



---

**INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTOLEA**  
**AÑO 2009**

---



**UTE DBO5, SL-ICA, SL-ENTECSA**  
C/MIGUEL MENÉNDEZ BONETA, 2 Puerta 8  
28460 LOS MOLINOS (MADRID)  
CIF: G-84535319

**CONSULTOR:**  
**UTE RED BIOLÓGICA EBRO**

Oficinas UTE Madrid: c/ Miguel Menéndez Boneta 2-4, puerta 8  
28460 Los Molinos, Madrid TF y FAX 91 855 00 29 E-mail: [consultoria@ica1.e.telefonica.net](mailto:consultoria@ica1.e.telefonica.net)

**DICIEMBRE 2009**

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</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>3. TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>5</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>6</b>
4.1.  Características físico-químicas de las aguas	6
4.2.  Hidroquímica del embalse	8
4.3.  Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4.  Zooplancton	10
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>11</b>
<b>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>12</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 2009 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 2009, correspondiente al año hidrológico 2008-2009).

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.

### 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 total 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

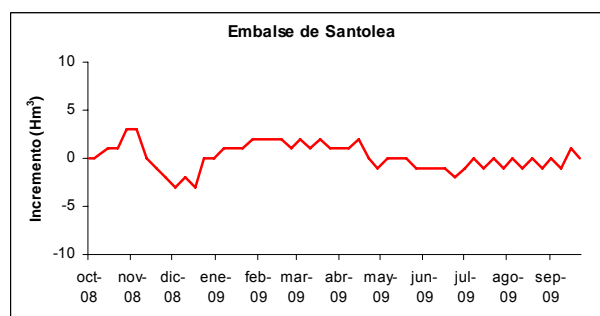
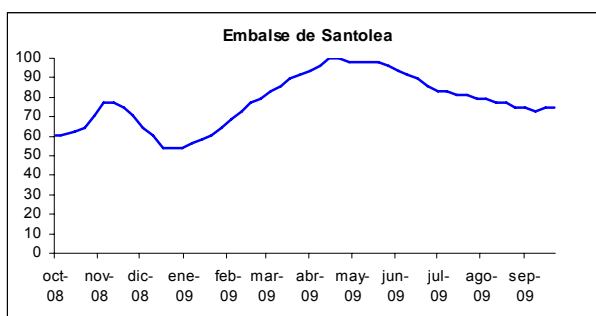
Superficie de la cuenca	1250 km <sup>2</sup>
Capacidad total N.M.N.	47,67 hm <sup>3</sup>
Capacidad útil	47,67 hm <sup>3</sup>
Aportación media anual	106 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	385 ha
Cota máximo embalse normal	583,35 msnm

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda de la red principal. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno a los 7,9-10,1 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 13,25 metros de profundidad.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Santolea para el año hidrológico 2008-2009 fue de 10,3 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2008-2009, así como los incrementos semanales en Hm<sup>3</sup>.

**GRÁFICO 1**  
 VOLUMEN EMBALSADO (%) E INCREMENTOS SEMANALES (Hm<sup>3</sup>) DURANTE EL AÑO  
 HIDROLÓGICO 2008-2009



### **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 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 4 de Junio de 2009, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos 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

