



INFORME FINAL DEL EMBALSE LA SOTONERA
AÑO 2010



VNIVERSITAT Đ 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
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	2
2.1. Ámbito geográfico y geológico.	2
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
<u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u>	5
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	6
4.1. Características fisicoquímicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	9
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	10
4.4. Zooplancton	12
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	14
<u>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	15

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse La Sotonera durante la campaña de muestreo del verano 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 1** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano de 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 geográfico y geológico.

La presa de La Sotonera se sitúa dentro de los términos municipales de Huesca y Loporzano, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Flumen, afluente del Alcanadre, en la cuenca del río Cinca.

La cubeta del embalse de La Sotonera se enclava en las litologías que se resumen en la siguiente tabla:

TIPO LITOLOGÍA	ORIGEN
Lutitas con intercalaciones de areniscas	DETRÍTICAS
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos principales)	DETRÍTICAS
Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, depósitos lacustres, turberas)	DETRÍTICAS
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	DETRÍTICAS
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS

Tipo de clasificación: 10. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones. La cuenca de drenaje vertiente al embalse de La Sotonera tiene una superficie de 2100 km², aunque las aportaciones principales de aguas provienen desde la presa de Ardisa por un canal de transferencia y su salida es por el canal de Los Monegros.

El embalse tiene una capacidad total de 189,38 hm³. Tiene una profundidad media de 10,3 m, mientras que la profundidad máxima es de 31,55 m. En el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

CUADRO 1

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE Y SUBCUENCAS

Superficie de la cuenca	2100 km ²
Capacidad total N.M.N.	189,38 hm ³
Capacidad útil	181,58 hm ³
Aportación media anual	1000 hm ³
Superficie inundada	216 ha
Cota máximo embalse normal	421,64 m

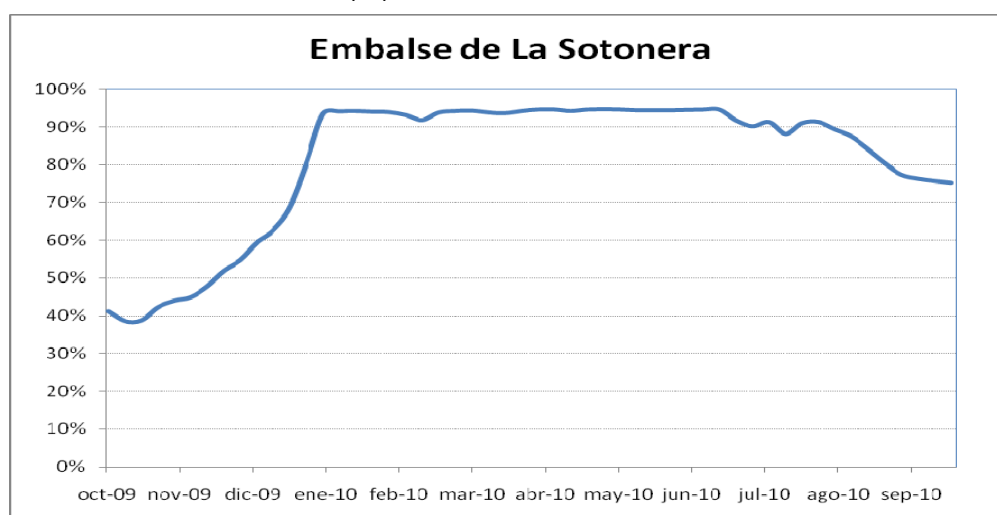
Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea y situado en zona no húmeda. En la fecha de la realización del muestreo, no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 12 metros determinado por medio de medidor fotoeléctrico, pues por medio del Disco de Secchi el valor obtenido ha sido de 9 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de La Sotonera para el año hidrológico 2009-2010 fue de 32,7 meses.

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

GRÁFICO 1

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



2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, el abastecimiento y también el recreativo.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse La Sotona forma parte de las zonas designadas para la captación de agua destinada al consumo humano, según el artículo 7 de la Directiva Marco del Agua.

