



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

2016

---

# ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTOLEA

---



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS  
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO





---

## ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

---

### PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



### SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

### DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Vicente Sancho Tello Valls y María José Rodríguez Pérez

### EMPRESA CONSULTORA:

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia Estudi General

### EQUIPO DE TRABAJO:

Área de Limnología, dirigida por Dr. Eduardo Vicente Pedrós, Catedrático de Ecología. Director del Estudio.

### PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

89.000,00 €

### CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE URRÚNAGA

### AÑO DE EJECUCIÓN:

2016

### FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2016



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la presa del embalse de Santolea desde el punto de muestreo.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2016). Establecimiento de una metodología para el seguimiento del potencial ecológico vs. estado trófico de los embalses de la cuenca del Ebro. 212 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</b>	<b>7</b>
2.1. <i>Ámbito geológico y geográfico</i>	7
2.2. <i>Características morfométricas e hidrológicas</i>	8
2.3. <i>Usos del agua</i>	9
2.4. <i>Registro de zonas protegidas</i>	9
<b>3. TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>10</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>11</b>
4.1. <i>Características fisicoquímicas de las aguas</i>	11
4.2. <i>Hidroquímica del embalse</i>	14
4.3. <i>Fitoplancton y concentración de clorofila</i>	15
4.4. <i>Zooplancton</i>	19
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>21</b>
<b>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

### ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

<b>Figura 1.</b> Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2015-2016. ....	9
<b>Figura 2.</b> Localización de la estación de muestreo en el embalse. ....	10
<b>Figura 3.</b> Perfil vertical de la temperatura y pH .....	11
<b>Figura 4.</b> Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto .....	12
<b>Figura 5.</b> Perfil vertical de la conductividad .....	13
<b>Figura 6.</b> Perfil vertical de la clorofila <i>a</i> .....	16
<b>Figura 7.</b> Vista de la cola del embalse.....	28
<b>Figura 8.</b> Vista del punto de acceso al embalse.....	28

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características morfométricas del embalse de Santolea .....	8
<b>Tabla 2.</b> Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.....	15
<b>Tabla 3.</b> Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.....	16
<b>Tabla 4.</b> Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.....	19
<b>Tabla 5.</b> Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	20
<b>Tabla 6.</b> Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. ....	21
<b>Tabla 7.</b> Diagnóstico del estado trófico del embalse de Santolea. ....	21
<b>Tabla 8.</b> Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Combinación de los indicadores.....	23
<b>Tabla 10.</b> Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Santolea.....	23
<b>Tabla 11.</b> Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015). ....	24
<b>Tabla 12.</b> Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. ....	25
<b>Tabla 13.</b> Combinación de los indicadores.....	25
<b>Tabla 14.</b> Diagnóstico del potencial ecológico ( $PE_{norm}$ ) del embalse de Santolea. ....	26



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Santolea durante los muestreos de 2016 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una consulta ágil y rápida del documento.

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el aspecto del embalse durante el periodo estudiado (verano 2016, correspondiente al año hidrológico 2015-2016).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Clasificación del “Potencial Ecológico experimental”, tras la aplicación de los indicadores biológicos, propuestos en la MEMORIA DEL ESTUDIO, y fisicoquímicos, propuestos en la Directiva Marco del Agua.
- Clasificación del “Potencial Ecológico normativo”, tras la aplicación de los indicadores biológicos y fisicoquímicos propuestos en la Directiva Marco del Agua.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

### 2.1. **Ámbito geológico y 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, en términos geológicos, se encuentra entre materiales desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario. Encontrando dolomías, calizas, margas, conglomerados, lutitas,



gravas, arenas (formación de arenas de Utrillas) y arcillas. En el Cuaternario se localizan los depósitos aluviales de gravas; limos y arcillas.

El embalse de Santolea se sitúa dentro del término municipal de Castellote, en la provincia de Teruel. Regula las aguas del río Guadalope.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones de geometría irregular.