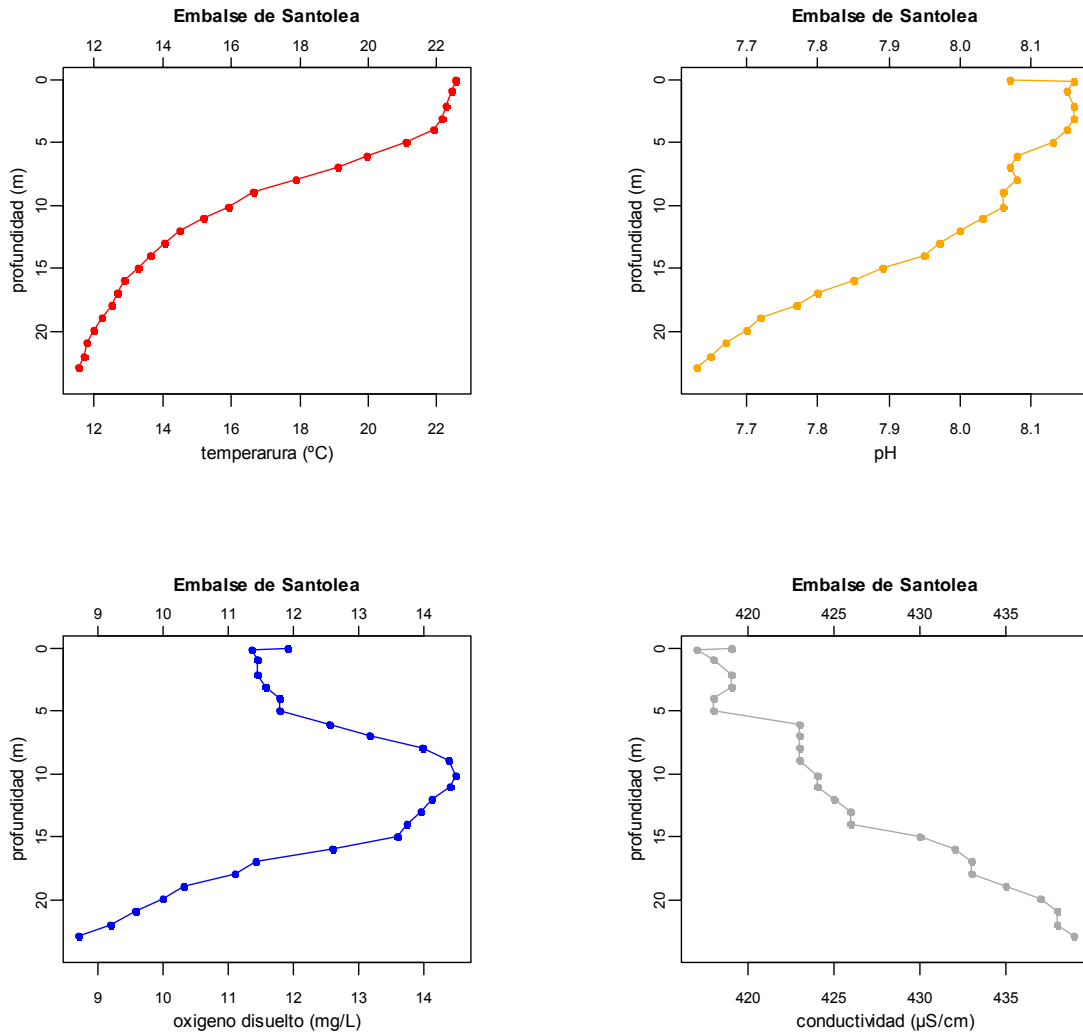
### 4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 11,54 °C – en el fondo- y los 22,56 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2009) la termoclina se sitúa entre los 7,9 y 10,1 m de profundidad.
- El pH del agua en superficie es 8,07. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,63.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 5,30 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 13,25 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 3,31 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 11,89 mg/L. En el hipolimnion la concentración media se sitúa en 11,75 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 419 µS/cm y de 439 µS/cm en el fondo del embalse.



**GRÁFICO 2**  
PERFILES FÍSICO QUÍMICOS DEL EMBALSE DE SANTOLEA



#### 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2009 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 13,29 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 1,78 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,61 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,52 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH<sub>4</sub>) resultó inferior al límite de detección (0,1 mg N/L).
- La concentración de sílice tomó un valor de 3,24 mg SiO<sub>2</sub>/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 4,8 meq/L.

