2	4			
		Cianofceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	82	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	4,3	3	3,7	3,7	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	7,8	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	6,4	4			
			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:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN1		
CAMPAÑA:	1	FECHA:	04/08/2004		
COTA MÁXIMA:	378,70	NIVEL:	371		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	6	54	
COTA	msnm	370	365	317	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,5	2,8	0,7	1,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	86,9	88,0	109,8	110,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,9	1,2	0,9	0,6
DQO	mg O ₂ /l	8,0	4,0	12,0	8,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,003	0,010	0,003	0,022
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,009	0,011	0,009	0,037
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,004	0,003	0,012
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,41	1,04	1,10	0,69
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,04	0,04	0,03	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	1,38	1,01	1,07	0,66
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,35	1,38	2,20	2,34
NITRATOS	mg N/l	0,30	0,31	0,50	0,53
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,009	0,010	0,008	0,018
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,003	0,002	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,34	0,34	0,52	0,57
CALCIO	mg Ca/l	43,0	43,1	48,7	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	6,7	6,5	5,8	
SODIO	mg Na/l	11,7	11,6	7,5	
POTASIO	mg K/l	1,1	1,0	1,0	
CLORUROS	mg Cl ⁻ /l	15,3	14,4	10,4	
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /l	33,2	38,5	37,8	
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,002	
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	3,35	3,66	5,65	
CLOROFILA a	µg/l	2,0			

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN2		
CAMPAÑA:	2	FECHA:	18/11/2004		
COTA MÁXIMA:	378,70	NIVEL:	366		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	26	52	
COTA	msnm	365	340	314	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,4			3,1
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO₃Ca/l	102,6			100,1
DBO₅	mg O₂/l	0,6			0,3
DQO	mg O₂/l	4,0			24,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,016	0,004	0,003	0,006
FOSFATOS	mg PO₄³⁻/l	0,041	0,013	0,009	0,011
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,004	0,003	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,35	0,31	0,43	0,26
AMONIO TOTAL	mg NH₄/l	0,01	0,01	0,07	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,05	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,34	0,29	0,37	0,25
NITRATOS	mg NO₃/l	1,87	1,87	1,87	2,48
NITRATOS	mg N/l	0,42	0,42	0,42	0,56
NITRITOS	mg NO₂/l	0,045	0,026	0,090	0,011
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,008	0,027	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,45	0,44	0,50	0,58
CLOROFILA a	µg/l	0,4			

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN3			
CAMPAÑA:	3	FECHA:	14/04/2005			
COTA MÁXIMA:	378,70	NIVEL:	364			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	
PROFUNDIDAD	m	1	25	50		
COTA	msnm	363	339	314		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,0			4,5	
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO₃Ca/l	97,3			93,5	
DBO₅	mg O₂/l	0,8			3,4	
DQO	mg O₂/l	7,9			11,9	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,002	0,010	0,009	
FOSFATOS	mg PO₄³⁻/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 NH₄/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 NO₃/l	1,55	1,65	1,67	1,62	
NITRATOS	mg N/l	0,35	0,37	0,38	0,36	
NITRITOS	mg NO₂/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	
CLOROFILA a	µg/l	ND				

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO: SN4			
CAMPAÑA:	4	FECHA: 29/07/2005			
COTA MÁXIMA:	378,70	NIVEL: 359			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1
PROFUNDIDAD	m	1	22	45	
COTA	msnm	358	337	314	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,1			30,7
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,0			1,1
DQO	mg O ₂ /l	11,9			19,8
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,007	0,006	0,093
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,012	0,010	0,015	0,129
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,003	0,005	0,042
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,18	0,19	0,58
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,05	0,04	0,03	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,03	0,02	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,12	0,15	0,17	0,56
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,38	1,53	1,76	0,55
NITRATOS	mg N/l	0,31	0,34	0,40	0,12
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,018	0,016	0,014	0,024
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,004	0,007
N INORGÁNICO	mg N/l	0,36	0,38	0,43	0,16
CLOROFILA a	µg/l	1,2			

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	04/08/2004
COTAMAX:	379	D. SECCHI:	2,6
NIVEL:	371	C.FÓTICA:	4,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	370	
CLOROFILA a	µg/l	2,00	
Población total	n° cel/ml	642	
Diversidad (H)	Bits	1,47	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	466	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	49	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	88	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	21	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	18	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	464	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	39	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	8	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	86	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	21	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	13	
<i>Peridinium sp.1</i>	Dinofícea	4	
<i>Peridinium sp.2</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	18/11/2004
COTAMAX:	379	D. SECCHI:	7,5
NIVEL:	366	C.FÓTICA:	12,8
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	365	
CLOROFILA a	µg/l	0,40	
Población total	n° cel/ml	291	
Diversidad (H)	Bits	2,04	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	91	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	30	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	4	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	164	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
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	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	79	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	9	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	30	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	9	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	3	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	149	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	14/04/2005
COTAMAX:	379	D. SECCHI:	5,2
NIVEL:	364	C.FÓTICA:	8,8
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	363	
CLOROFILA a	µg/l	-	
Población total	n° cel/ml	630	
Diversidad (H)	Bits	2,84	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	504	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	109	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	3	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	11	
Clase DINOICEA	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>Achnanthes minutissima</i>	Bacillariofícea	13	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	35	
<i>Cocconeis placentula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclostephanos dubius</i>	Bacillariofícea	186	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	103	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Eunotia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	161	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Pinnularia maior</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	2	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Clorofícea	58	
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Clorofícea	4	
<i>Selenastrum sp.</i>	Clorofícea	23	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	20	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	3	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofícea	4	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	6	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	SANTA ANA	CÓDIGO:	SN4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	29/07/2005
COTAMAX:	379	D. SECCHI:	2,1
NIVEL:	359	C.FÓTICA:	3,6
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	358	
CLOROFILA a	µg/l	1,20	
Población total	n° cel/ml	1.302	
Diversidad (H)	Bits	1,18	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	1.060	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	83	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	8	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	112	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	30	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	8	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	1.050	
<i>Cymbella cystula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cymbella naviculiformis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria capucina</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Neidium sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	82	
<i>Lyngbya sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	8	
<i>Chroomonas sp.</i>	Criptofícea	94	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	18	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	30	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	4	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	3	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Detalle de la presa del embalse de Santa Ana. Verano de 2004 (04/08/2004)



