



---

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTOLEA  
AÑO 2010

---



VNIVERSITAT Æ VALÈNCIA

CONSULTOR:  
**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA ESTUDI GENERAL**  
**Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Área de Limnología**  
Departamento de Microbiología y Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas  
46100 – Burjassot (Valencia)

DICIEMBRE 2010

## ÍNDICE

	Página
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b><u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u></b>	<b>2</b>
2.1.  Ámbito geológico y geográfico	2
2.2.  Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3.  Usos del agua	4
2.4.  Registro de zonas protegidas	4
<b><u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u></b>	<b>5</b>
<b><u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u></b>	<b>6</b>
4.1.  Características fisicoquímicas de las aguas	6
4.2.  Hidroquímica del embalse	8
4.3.  Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4.  Zooplancton	11
<b><u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u></b>	<b>13</b>
<b><u>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u></b>	<b>14</b>

### ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Santolea durante los muestreos de 2010 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 estado del embalse durante el periodo estudiado (verano 2010, correspondiente al año hidrológico 2009-2010).

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”, 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.

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

### 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 el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

#### CUADRO 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>

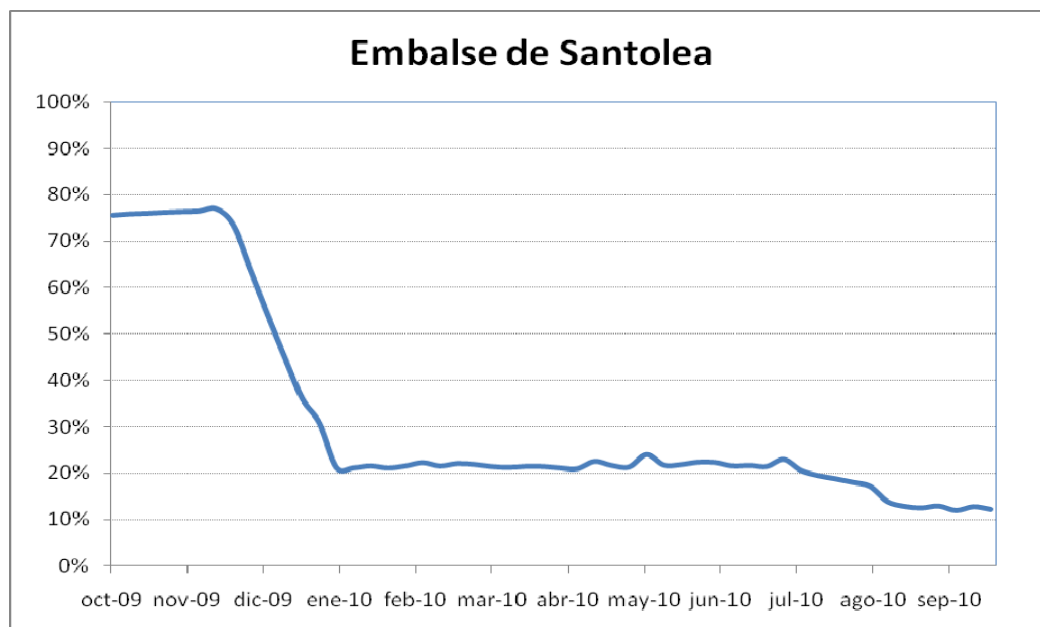
Aportación media anual	106 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	385 ha
Cota máximo embalse normal	583,35 msnm

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda de la red principal. La termoclina no se ha formado a causa del vaciado del embalse por las obras en el mismo y la importante renovación de las aguas. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 13,5 metros de profundidad.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Santolea para el año hidrológico 2009-2010 fue de 1,4 meses. El embalse se ha vaciado durante el invierno y permanecerá en esta situación de alrededor del 20 % embalsado durante varios años debido a las obras que tienen lugar en la cola del mismo.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2009-2010.