El embalse de La Sotona 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.

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 8 de Septiembre 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 fito y zooplancton.

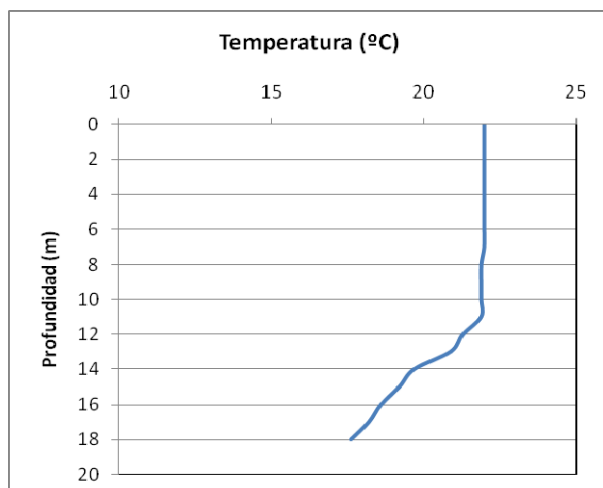


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

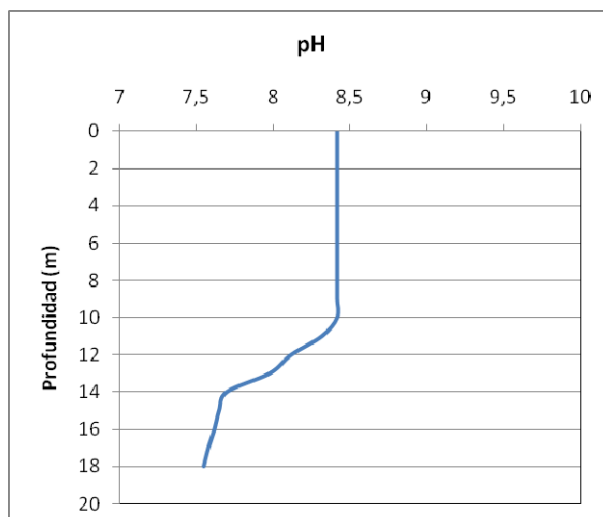
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

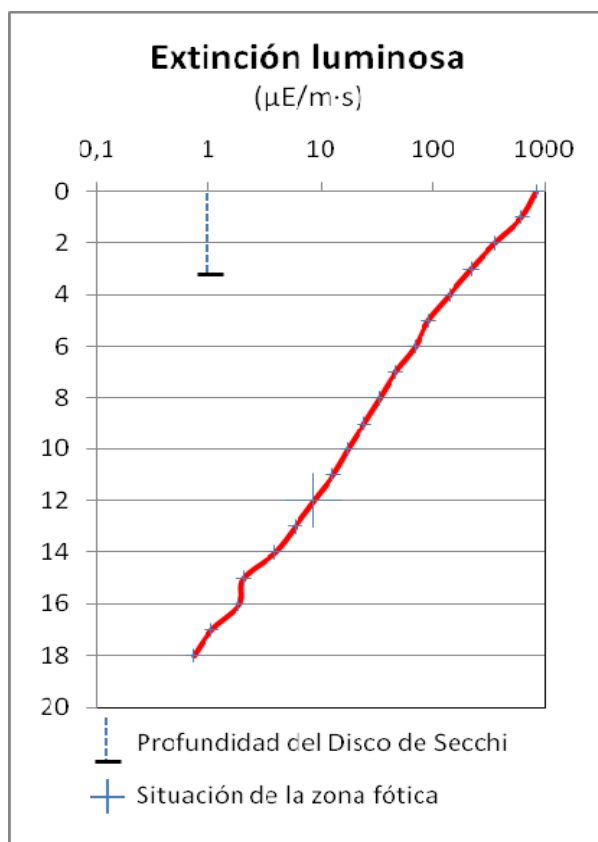
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura oscila entre los 17,6 °C en el fondo y los 22,0 °C en superficie. En el momento del muestreo no se observa existencia de termoclina.

