
EXPLOTACIÓN DE LA RED DE SEGUIMIENTO EN EMBALSES EN APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE CALANDA



DICIEMBRE 2012
SERVICIO CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

EXPLOTACIÓN DE LA RED DE SEGUIMIENTO DE EMBALSES EN APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna 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:

68.857,47 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE CALANDA.

AÑO DE EJECUCIÓN:

2012

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2012

FOTO PORTADA:

Vista de la cola del embalse de Calanda desde el punto de toma de muestras.

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.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2012). Explotación de la red de seguimiento en embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. 210 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

ÍNDICE

	Página
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	5
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	5
2.1. Ámbito geológico y geográfico	5
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	6
2.3. Usos del agua	7
2.4. Registro de zonas protegidas	7
<u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u>	8
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	9
4.1. Características fisicoquímicas de las aguas	9
4.2. Hidroquímica del embalse	12
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	13
4.4. Zooplancton	17
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	19
<u>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	20
ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO	

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2011-2012.....	7
Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.....	8
Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH	9
Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto	10
Figura 5. Perfil vertical de la conductividad	11
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	14
Figura 7. Fotografía de la presa del embalse.....	26
Figura 8. Fotografía de la cola del embalse.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Calanda	6
Tabla 2. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.....	13
Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.....	17
Tabla 4. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.....	19
Tabla 5. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Calanda.....	19
Tabla 6. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.....	20
Tabla 7. Combinación de los indicadores.	21
Tabla 8. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Calanda.....	21
Tabla 9. Valores de referencia propios del tipo (VR_i) 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).	22
Tabla 10. Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	23
Tabla 11. Combinación de los indicadores.	23
Tabla 12. Diagnóstico del potencial ecológico (<i>PE_{norm}</i>) del embalse de Calanda.	24

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Calanda durante la campaña de muestreo del verano de 2012 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 2012, que corresponde al año hidrológico 2011-2012).

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 Calanda está situada en el dominio Ibérico Maestrazgo Catalánides. El área engloba los macizos mesozoicos de la terminación oriental de la Cordillera Ibérica y su enlace con la Cordillera Costero-Catalana. Orográficamente comprende los macizos montañosos del Maestrazgo, Sierra de San Just, puertos de Beceite y Sierra del Boix.

Destacar que los materiales donde se sitúa el embalse de Calanda pertenecen al Triásico, facies Keuper como el Grupo Renales (brechas; calizas dolomíticas y calizas) y el Grupo Ablanquejo (margas y margocalizas). Pertenecientes al Jurásico son la Formación carbonatada de Chelva (con calizas; dolomías; calizas oolíticas y con nódulos de silex) y la Formación Higueruelas (calizas con oncolitos).

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

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de geometría alargada y sinuosa.

La cuenca vertiente al embalse de Calanda tiene una superficie total de 266269,73 ha.

Este embalse tiene una capacidad total de 54,32 hm³, que coincide con la capacidad útil. Tiene una profundidad media de 17,4 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 53 m.

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

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Calanda.

Superficie de la cuenca	2740 km ²
Capacidad total N.M.N.	54,32 hm ³
Capacidad útil	54,32 hm ³
Aportación media anual	140 hm ³
Superficie inundada	312 ha
Cota máximo embalse normal	440 msnm

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

Se trata de un embalse monomítico, aunque durante la época del muestreo, a mediados de julio no presentaba termoclina. El límite inferior de la capa fótica en ese momento se encuentra alrededor de los 12 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 9,8 m.

El tiempo de permanencia hidráulica media en el embalse de Calanda para el año hidrológico 2011-2012 fue de 2,57 meses.

En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida media correspondientes al año hidrológico 2011-2012.