**GRÁFICO 1**  
**VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2009-2010**



## **Usos del agua**

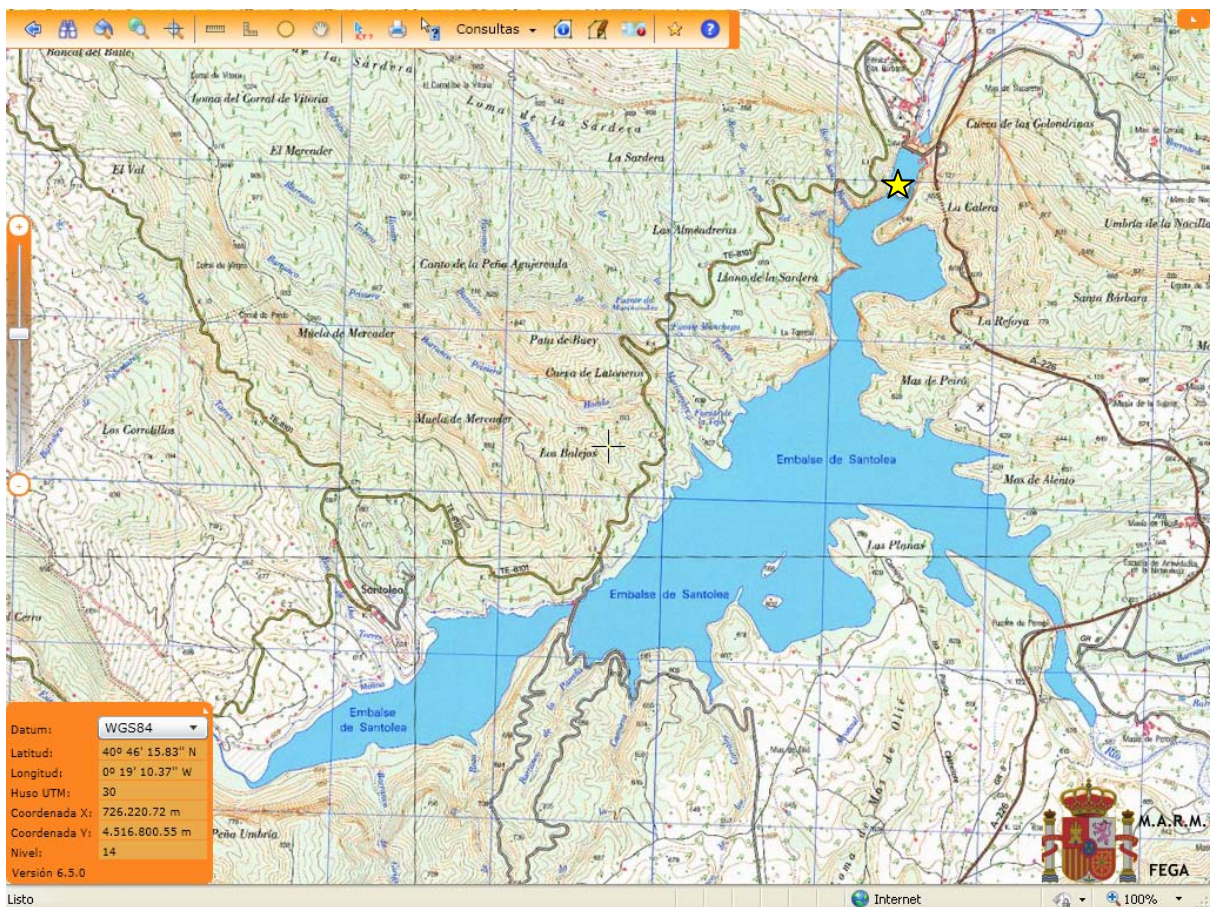
Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y al abastecimiento de la población. La navegación está permitida (sin restricciones para el remo, con condiciones poco favorables para la vela, y con limitaciones para motor) en este embalse.

### **2.3. 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 Guadalupe-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 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 30 de Junio de 2010, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