La cuenca vertiente al embalse de Santolea tiene una superficie de 122703,97 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 47,67 hm<sup>3</sup>, que coincide con la capacidad útil. Caracterizado por una profundidad media de 16 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 44 m.

En la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse.

**Tabla 1.** Características morfométricas del embalse de Santolea.

Superficie de la cuenca	1250 km <sup>2</sup>
Capacidad total N.M.N.	47,67 hm <sup>3</sup>
Capacidad útil	47,67 hm <sup>3</sup>
Aportación media anual	106 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	385 ha
Cota máximo embalse normal	583,35 msnm

Tipo de clasificación: 11. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda de la red principal. En el periodo estival no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 13 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 7,3 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Santolea para el año hidrológico 2015-2016 fue de 7,25 meses.

En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida media correspondientes al año hidrológico 2015-2016.



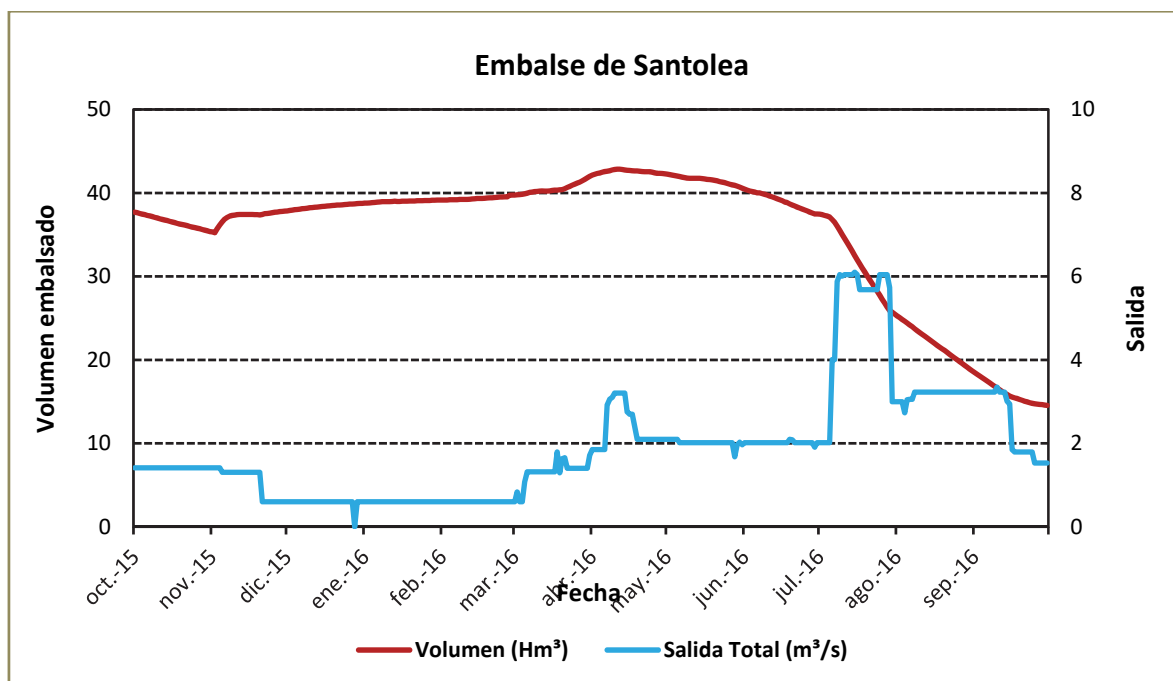


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2015-2016.

### 2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y al abastecimiento de la población. La navegación está permitida (sin restricciones para el remo, con condiciones poco favorables para la vela, y con limitaciones para motor) en este embalse.

### 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, en la categoría de zona de extracción de agua para consumo humano y zonas de protección de hábitats o especies (Punto Red Natura 2000: ZEPA ES0000306 "Río Guadalope-Maestrazgo").

