



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTA ANA
AÑO 2010



VNIVERSITAT D 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 geológico y geográfico	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 de Santa Ana durante el muestreo 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 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. Se sitúa dentro del término municipal de Castillonroy, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Noguera Ribagorzana.

Desde una visión geológica, el embalse se encuentra entre materiales del Cretácico superior (intercalaciones de calizas lacustres y lignitos, conglomerado, areniscas, arcillas, calizas bioclásticas), y del Paleógeno (areniscas, lutitas y calizas con alveolinas). También se observan terrazas y glaciais de gravas y arenas.

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 grandes dimensiones de geometría alargada e irregular, presentando un estrechamiento en su parte media.

La cuenca vertiente al embalse de Santa Ana tiene una superficie de 176653,59 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 236,60 hm³, que coincide con la capacidad útil. Caracterizado por una profundidad media de 29,8 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 68,9 m.

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

CUADRO 1

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE SANTA ANA

Superficie de la cuenca	1757,50 km ²
Capacidad total N.M.N.	236,60 hm ³
Capacidad útil	236,60 hm ³

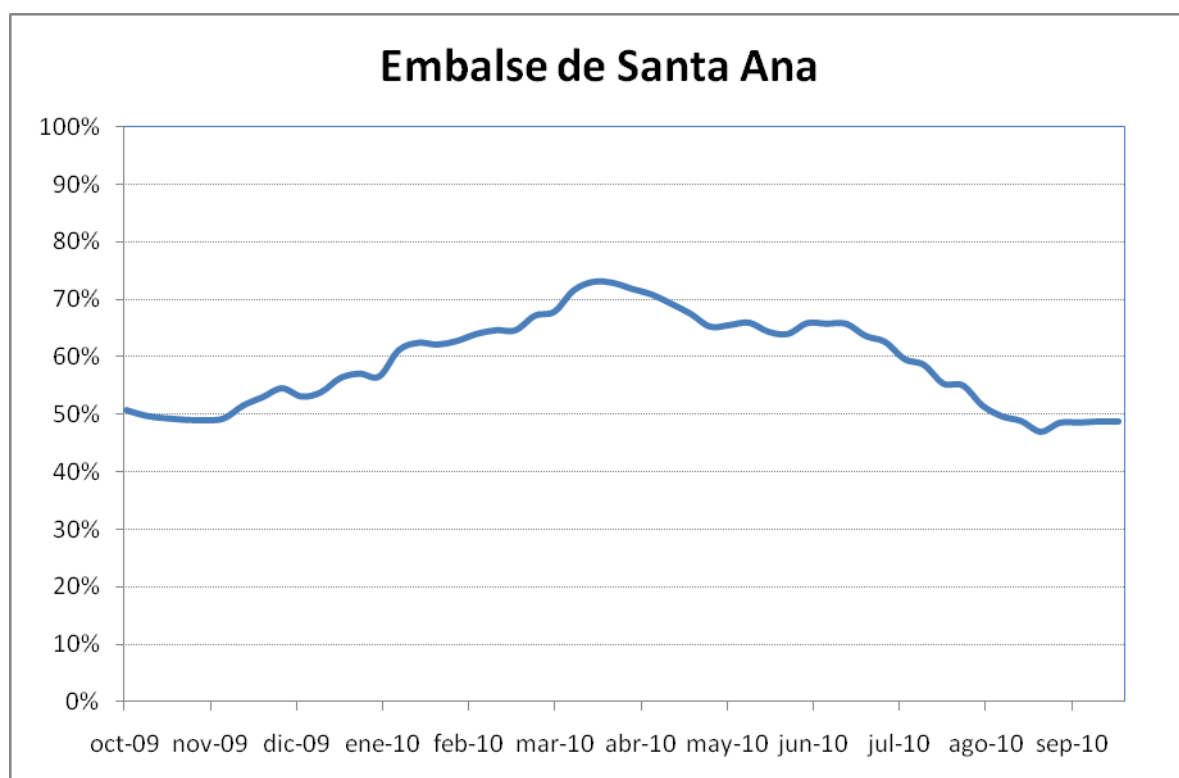
Aportación media anual	679,38 hm ³
Superficie inundada	768 ha
Cota máximo embalse normal	378,70 msnm

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda de la red principal. En la fecha de la realización del muestreo, la termoclina se sitúa entorno entre los 2,5 y 4,5 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 17,5 metros de profundidad, medida con medidor fotoeléctrico; sin embargo, estimada por la visión del Disco de Secchi es de 9,5 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Santa Ana para el año hidrológico 2009-2010 fue de 3,5 meses.