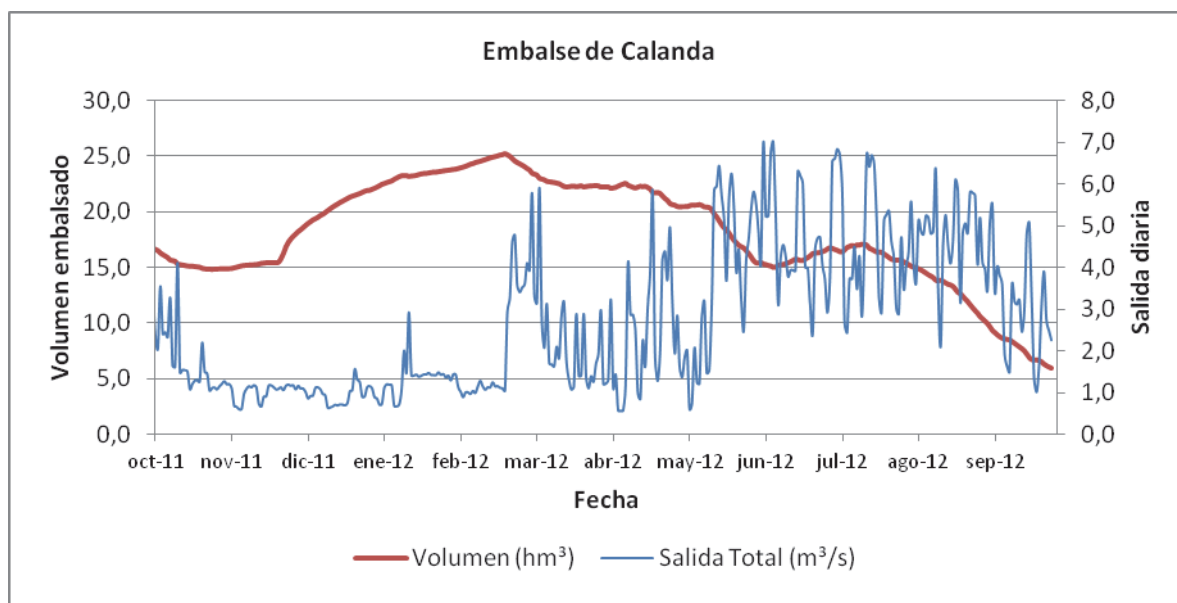


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2011-2012.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a los regadíos. Dentro de los usos recreativos destacan la pesca, ya que sus aguas están declaradas como “trucheras en régimen especial” siendo el embalse coto deportivo de pesca y la navegación (a remo y vela sin restricciones, con limitaciones para la navegación a motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Calanda 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 las categorías de: zonas de extracción de agua para consumo humano, y zonas sensibles a nutrientes (zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE).

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 13 de Julio de 2012, 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 fito y zooplancton.