### 3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 8 de Agosto de 2016, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y la transparencia en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada y otras puntuales para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

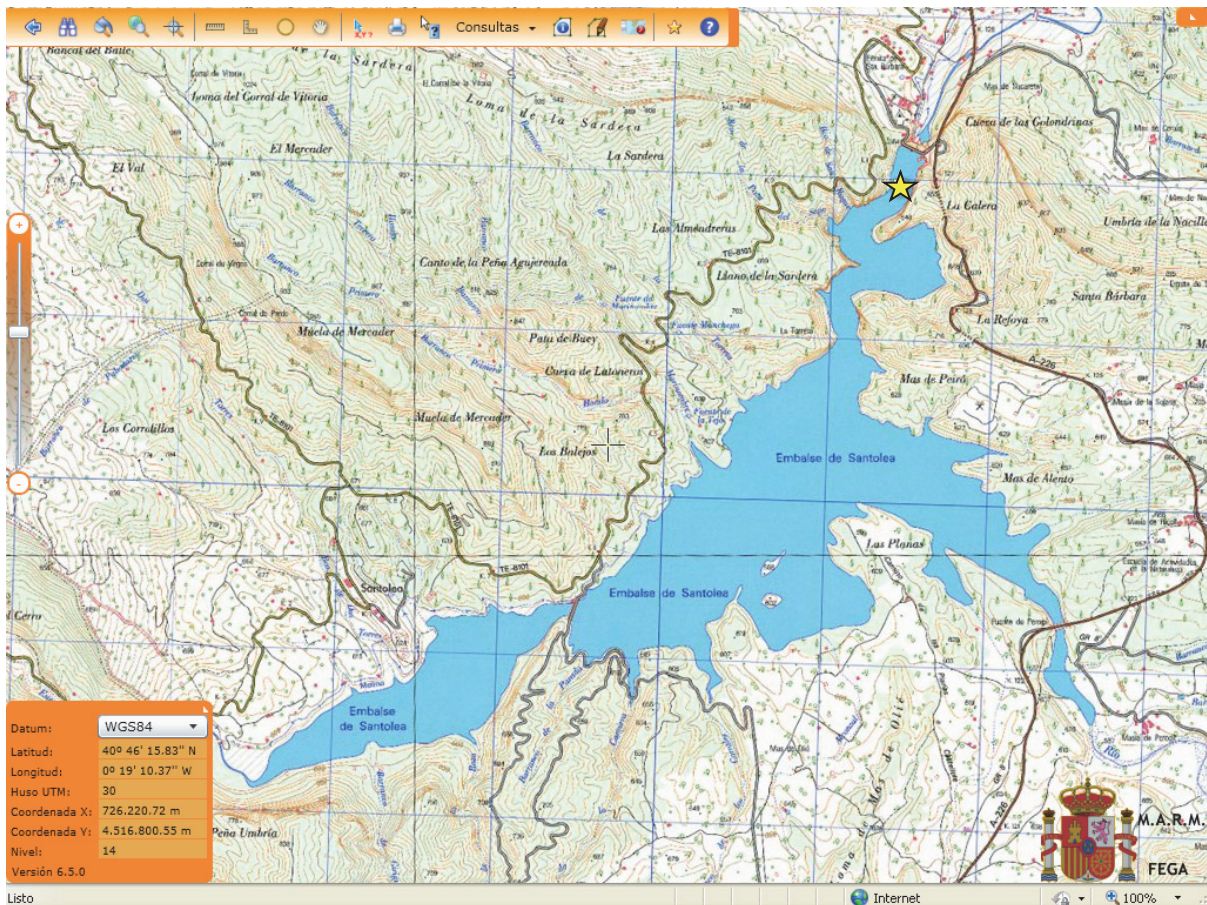
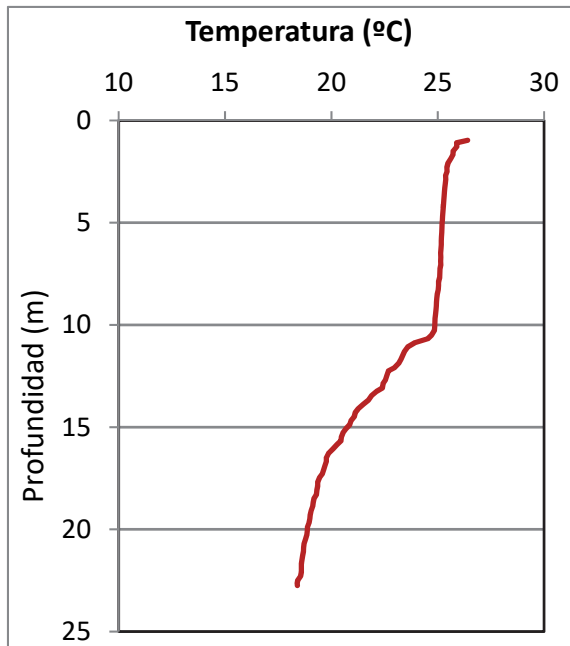