Vista de a presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (29/07/2005)



Panorámica del embalse desde la estación de muestreo (E1). Invierno de 2004 (18/11/2004)



Río Noguera-Ribagorzana, tributario principal del embalse de Santa Ana. Verano de 2004 (04/08/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio 2006

EMBALSE: SANTA ANA

CÓDIGO: SN

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Huesca
Municipio: Castillonroy



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Noguera Ribagorzana	Otros tributarios:	-
Año de terminación:	1961	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Noguera Ribagorzana	Altitud (msnm):	378,7
Capacidad total (hm³):	236	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	12	Perímetro (km):	4
Profundidad máxima (m):	68,9	Profundidad media (m):	29,8
Usos principales:	Abastecimiento	Otros usos:	Riego, hidroeléctrico



Panorámica del embalse (18/11/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Plano/s 1:50.000: 327



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
	SANTA ANA	Oligo-Meso	Óptimo
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 04/08/2004
Tª superficie (°C): 24,65	pH superficie (ud): 9,08	Conductividad superficie (µS/cm): 324
Tª fondo (°C): 8,64	pH fondo (ud): 7,79	Conductividad fondo (µS/cm): 321
Tª TI (°C): 10,26	pH TI (ud): 9,22	Conductividad TI (µS/cm): 307
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,55	4,3
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 6
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): No
2ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 18/11/2004
Tª superficie (°C): 12,18	pH superficie (ud): 7,99	Conductividad superficie (µS/cm): 403
Tª fondo (°C): 8,67	pH fondo (ud): 7,24	Conductividad fondo (µS/cm): 454
Tª TI (°C): 13,11	pH TI (ud): 7,75	Conductividad TI (µS/cm): 381
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	7,5	12,8
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 14/04/2005
Tª superficie (°C): 10,94	pH superficie (ud): 8,09	Conductividad superficie (µS/cm): 317
Tª fondo (°C): 7,04	pH fondo (ud): 7,27	Conductividad fondo (µS/cm): 364
Tª TI (°C): 7,18	pH TI (ud): 7,50	Conductividad TI (µS/cm): 184
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	5,2	8,8
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 29/07/2005
Tª superficie (°C): 23,83	pH superficie (ud): 7,14	Conductividad superficie (µS/cm): 308
Tª fondo (°C): 7,30	pH fondo (ud): 6,35	Conductividad fondo (µS/cm): 336
Tª TI (°C): 15,00	pH TI (ud): 6,90	Conductividad TI (µS/cm): 276
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,1	3,6
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 3
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 04/08/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	SNEIS	SNEIT	SNEIF	SNETI
PROFUNDIDAD	m	1	6	54	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,003	0,010	0,003	0,022
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,004	0,003	0,012
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,41	1,04	1,10	0,69
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,30	0,31	0,50	0,53
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,003	0,002	0,005
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	2,0			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	642			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 466	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>			Nº células/ml: 464	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 18/11/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	SNEIS	SNEIM	SNEIF	SNETI
PROFUNDIDAD	m	1	26	52	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,016	0,004	0,003	0,006
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,004	0,003	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,35	0,31	0,43	0,26
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,05	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,42	0,42	0,42	0,56
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,008	0,027	0,003
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0,4			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	291			
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea			Nº células/ml: 164	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>			Nº células/ml: 149	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 14/04/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	SNEIS	SNEIM	SNEIF	SNETI
PROFUNDIDAD	m	1	25	50	
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	630			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 504	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclostephanos dubius</i>			Nº células/ml: 186	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 29/07/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	SNEIS	SNEIM	SNEIF	SNETI
PROFUNDIDAD	m	1	22	45	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,007	0,006	0,093
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,003	0,005	0,042
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,18	0,19	0,58
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,03	0,02	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,31	0,34	0,40	0,12
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,004	0,007
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,20			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.302			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 1.060	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 1.050	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE SANTA ANA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Santa Ana 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 SANTA ANA

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

Tabla A19. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

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

En la tabla A20a se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para la campaña de muestreo de 2004.

Tabla A20a. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Santa Ana 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	74,00	Eutrófico
DISCO SECCHI	2,55	Mesotrófico
CLOROFILA a	2,00	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	642	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

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

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	8,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,10	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	1,20	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1302	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,50	OLIGOTRÓFICO

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

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE SANTA ANA

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 Santa Ana 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,00	1,30	1,21	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,55	Moderado			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,50	Muy Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,40	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 Santa Ana 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 Santa Ana 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	1,20	2,17	1,82	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
POTENCIAL ECOLÓGICO							
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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