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



2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, al abastecimiento de la población y al aprovechamiento hidroeléctrico. También están permitidas las actividades recreativas: la navegación en este embalse (sin restricciones para el remo y vela, con limitaciones para motor).

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, en la categoría de *zona de extracción de 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 9 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.

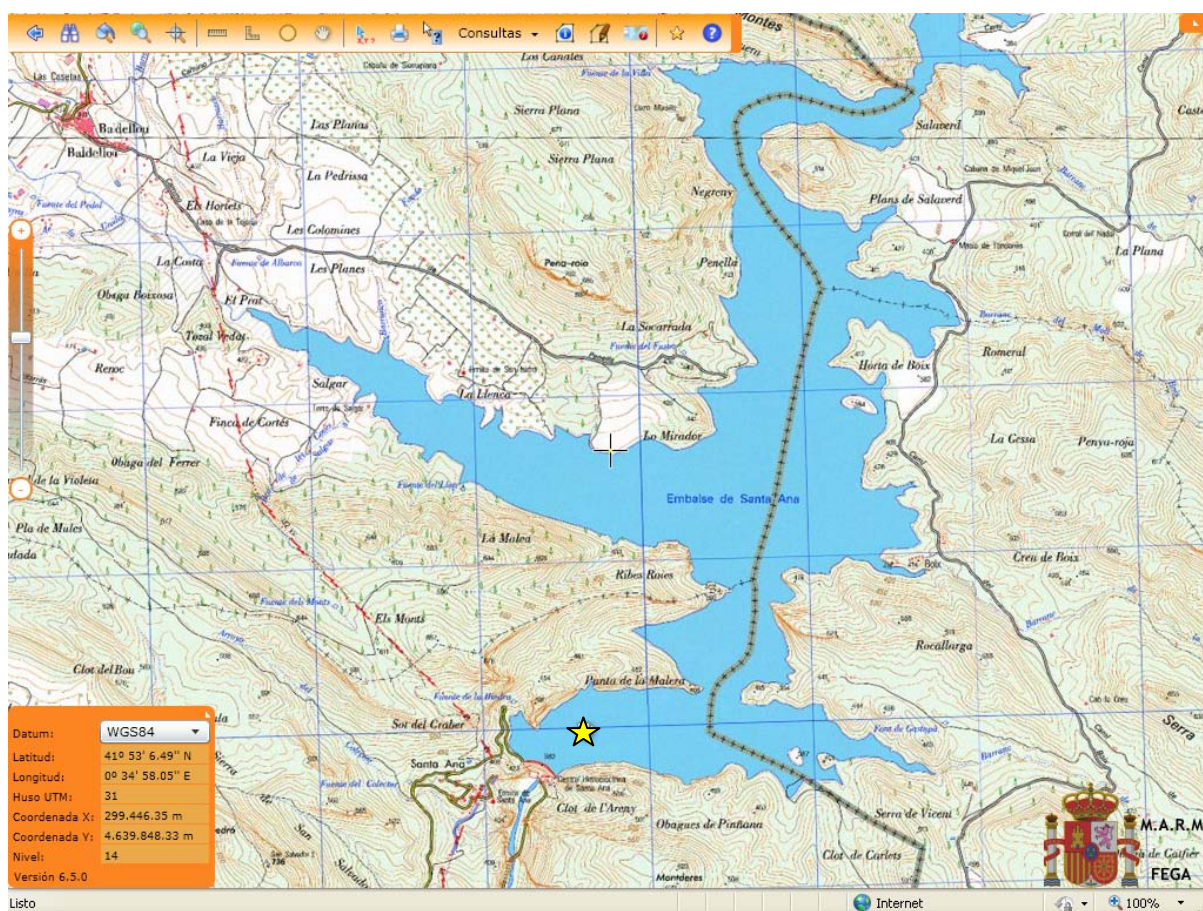
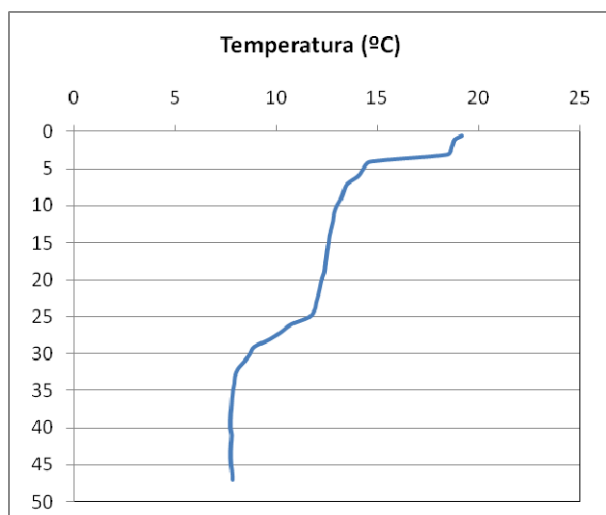