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

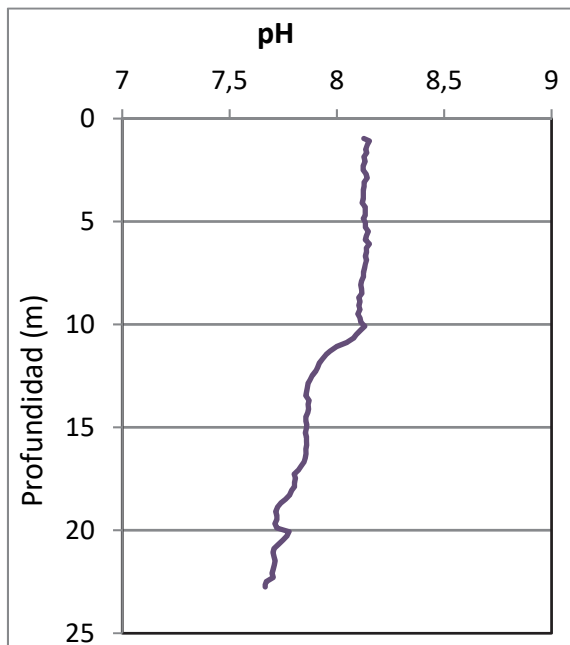
### 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

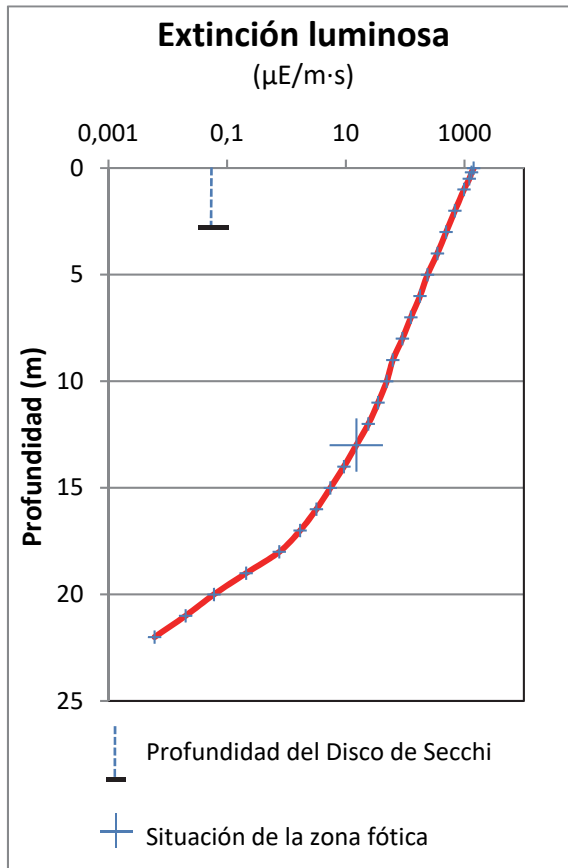


La temperatura del agua oscila entre los 18,40 °C – en el fondo- y los 26,40 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2016) no existe termoclina.