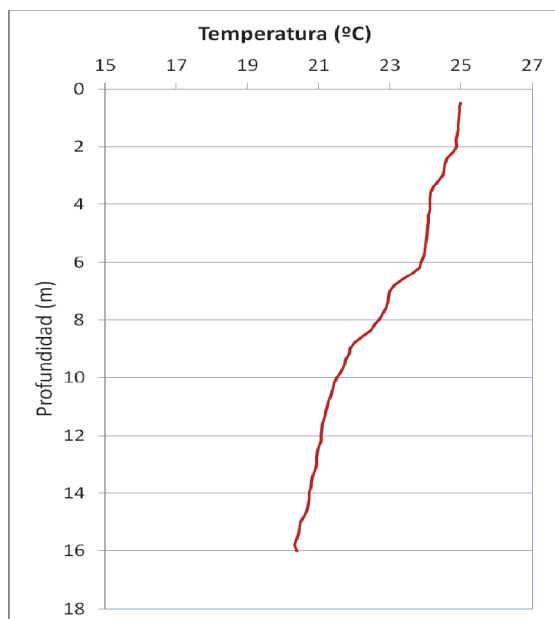


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse

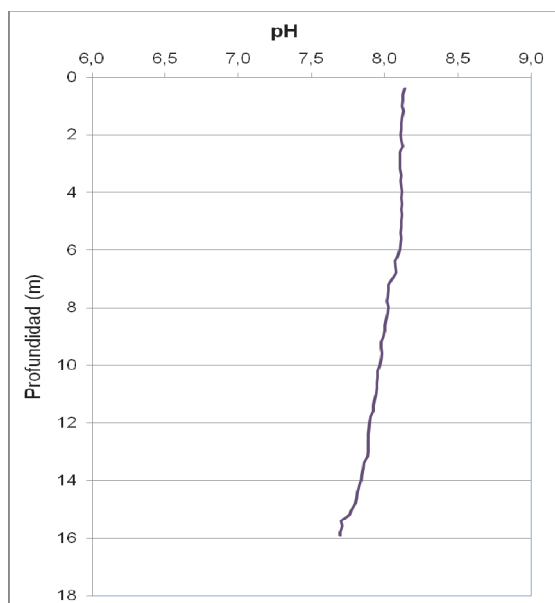
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

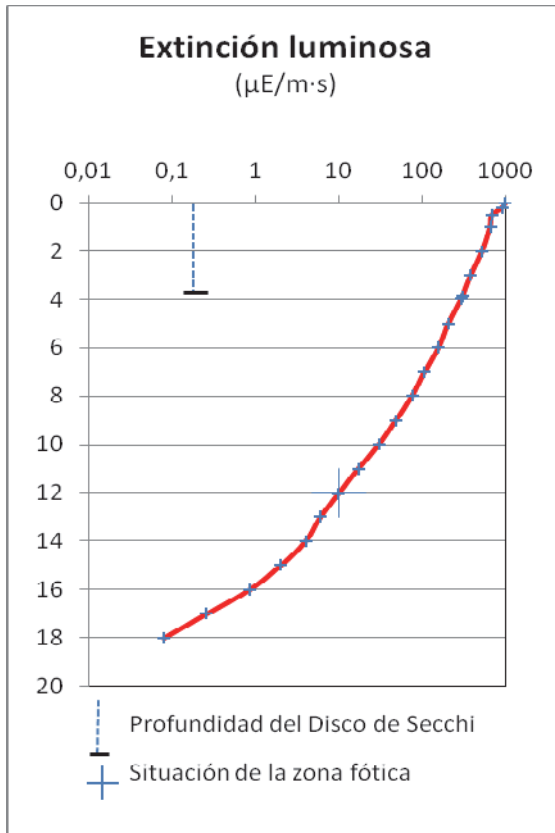


La temperatura del agua oscila entre los 20,37 °C – en el fondo- y los 24,97 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2012) la termoclina ya había desaparecido. A pesar de no estar estratificado, se observa una zona hipolimnética por debajo de 9 m donde cambian las propiedades de la columna de agua como vemos en las variables siguientes.



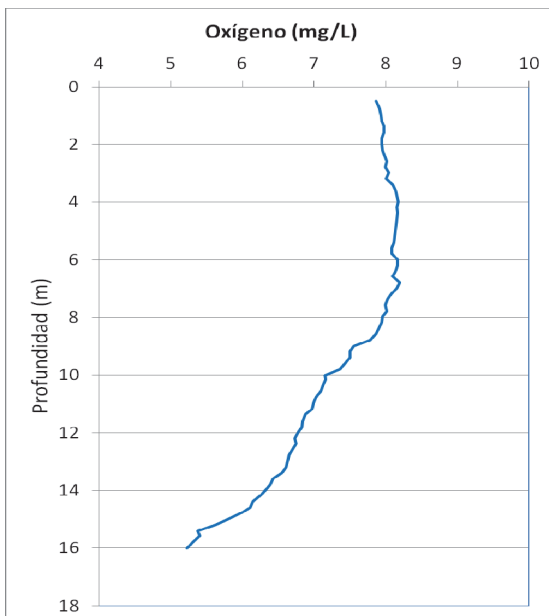
El pH del agua en superficie es de 8,14. En el fondo el pH es 7,69 coincidiendo con los valores más bajos.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