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

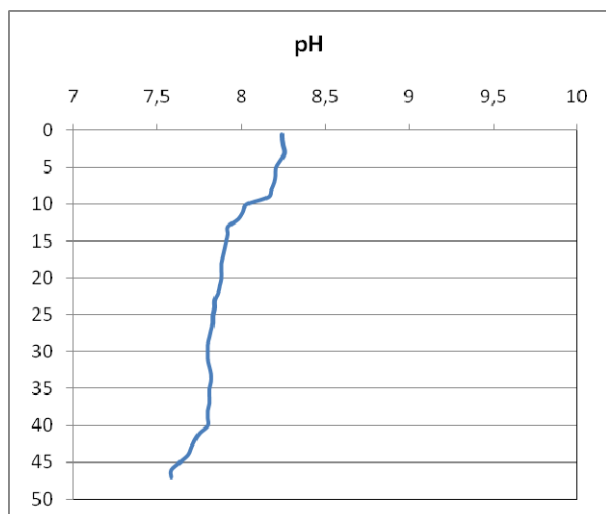
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

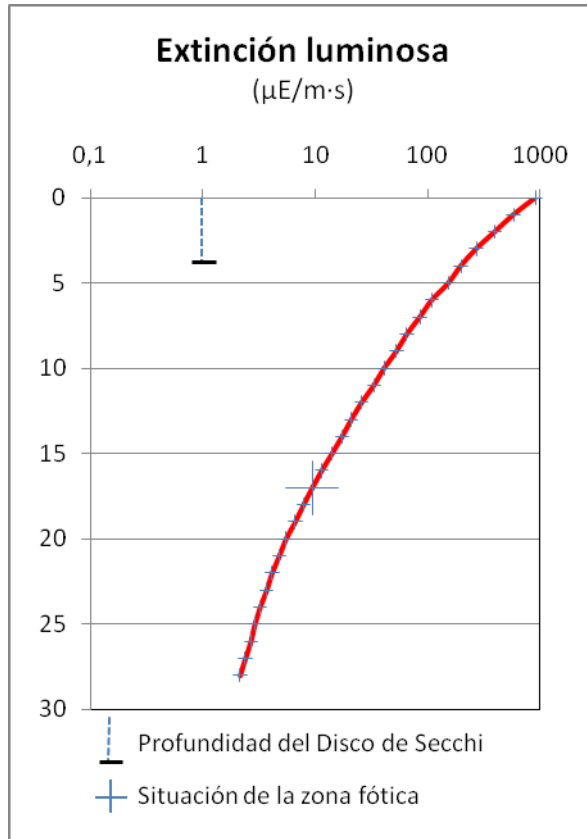
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura del agua oscila entre los 7,8 °C – en el fondo- y los 19,1 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Septiembre 2010) la termoclina presenta una figura doble, con una capa superficial más caliente de 3 m de espesor para descender bruscamente la temperatura y mantener una segunda capa intermedia hasta los 25 m de profundidad. Esto puede ser debido a un calentamiento reciente después de una mezcla parcial anterior.