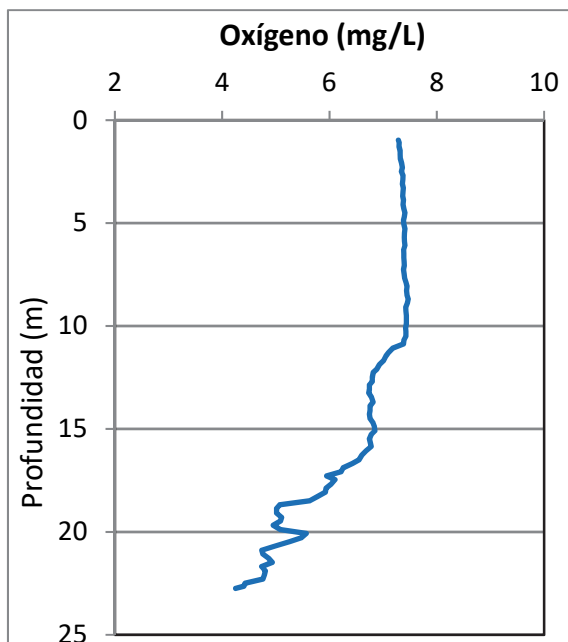
El pH del agua en la superficie es de 8,13. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,67. Valores máximo y mínimo del perfil.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



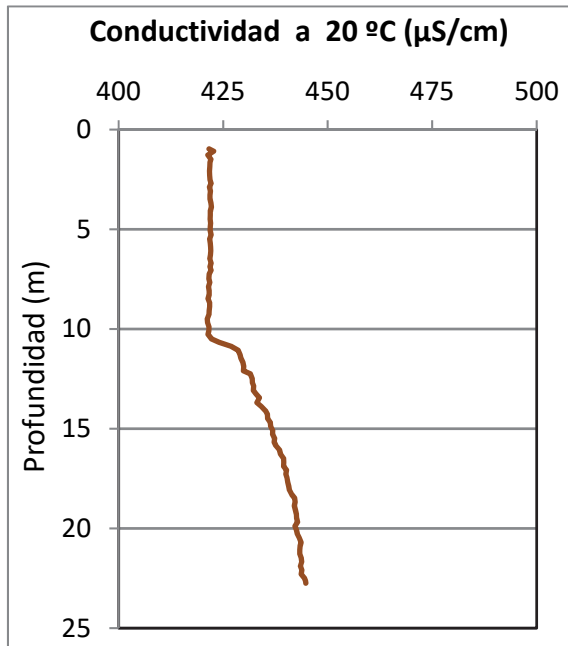
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 2,9 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 7,3 metros. Sin embargo, la determinación mediante medidor fotoeléctrico proporciona el valor de 13 m como espesor de la capa fótica.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 13 m de profundidad) fue de 2,25 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 6,64 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas ( $<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ).

**Figura 4.** Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto.



La conductividad del agua es de 421  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la superficie y de 444  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el fondo. La conductividad empieza a subir a partir de los 10 metros de profundidad.

**Figura 5.** Perfil vertical de la conductividad.



### 3.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2016 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 4,80  $\mu\text{g P/L}$ .
- La concentración de P soluble fue de 1,29  $\mu\text{g P/L}$ .
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,62 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,35 mg N/L.
- La concentración de amonio ( $\text{NH}_4$ ) resultó ser de 0,022 mg  $\text{NH}_4/\text{L}$ .
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,96 mg  $\text{SiO}_2/\text{L}$ .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,52 meq/L.