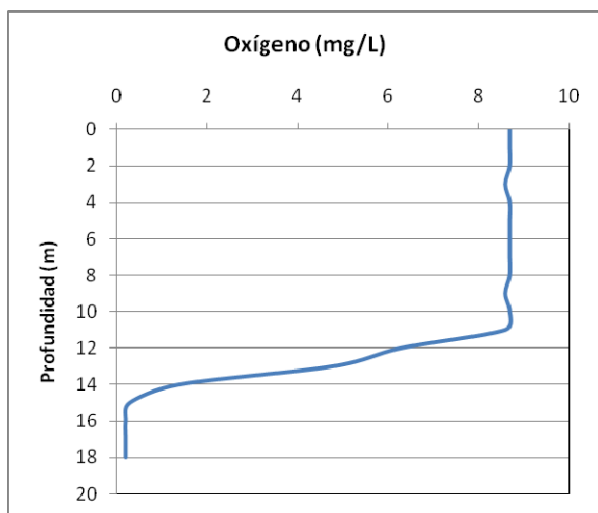


El pH en superficie es de 8,42. En el fondo el pH es de 7,55. Ambos valores coinciden respectivamente con el máximo y el mínimo valor de pH de la columna de agua medidos.

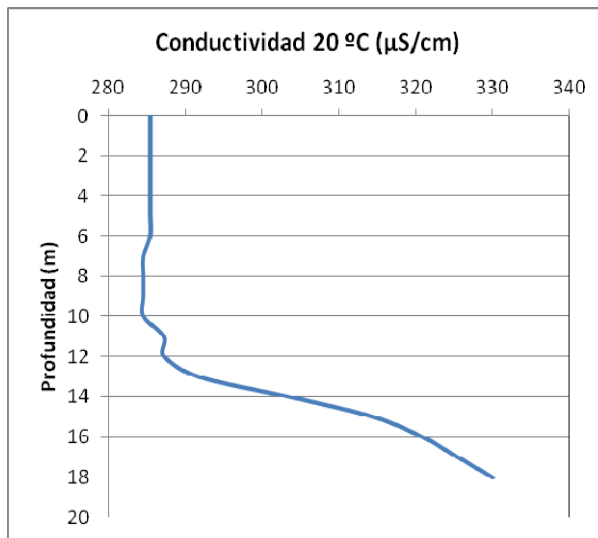


La transparencia del agua ofrece un registro en la lectura de disco de Secchi (DS) de 3,60 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,0 metros. Sin embargo la medición de la extinción luminosa mediante medidor fotoeléctrico de PAR ha mostrado que la zona fótica llega hasta los 12 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,94 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en la zona fótica alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,68 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L) a partir de los 14 m de profundidad.



La conductividad del agua oscila entre los 285 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en superficie y los 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del embalse, valor máximo del perfil vertical. La zona hipolimnética presenta un ligero aumento gradual con la profundidad.

4.2. 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 14,09 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 0,50 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,42 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,15 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) resultó inferior al límite de detección (0,01 mg N/L).
- La concentración de sílice tomó un valor de 3,66 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,28 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis se han identificado un total de 19 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	3
CHRYSTOPHYCEAE	2
CONJUGATOPHYCEAE	4
CYANOBACTERIA	2
CRYPTOPHYTA	4
DINOPHYTA	2
EUGLENOPHYTA	1
XANTHOPHYTA	1