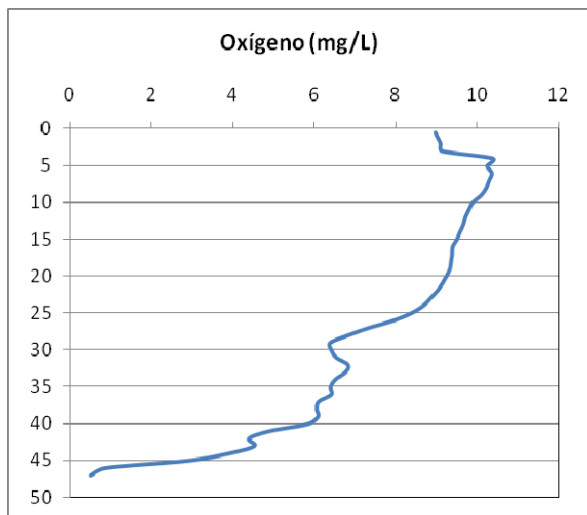


El pH del agua en superficie es 8,24. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,58 (valor que coincide con el mínimo hipolimnético estival). El máximo epilimnético estival se corresponde un valor subsuperficial de 8,26 a 3 m.

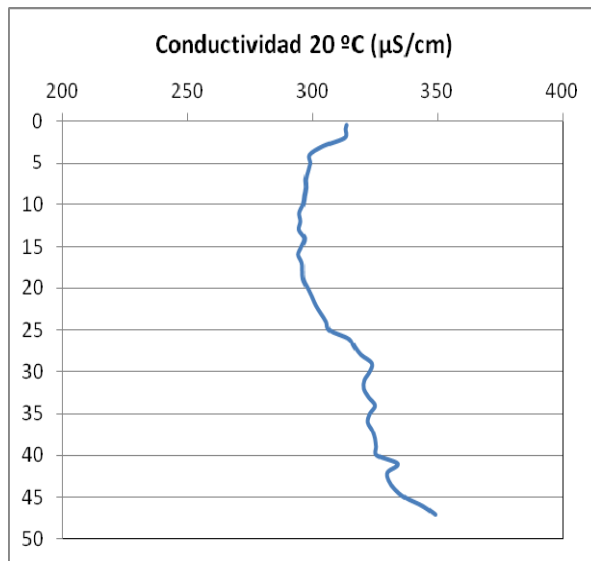


La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 3,82 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,50 metros. Sin embargo, la medida mediante medidor fotoeléctrico de PAR proporciona el valor real de 17,5 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,64 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en la capa fótica alcanzan en el muestreo una concentración media de 9,78 mg/L. En el hipolimnion las condiciones medias de oxigenación son de 6,98 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L) a partir de los 46 metros de profundidad.



La conductividad del agua es de 313 $\mu\text{S/cm}$ en la superficie y de 348 $\mu\text{S/cm}$ en el fondo del embalse (valor máximo). La variación en profundidad presenta ligeras irregularidades, pero siempre con variaciones muy pequeñas.