### 3.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 22 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	3
CHRYSTOPHYCEAE	2
CHLOROPHYCEAE	7
CYANOBACTERIA	2
CRYPTOPHYCEAE	5
DINOPHYCEAE	1
EUGLENOPHYCEAE	2

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2:

**Tabla 2.** Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
<b>Nº CÉLULAS TOTALES</b>	<b>nº cel./ml</b>	4537
<b>BIOVOLUMEN TOTAL</b>	<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>	463379
<b>Diversidad Shannon-Wiener</b>		1,60
<b>CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		Bacillariophyceae
<b>Nº células/ml</b>		3542
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		<i>Cyclotella delicatula</i>
<b>Nº células/ml</b>		3179
<b>CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		Bacillariophyceae
<b>Nº células/ml</b>		352780
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		<i>Cyclotella delicatula</i>
<b>Nº células/ml</b>		249689

La concentración de clorofila fue de 1,11  $\mu\text{g/L}$  en la muestra integrada, cuya profundidad se indica en la figura 6 con una línea roja. En el perfil determinado por fluorimetría se observa un máximo a 11 m de profundidad, con una concentración de 2,3  $\mu\text{g/L}$ .

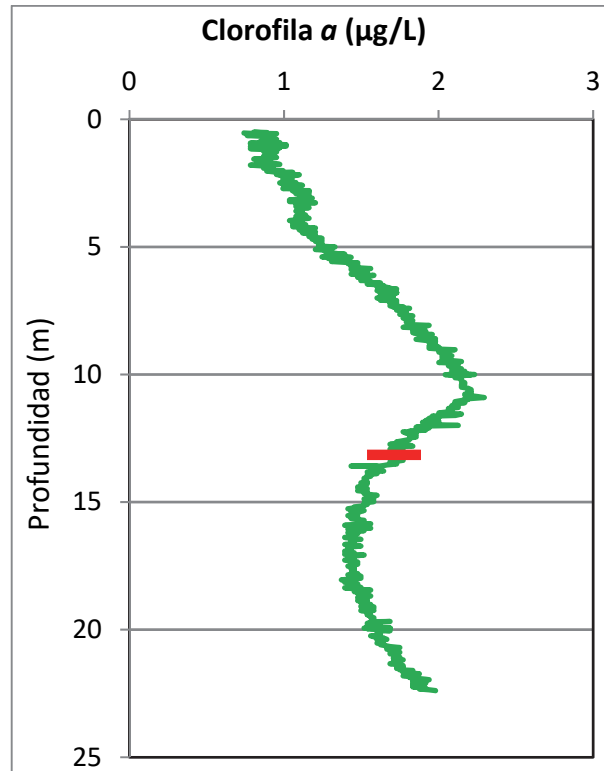


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

La composición de la población fitoplanctónica de la muestra integrada de la zona fótica indicando su abundancia y biovolumen, y la densidad cualitativa de la muestra integrada de fitoplancton del muestreo vertical con red de plancton, se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	(1 al 5)
	<b>BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/</b>			
CYCLDELI0	<i>Cyclotella delicatula</i> (=Lindavia delicatula)	3179,15	249689,98	2
CYCLOCEL0	<i>Cyclotella ocellata</i> (=Lindavia ocellata)	362,72	102913,33	1
CYCLRADI0	<i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa)	0,16	176,79	
	<b>BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/</b>			
ACHNMINU0	<i>Achnanthydium minutissimum</i> (=Achnanthes minutissima)			1
FRAGIGEN0	<i>Fragilaria</i> sp.			1
	<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	135,13	4324,22	





COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
KEPHOVAL0	<i>Kephyrion ovale</i>			1
PSEUHYAL0	<i>Pseudokephyrion hyalinum</i>	7,11	651,69	
	<b>CHLOROPHYTA</b>			
CARTEGEN0	<i>Carteria</i> sp.	7,11	18295,70	
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.			1
MONOMINU0	<i>Monoraphidium minutum</i>	14,22	349,12	
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	0,33	74,22	
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	14,22	178,75	
PLANLAUT0	<i>Planctonema lauterbornii</i>	113,80	3910,13	1
RADINIMB0	<i>Radiococcus nimbatus</i>	1,31	351,87	
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>			1
TETRMEDI0	<i>Tetraedron mediocris</i>	7,11	349,12	
	<b>CYANOBACTERIA</b>			
APHAGRAC0	<i>Aphanizomenon gracile</i>			1
MERIWARM0	<i>Merismopedia warmingiana</i>			1
OSCILGEN0	<i>Oscillatoria</i> sp.			5
PLANAGAR0	<i>Planktothrix agardhii</i>	528,79	26579,66	
PSEUCATE0	<i>Pseudanabaena catenata</i>	6,56	220,99	1
	<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	2,30	5490,29	1
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	0,49	280,39	
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>	0,33	457,36	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis (=Rhodomonas) lacustris</i>	142,24	10861,48	
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplantica (=Rhodomonas lacustris var. nannoplantica)</i>	14,22	556,11	
	<b>DINOPHYCEAE</b>			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,82	35881,28	1
WOLOCORO0	<i>Woloszynskia coronata</i>			1
	<b>EUGLENOPHYCEAE</b>			
EUGLAGILO0	<i>Euglena agilis</i>	0,33	1451,79	
STROFLUV0	<i>Strombomonas fluviatilis</i>	0,16	335,57	



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm <sup>3</sup> /ml	(1 al 5)
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	3542,04	352780,11	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	142,24	4975,90	
	TOTALES CHLOROPHYTA	158,11	23508,91	
	TOTALES CYANOBACTERIA	535,35	26800,65	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	159,59	17645,63	
	TOTALES DINOPHYCEAE	0,82	35881,28	
	TOTALES EUGLENOPHYCEAE	0,49	1787,36	
	TOTALES ALGAS	4538,64	463379,84	

Nota: Entre paréntesis se cita el anterior nombre de la especie.

Clases de abundancia	% de presencia
1	<9
2	10-24
3	25-60
4	61-99
5	>99

### 3.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santolea se han identificado un total de 10 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 2 Copepoda
- 5 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 4:

**Tabla 4.** Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	12,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	74,81
BIOMASA TOTAL	µg/L	51,68
Diversidad Shannon-Wiener		2,22
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		50,00
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
individuos/L		36,92
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Copépodos
µg/L		38,81
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Copidodiaptomus numidicus</i>
µg/L		37,42
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 21 m
CLADÓCEROS: 5,84 %	COPÉPODOS: 30,83 %	ROTÍFEROS: 63,33 %



La composición detallada de la población zooplanctónica presente en la muestra cuantitativa de zooplancton indicando la densidad y biomasa, y el porcentaje de las especies presentes en la muestra integrada de la red vertical, se muestran en la tabla 5:

**Tabla 5.** Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

<b>CÓDIGO</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>BIOMASA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TAXÓN	ZOOPLANCTON	Ind./L	mg/L	%
	<b>CLADÓCEROS</b>			
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	0,19	0,23	1,67
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>	0,38	1,46	0,004
DIAPMONG0	<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	2,69	6,73	4,17
	<b>COPÉPODOS</b>			
COPINUMI0	<i>Copidodiaptomus numidicus</i>	16,92	37,42	25,00
CYCLOPFAM	Ciclópido	4,62	1,38	5,83
	<b>ROTÍFEROS</b>			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	6,15	0,38	2,50
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	2,31	1,73	6,67
COLLPELA0	<i>Collotheca pelagica</i>	1,54	0,05	0,004
GASTSTYL0	<i>Gastropus stylifer</i>			0,83
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	36,92	1,88	50,00
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>	3,08	0,40	3,33
	<b>Total Cladóceros</b>	<b>3,27</b>	<b>8,42</b>	<b>5,84</b>
	<b>Total Copépodos</b>	<b>21,54</b>	<b>38,81</b>	<b>30,83</b>
	<b>Total Rotíferos</b>	<b>50,00</b>	<b>4,45</b>	<b>63,33</b>
	<b>Total</b>	<b>74,81</b>	<b>51,68</b>	<b>100</b>