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

CUADRO 2

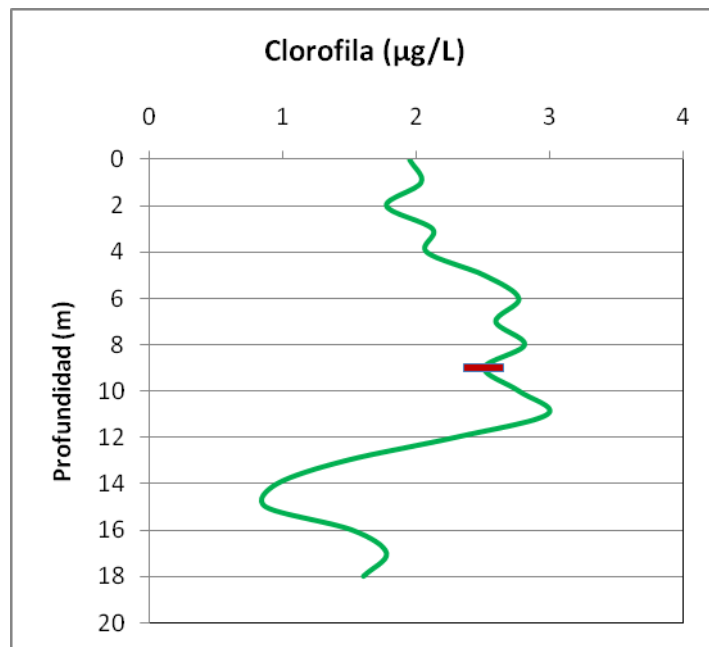
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	1053,11
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	µm³/ml	487866
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Chlorophyceae
Nº células/ml		664,83
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Didymocystis planctonica</i> Korš.
Nº células/ml		206,71
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Cryptophyta
µm³/ml		221340

ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	122183

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 3,97.

La concentración de clorofila fue de 2,66 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada, cuya profundidad se ha señalado con una línea roja. Los valores más altos en el perfil vertical según la medida de la sonda fluorimétrica se encuentran entre los 6 y 11 m de profundidad.



4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de La Sotonera se han identificado un total de 21 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 5 Cladóceras
- 2 Copépodos
- 14 Rotíferos

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	13,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	488,7
BIOMASA TOTAL	µg/L	79,47
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
	individuos/L	428,15
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
	individuos/L	308,1
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Cladóceros
	µg/L	42,31
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Daphnia cucullata</i>
	µg/L	17,22

COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)	0 - 18 m	
CLADÓCEROS: 7 %	COPÉPODOS: 23 %	ROTÍFEROS: 70 %

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2010, está caracterizada por la densidad del rotífero *Polyarthra dolichoptera* con un 63 %. Respecto al biovolumen, el cladócero *Daphnia cucullata* tiene un 22 % y del rotífero *Polyarthra dolichoptera* un 20 % del biovolumen total en la muestra.

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 1,97.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerando los indicadores especificados en el **Cuadro 4** para los valores medios en el embalse, 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 (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
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 LA SOTONERA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	14,09	Mesotrófico
CLOROFILA A	3,60	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,66	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	1053	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,25	MESOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, los parámetros de fósforo total (PT), clorofila a y densidad algal, indican un estado de mesotrofia. La transparencia (DS) caracteriza el embalse como oligotrófico. El estado trófico final para el embalse de La Sotonera se ha propuesto como **MESOTRÓFICO**.

6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

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 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm ³ /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
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			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 ₂ (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
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			>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 LA SOTONERA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	1053	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	2,66	Moderado
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,49	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,07	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,40	Deficiente
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,22	Bueno
	Zooplancton	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	7,1	Moderado
		<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	6,61	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,60	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/L O ₂)	6,20	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg/L P)	14,09	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,7	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{exp}				MODERADO

Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

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 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_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/2656/2008*).

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 Catalán (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 Catalán (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 Catalán (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 Catalán (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 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_{norm}*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

CUADRO 9
DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE LA SOTONERA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	0,98	Bueno
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,56	Máximo
		Índice de Catalán (IGA)	1,001	Máximo
		Porcentaje de cianobacterias	1,00	Máximo
INDICADOR BIOLÓGICO			5	MÁXIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,60	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,20	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg P/L)	14,09	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,7	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Presa del embalse de La Sotona