### 4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 23 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 8 Bacillariophyceae
- 6 Chlorophyta
- 3 Cryptophyta
- 2 Euglenophyta
- 2 Dinophyta
- 1 Chrysophyceae
- 1 Cyanobacteria

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de bacilariofíceas (55%) y clorófitas (26%). Entre las especies más abundantes, encontramos la bacilariofícea *Cyclotella comta* (Ehr) Kütz (30,6% de la densidad total). También destacan por su alta densidad en la muestra integrada las clorófitas *Pedinomonas* sp y la bacilariofícea *Cyclotella cyclopuncta* Håkansson & Carter (17,6% y 12,9% de la densidad total). Las bacilariofíceas y dinófitos cuentan con 42% y 40% de biovolumen total respectivamente. El dinófito *Peridinium cinctum* (Müller) Erh, proporciona gran parte del biovolumen total (33,8%).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de bacilariofíceas es el mejor representado, con 8 especies.

La concentración de clorofila fue de 1,40 µg/L.

#### 4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santolea se han identificado un total de 14 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 9 Rotifera
- 3 Copepoda
- 2 Cladocera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 2**).

**CUADRO 2**  
 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

EMBALSE DE SANTOLEA		FECHA DE MUESTREO	04/06/2009
		<b>CODIGO PUNTO DE MUESTREO</b>	
<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>STO</b>	
<b>PROFUNDIDAD</b>	m	13,0	
<b>DENSIDAD TOTAL</b>	individuos/L	109	
<b>BIOMASA TOTAL</b>	µg/L	20	
<b>CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)</b>		ROTÍFERA (81%)	
individuos/L		97	
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)</b>		<i>Ascomorpha ovalis</i> (54%)	
individuos/L		55	
<b>CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)</b>		CLADÓCERA (60%)	
µg/L		12	
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)</b>		<i>Daphnia longispina</i> (60%)	
µg/L		12	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la densidad del rotífero *Ascomorpha ovalis* (54% del total) y la biomasa del cladócero *Daphnia longispina* (60% del total). En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los rotíferos es el mejor representado, con 9 especies.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 3**, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 120).

**CUADRO 3**  
 PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P (µg/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 (µg/L) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
TSI	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 4** 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 4**  
 DIAGNOSTICO DEL ESTADO TROFICO DEL EMBALSE DE SANTOLEA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	13,29	Mesotrófico
CLOROFILA A	1,40	Oligotrófico
DISCO SECCHI	5,30	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	2274	Mesotrófico
<b>ESTADO TROFICO FINAL</b>	3,5	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, los parámetros fósforo total (PT) y densidad algal, sitúan al embalse en rangos de mesotrofia. El parámetro clorofila-a y la transparencia (DS) lo catalogan como oligotrófico. El estado trófico final para el embalse de SANTOLEA se ha estimado como **OLIGOTRÓFICO**.

## 6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

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

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 5**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 157).

**CUADRO 5**  
 PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Óptimo	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 de 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 y zooplancton.

(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 estado físicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 6** 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 6**  
 DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE SANTOLEA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	2274	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	1,40	Bueno
		Biovolumen algal(mm <sup>3</sup> /L)	0,44	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,94	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,67	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,68	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	5,9	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	4,3	Bueno
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			3,9	<b>BUENO</b>
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	5,30	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg/LO <sub>2</sub> )	11,75	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	13,3	Moderado
<b>INDICADOR FÍSICOQUÍMICO</b>			4,0	<b>AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO P<sub>Exp</sub></b>				<b>BUENO</b>

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

Se han considerado 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 7**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 163).

**CUADRO 7**

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO ( $VR_t$ ) 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*).

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



En el **Cuadro 8** 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 estado fisicoquímico.

**CUADRO 8**  
 DIAGNOSTICO 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)	1,40	Óptimo
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,44	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	0,12	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias	36,86	No Alcanza
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			2,5	<b>BUENO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	5,30	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	11,75	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	13,3	Moderado
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			4,0	<b>AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>			<b>BUENO</b>	

---

**ANEXO I**  
**REPORTAJE FOTOGRAFICO**

---



**Foto 1:** Vista general del embalse desde la presa



**Foto 2:** Técnicos de campo realizando muestreos



**Foto 3:** Panorámica del embalse



**Foto 4:** Presa del embalse de Santolea