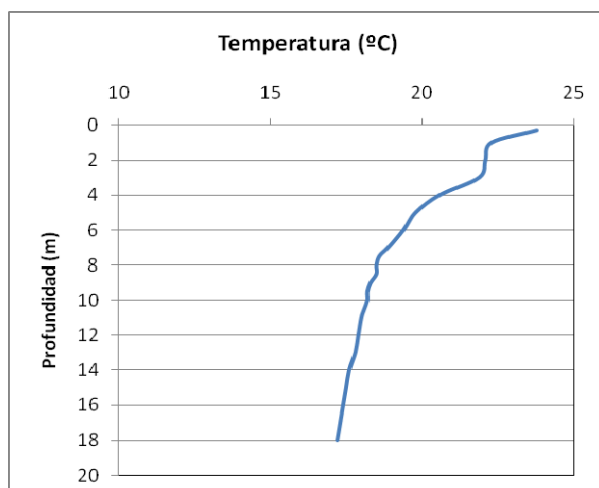


**Figura 1.** Localización de la estación de muestreo en el embalse.

## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

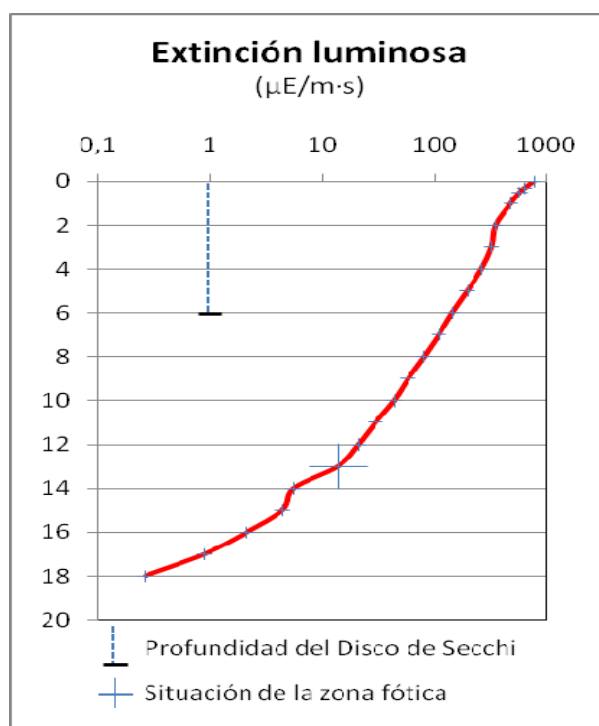
### 4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura del agua oscila entre los 17,2 °C – en el fondo- y los 23,8 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2010) no hay termoclina por el bajo nivel de las aguas y la elevada renovación.

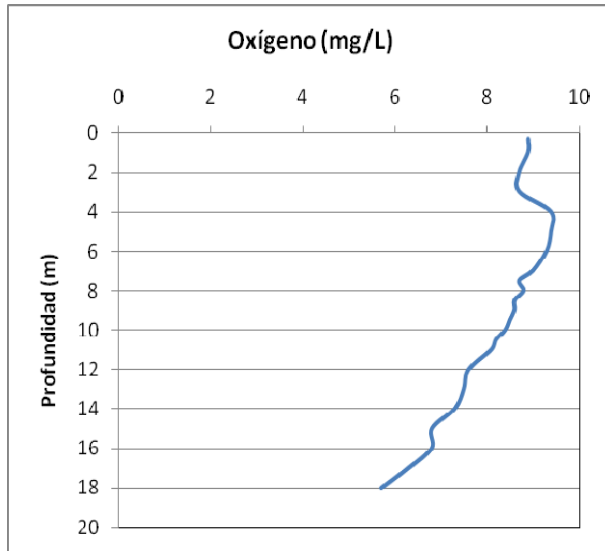
El pH del agua en superficie es 8,21. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,99.



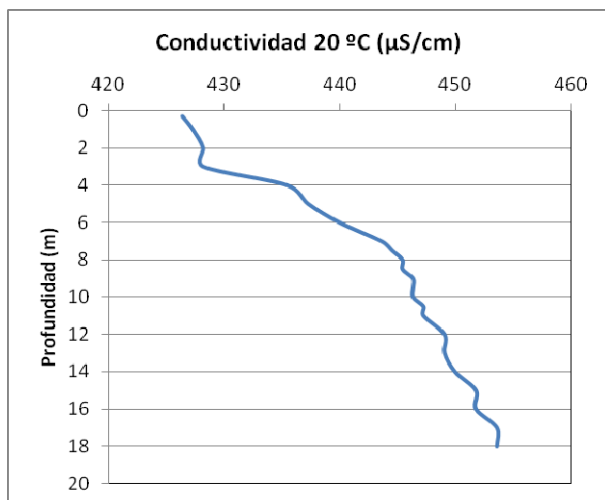
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 6 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 15 metros. Sin embargo, se toma muestra de columna de 13,5 m debido a que corresponde con la zona fótica real estimada con medidor fotoeléctrico.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 13,5 m de profundidad) fue de 1,03 NTU.





Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,63 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O<sub>2</sub>/L).



El valor de la conductividad del agua en la superficie es de 426 µS/cm y tal como aumenta la profundidad va subiendo ligeramente hasta alcanzar un valor de 454 µS/cm en el fondo del embalse.

Durante el muestreo no pudo realizarse el perfil vertical de pH debido a las condiciones del embalse.

### Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2010 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 4,09 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 0,33 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,86 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,79 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH<sub>4</sub>) resultó ser de 0,038 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 4,71 mg SiO<sub>2</sub>/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,78 meq/L.

#### 4.2. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 25 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	10
CONJUGATOPHYCEAE	4
CYANOBACTERIA	2
CRYPTOPHYTA	4
DINOPHYTA	2
EUGLENOPHYTA	3

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en el siguiente cuadro:

**CUADRO 2**

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON**

Nº CELULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	171,33
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	158154
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Cryptophyta
Nº células/ml		70,77
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Rhodomonas (=Plagioselmis) lacustris</i> Pascher & Rutter
Nº células/ml		54,01
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Dinophyta
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		90962
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		81455

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 4,28, de las más altas obtenidas en este estudio.

La concentración de clorofila fue de 1,09 µg/L.

Durante el muestreo no pudo realizarse el perfil vertical fluorimétrico de clorofila, debido a las condiciones del embalse.

### 4.3. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santolea se han identificado un total de 13 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Cladocera
- 2 Copepoda
- 7 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 3**).

**CUADRO 3**  
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

PROFUNDIDAD ZOOPLANCTON	m	11,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	85,0
BIOMASA TOTAL	µg/L	20,42
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
	individuos/L	68,15
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra major</i>
	individuos/L	36,5
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Cladóceros
	µg/L	10,57
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>
	µg/L	9,15

COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)	0 - 15 m	
CLADÓCEROS: 3 %	COPÉPODOS: 9 %	ROTÍFEROS: 88 %

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2010, está caracterizada por la densidad del rotífero *Polyarthra major* (43 % del total) y la biomasa del cladóceros *Daphnia longispina* (45 % del total).

La diversidad calculada para el zooplancton según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 2,25.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 4**, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 4**  
PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ( $\mu\text{g/L}$ P)	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

En el **Cuadro 5** 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.

**CUADRO 5**  
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE SANTOLEA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	4,09	Oligotrófico
CLOROFILA A	1,09	Oligotrófico
DISCO SECCHI	6,00	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	171	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>4</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, todos los parámetros: fósforo total (PT), clorofila a, transparencia (DS) y densidad algal, catalogan el embalse como oligotrófico. El estado trófico final para el embalse de SANTOLEA se ha estimado como **OLIGOTRÓFICO**.

## 6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

### a) Aproximación experimental (*PE<sub>exp</sub>*)

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 6**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 6**  
PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	<100	100-10 <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 a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
		<i>Trophic Index (TI)</i>	<2,06	2,06-2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	>4,2	3,4-4,2	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</b>			4, 2 -5	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	1-1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad 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 PT (µg P /L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)</b>			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento fitoplancton.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos,



se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el indicador fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 7** 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.

**CUADRO 7**  
DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE SANTOLEA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	171	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	1,09	Bueno
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,16	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,51	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,88	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,29	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	9,4	Moderado
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			3,7	<b>BUENO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	6,00	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	8,20	Máximo
	Nutrientes	Concentración de P (µg/L P)	4,09	Bueno
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			4,3	<b>MÁXIMO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO P<sub>Exp</sub></b>				<b>BUENO</b>

**b) Aproximación normativa (PEnorm)**

Se han considerando los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase bueno-moderado (B/M), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en el **Cuadro 8**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 8**

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO (VR<sub>t</sub>) Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE POTENCIAL ECOLÓGICO (B/M, BUENO-MODERADO) DE LOS INDICADORES DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD DE EMBALSES (ORDEN ARM/2656/2008).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR <sub>t</sub>	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m <sup>3</sup>	2	9,5	0,21
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,36	1,9	0,19
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,1	10,6	0,97
			Porcentaje de cianobacterias	0	9,2	0,91
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 9** 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.

**CUADRO 9**

DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE<sub>norm</sub>*) DEL EMBALSE DE SANTOLEA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE<sub>norm</sub></i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	2,39	Máximo
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	4,81	Máximo
		Índice de Catalán (IGA)	1,001	Máximo
		Porcentaje de cianobacterias	1,00	Máximo
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			5	<b>MÁXIMO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	6,00	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	8,20	Máximo
	Nutrientes	Concentración de P (µg P/L)	4,09	Bueno
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			4,3	<b>MÁXIMO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>			<b>MÁXIMO</b>	

---

**ANEXO I**  
REPORTAJE FOTOGRAFICO

---



**Foto 1:** Vista general del embalse y la presa desde el punto de muestreo