## 4. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 6, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**Tabla 6.** 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 ( $\mu\text{g/L}$ ) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
<b>VALOR PROMEDIO FINAL</b>	<b>&lt; 1,8</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>

En la tabla 7 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.

**Tabla 7.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Santolea.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	4,80	Oligotrófico
COLOROFLA a	1,11	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,90	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	4539	Mesotrófico
<b>ESTADO TROFICO FINAL</b>	<b>2,50</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, tanto el fósforo total (PT) como la concentración de clorofila a indican un estado oligotrófico de las aguas. Mientras que la transparencia según el Disco de Secchi y la densidad algal clasifican el embalse como mesotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de SANTOLEA ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

### a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 8, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**Tabla 8.** Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.

Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	< 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	>10 <sup>5</sup>	
		Biomasa algal, Clorofila <i>a</i> (µg/L)	< 2,5	2,5-8	8,0-25	>25	
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	< 0,5	0,5-2	2-8	>8	
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	> 3	2-3	1-2	<1	
		<i>Trophic Index (TI)</i>	< 2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25	
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	> 3,4	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8	
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
<b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</b>			<b>&lt; 2,6</b>	<b>2,6 - 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>	
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	Concentración O <sub>2</sub> (mg O <sub>2</sub> /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
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)</b>			<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Moderado</b>		
			<b>&lt; 1,6</b>	<b>1,6 – 2,4</b>	<b>&gt; 2,4</b>		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento de menor puntuación (fitoplancton o zooplancton) o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene asignando la calificación del elemento de menor puntuación o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.



La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico experimental final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 9:

**Tabla 9.** Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 10 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

**Tabla 10.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Santolea.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	4539	Moderado
		Clorofila <i>a</i> (µg/L)	1,11	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,46	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,44	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,90	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,67	Bueno o superior
		Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	6,88
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>3,0</b>	<b>MODERADO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,90	Moderado
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,64	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,80	Bueno
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>3,0</b>	<b>MODERADO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO PE<sub>exp</sub></b>				<b>MODERADO</b>

## b) Aproximación normativa (*PE<sub>norm</sub>*)

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 11 y 12, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**Tabla 11.** Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015).

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 <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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



**Tabla 12.** Parámetros, rangos del RECT 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 <sup>3</sup> /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	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,6</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	
			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 <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /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		
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>&lt; 1,6</b>	<b>1,6 – 2,4</b>	<b>&gt; 2,4</b>		

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 13:

**Tabla 13.** Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 14 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PE<sub>norm</sub>*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.



**Tabla 14.** Diagnóstico del potencial ecológico (*PE<sub>norm</sub>*) del embalse de Santolea.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE<sub>norm</sub></i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	1,11	2,34	1,94	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,46	1,64	1,40	Bueno o superior
			<b>Media</b>			<b>1,67</b>	
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,40	1,001	1,01	Bueno o superior
			Porcentaje de cianobacterias	5,78	0,94	0,92	Bueno o superior
			<b>Media</b>			<b>0,96</b>	
<b>Media global</b>						<b>1,32</b>	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>1,32</b>			<b>BUENO O SUPERIOR</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE<sub>norm</sub></i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,90			Moderado	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,64			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,80			Bueno	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3,0</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>				<b>MODERADO</b>			



## ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---



**Figura 7.** Vista de la nueva presa de la cola del embalse



**Figura 8.** Vista del punto de acceso