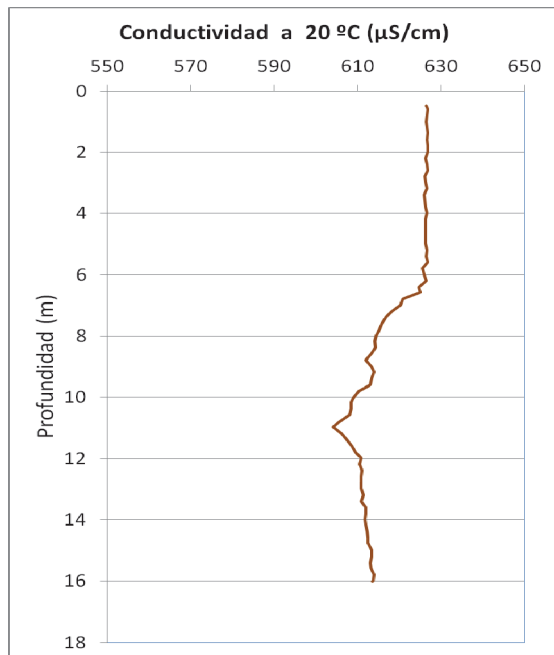
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 3,90 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,8 metros. Sin embargo, la medición mediante célula fotoeléctrica de la extinción luminosa proporciona un valor de 12 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 9 m) fue de 2,22 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua hasta 9 m de profundidad alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,03 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L).

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



La conductividad del agua es de 626 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 613 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo. Con un valor mínimo de 604 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 11 metros de profundidad.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2012 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 5,76 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,49 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,81 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,78 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,031 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 3,48 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,76 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 20 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	7
CHRYSTOPHYCEAE	2
XANTHOPHYCEAE	1
CHLOROPHYTA	6
CRYPTOPHYCEAE	2
DINOPHYCEAE	2

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

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	916,23
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	415849
Diversidad Shannon-Wiener		3,19
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		379,90
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Cyclotella ocellata</i>
Nº células/ml		251,40
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Dinophyceae
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		211036
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		<i>Ceratium hirundinella</i>
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		122182

La concentración de clorofila *a* fue de 1,40 µg/L en la muestra integrada, cuya profundidad se ha señalado en la figura con una línea roja. El perfil vertical realizado mediante fluorímetro muestra un valor máximo hacia los 10 m de profundidad.

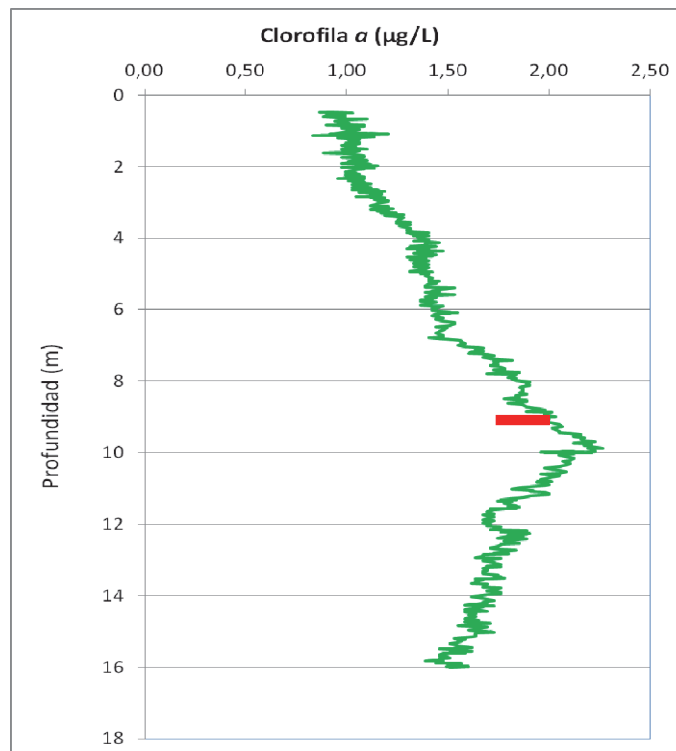


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila *a*

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 muestran los resultados del cuadro siguiente:

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
<i>Aulacoseira granulata</i>	5,59	877,57	1
<i>Cyclotella ocellata</i>	251,40	28433,23	1
<i>Cyclotella radiosa</i>	5,59	1228,60	1
BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (= <i>Achnanthes minutissima</i>)	5,59	1053,08	-
<i>Asterionella formosa</i>	58,66	47915,26	3
<i>Fragilaria crotonensis</i>	50,28	11373,29	1
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	1
<i>Nitzschia palea</i>	2,79	1486,08	-
CHRYSOPHYCEAE			
<i>Dinobryon sertularia</i>	134,08	54497,03	1
<i>Pseudokephyrion pseudospirale</i>	2,79	92,14	-
XANTHOPHYCEAE			
<i>Trachydiscus sexangulatus</i>	111,74	14041,10	-
CHLOROPHYTA			
<i>Closteriopsis acicularis</i>	2,79	530,74	1
<i>Hariotina polychorda</i> (= <i>Coelastrum polychordum</i>)	67,04	15480,31	4
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (= <i>Didymocystis planctonica</i>)	50,28	947,77	-
<i>Schroederia setigera</i>	2,79	184,29	-
<i>Sphaerocystis planctonica</i>	22,35	4422,95	2
<i>Tetrastrum komarekii</i>	11,17	1608,99	1
CRYPTOPHYCEAE			
<i>Cryptomonas ovata</i>	2,79	4422,95	-
<i>Plagioselmis</i> (= <i>Rhodomonas</i>) <i>lacustris</i>	122,91	16217,47	1
DINOPHYCEAE			
<i>Ceratium hirundinella</i>	2,79	122182,81	1

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
<i>Peridinium cinctum</i>	2,79	88853,85	1
EUGLENOPHYCEAE			
<i>Lepocinclis acus (=Euglena acus)</i>	-	-	1
<i>Phacus longicauda</i>	-	-	1
TOTAL BACILLARIOPHYCEAE	379,90	92367,11	
TOTAL CHRYSOPHYCEAE	136,88	54589,17	
TOTAL XANTHOPHYCEAE	111,74	14041,10	
TOTAL CHLOROPHYTA	156,43	23175,06	
TOTAL CRYPTOPHYCEAE	125,70	20640,42	
TOTAL DINOPHYCEAE	5,59	211036,66	
TOTAL ALGAS	916,23	415849,52	

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

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Calanda se han identificado un total de 9 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 1 Cladocera
- 2 Copepoda
- 4 Rotifera
- 1 Larvas de Mejillón
- 1 Ácaros de agua

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

Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD ZOOPLANCTON	m	8,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	154,81
BIOMASA TOTAL	µg/L	161,89
Diversidad Shannon-Wiener		2,35
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (DENSIDAD)		Otros
	individuos/L	83,08
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Dreissena polymorpha</i>
	individuos/L	83,08
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Cladóceros</i>
	µg/L	78,27
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Diaphanosoma mongolianum</i>
	µg/L	76,92
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 – 16 m
CLADÓCEROS: 9,55 %	COPÉPODOS: 13,38 %	ROTÍFEROS: 11,18 %

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 el cuadro siguiente:

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
ZOOPLANCTON	Ind./L	µg/L	%
CLADÓCEROS			
<i>Ceriodapnia dubia</i>	0,38	0,62	1,01
<i>Daphnia longispina</i>	0,19	0,73	2,01
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	30,77	76,92	6,53
COPÉPODOS			
<i>Acanthocyclops americanus</i>	12,31	4,68	2,89
<i>Neolovenula alluaudi</i>	17,12	43,37	10,49
ROTÍFEROS			
<i>Ascomorpha ovalis</i>	-	-	0,50
<i>Asplanchna priodonta</i>	0,19	0,14	0,13
<i>Collotheca</i> sp.	6,15	0,18	0,50
<i>Gastropus stylifer</i>	-	-	2,01
<i>Polyarthra luminosa</i>	3,08	0,16	5,03
<i>Polyarthra major</i>	1,54	0,20	3,02
OTROS			
<i>Dreissena polymorpha</i>	83,08	34,89	64,82
<i>Turbelario</i>	-	-	1,01
<i>Acaro</i>	-	-	0,06
Total Cladóceros	31,35	78,27	9,55
Total Copépodos	29,42	48,04	13,38
Total Rotíferos	10,96	0,69	11,18
Total Otros	83,08	34,89	65,89
Total	154,81	161,89	100

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 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.

Tabla 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 ($\mu\text{g/L}$) 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
VALOR PROMEDIO FINAL	> 4,2	3,4 – 4,2	2,6 – 3,4	1,8 – 2,6	< 1,8

En la tabla 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.

Tabla 5. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Calanda.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	5,76	Oligotrófico
CLOROFILA A	1,40	Oligotrófico
DISCO SECCHI	3,90	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	916	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	4,00	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, todos (el fósforo total (PT), la concentración de clorofila a, la transparencia (DS) y la densidad algal) indican un estado de oligotrofia. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de CALANDA ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

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

Tabla 6. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.

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 <i>a</i> (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	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	< 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)			MPE	AS FUN	NO AS FUN		
			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(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 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).

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 7:

Tabla 7. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico Experimental
Máximo	M P E	Máximo
Máximo	As Fun	Bueno
Máximo	No As Fun	Moderado
Bueno	M P E	Bueno
Bueno	As Fun	Bueno
Bueno	No As Fun	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado

En la tabla 8 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 8. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Calanda.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	916	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	1,40	Bueno
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,42	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,11	Máximo
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,43	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,47	Bueno
		Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)	5,8	Bueno
	Zooplancton	Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)	11,8	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO			2,0	DEFICIENTE
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,90	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/L O ₂)	7,35	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg/L P)	5,76	Bueno
INDICADOR FÍSICOQUÍMICO			4,0	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{exp}				DEFICIENTE

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 las tablas 9 y 10, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 9. 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

Tabla 10. Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

Indicador	Elementos	Parámetros	RANGOS DEL RCET				
			Máximo	Bueno	No alcanza		
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	> 1	1-0,43	< 0,43		
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	> 1	1-0,36	< 0,36		
		Índice de Catalán (IGA)	> 1	1-0,9822	< 0,9822		
		Porcentaje de cianobacterias	> 1	1-0,72	< 0,72		
			Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
INDICADOR BIOLÓGICO			> 0,8	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	< 0,2
			RANGOS DE VALORES				
Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (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
			MPE	AS FUN	NO AS FUN		
INDICADOR FISICOQUÍMICO			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

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 11:

Tabla 11. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico Normativo
Máximo	M P E	Máximo
Máximo	As Fun	Bueno
Máximo	No As Fun	Moderado
Bueno	M P E	Bueno
Bueno	As Fun	Bueno
Bueno	No As Fun	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado

En la tabla 12 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.

Tabla 12. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Calanda.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE_{norm}
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	1,40	1,85	1,60	Máximo
			Biovolumen algal (mm^3/L)	0,42	1,83	1,52	Máximo
			Media			1,56	
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	0,49	1,000	1,01	Máximo
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	0,00	1,00	1,00	Máximo
			Media			1,00	
Media global						1,28	
INDICADOR BIOLÓGICO				1,28		MÁXIMO	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE_{norm}	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,90			Bueno	
	Oxigenación	O_2 hipolimnética ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	7,35			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	5,76			Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				4,0		AS FUN	
POTENCIAL ECOLÓGICO PE_{norm}				BUENO			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7: Presa del embalse de Calanda



Figura 8: Vista de la cola del embalse de Calanda