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 31,79 $\mu\text{g P/L}$
- La concentración de P soluble fue de 2,01 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,45 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,28 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,007 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 4,07 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,91 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 32 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	8
CHRYSOPHYCEAE	10
CHLOROPHYCEAE	4
CRYPTOPHYTA	4
DINOPHYTA	4
EUGLENOPHYTA	2

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

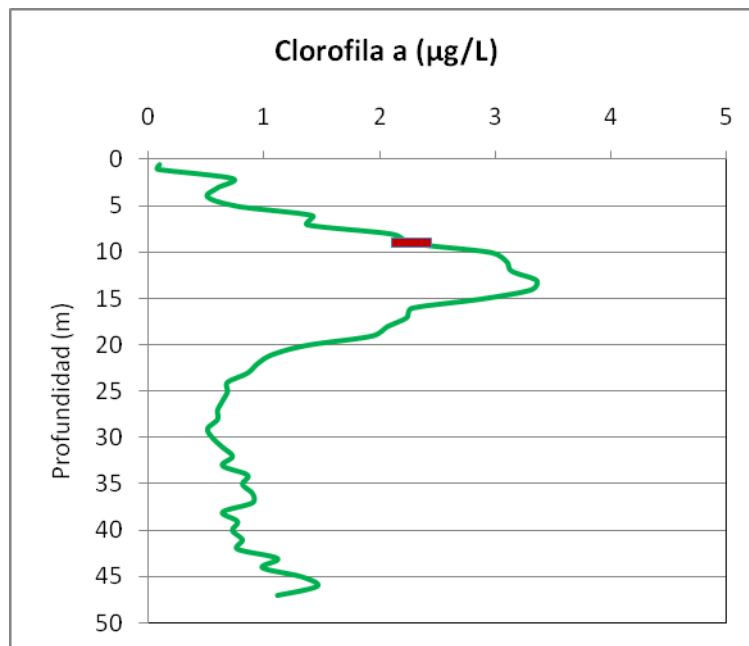
CUADRO 2

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	430,18
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	µm ³ /ml	405260
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)	Bacillariophyceae	
Nº células/ml	139,67	
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)	<i>Rhodomonas (=Plagioselmis) lacustris</i> Pascher & Rutter	
Nº células/ml	108,94	
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)	Dinophyta	
Nº células/ml	244340	
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin	
Nº células/ml	122183	

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 3,70.

La concentración de clorofila fue de 1,62 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada cuya profundidad se ha indicado en la figura con una línea roja. El perfil vertical determinado mediante sonda fluorimétrica muestra un valor máximo a los 14 m de profundidad. La zona hipolimnética presenta valores bajos, inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$.



4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santa Ana se han identificado un total de 11 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 2 Copepoda
- 6 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	19,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	12,4
BIOMASA TOTAL	µg/L	7,26
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
	individuos/L	6,11
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
	individuos/L	2,6
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Cladóceros
	µg/L	5,6
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Ceriodaphnia pulchella</i>
	µg/L	2,89

COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)	0 - 29 m	
CLADOCEROS: 7 %	COPEPODOS: 4 %	ROTIFEROS: 89 %

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 3,13.

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 ($\mu\text{g P/L}$)	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 ($\mu\text{g/L}$) en	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 SANTA ANA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	31,79	Mesotrófico
CLOROFILA A	1,62	Oligotrófico
DISCO SECCHI	3,82	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	430	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,75	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el parámetro fósforo total (PT) sitúa al embalse en el rango de mesotrofia. Los resultados obtenidos de los demás parámetros (clorofila a, transparencia y densidad algal) clasifican el embalse como oligotrófico. Por tanto, el estado trófico final para el embalse de SANTA ANA se ha propuesto como **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PE_{exp}*)

Se han considerando 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 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 4 elementos es igual o superior a 4, se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3 puntos, se

considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3 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 SANTA ANA

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	430	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	1,62	Bueno
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,41	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,98	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,51	Deficiente
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,31	Bueno
		Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	7,18
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,82	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/L O ₂)	7,10	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg/L P)	31,79	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,7	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO

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_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 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 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 SANTA ANA

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	1,60	Máximo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,88	Máximo
		Índice de Catalán (IGA)	1,001	Máximo
		Porcentaje de cianobacterias	1,00	Máximo
INDICADOR BIOLÓGICO			5	MÁXIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,82	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,10	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg P/L)	31,79	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,7	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRAFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Presa del embalse de Santa Ana