
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 CUEVA FORADADA



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 CUEVA FORADADA.

AÑO DE EJECUCIÓN:

2012

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2012

FOTO PORTADA:

Vista de la presa del embalse de Cueva Foradada 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 panorámica de la cola del embalse.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Cueva Foradada.....	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 Cueva Foradada.....	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 Cueva Foradada.....	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 Cueva Foradada.....	24

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Cueva Foradada durante los muestreos 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, correspondiente 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

El embalse está situado en el extremo occidental del 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.

Destacar que los materiales donde se sitúa el embalse de Cueva Foradada pertenecen a la Era del Mesozoico: 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 al Cretácico Inferior las Formaciones: Alacón; Forcall y Oliete, Calizas y margas de la Cubeta de Oliete.

El embalse de Cueva Foradada se sitúa dentro del término municipal de Oliete, en la provincia de Teruel. Regula las aguas del río Martín.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de geometría irregular y sinuosa.

La cuenca vertiente al embalse de Cueva Foradada tiene 66525,36 ha, de las cuales 600 km² se corresponden a su cuenca de drenaje.

El embalse tiene una capacidad total de 22,08 hm³, que coincide con su capacidad útil. Tiene una profundidad media de 12,7 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 43 m.

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

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Cueva Foradada.

Superficie de la cuenca	600 km ²
Capacidad total N.M.N.	22,08 hm ³
Capacidad útil	22,08 hm ³
Aportación media anual	31 hm ³
Superficie inundada	229 ha
Cota máximo embalse normal	579,93 msnm

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

Se trata de un embalse monomítico. En el momento del muestreo no se observa termoclina. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 4,5 metros de profundidad, determinada con medidor fotoeléctrico, pues con el Disco de Secchi el valor obtenido era de 3,1 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Cueva Foradada para el año hidrológico 2011-2012 fue de 4,78 meses.

En la figura 1 de la página siguiente se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2011-2012.

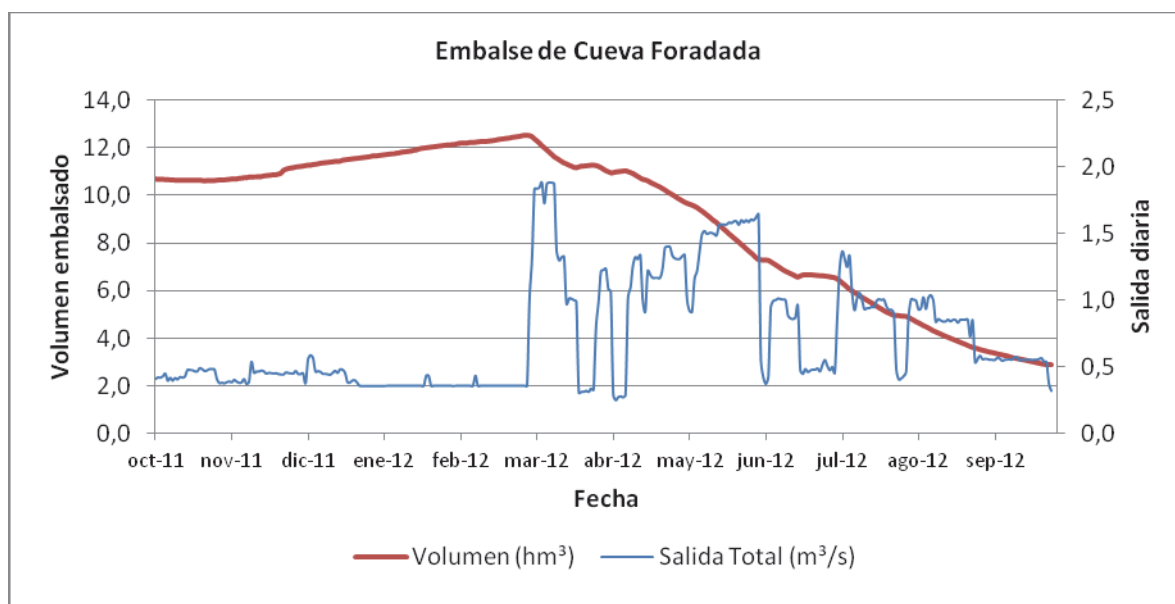


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2011-2012.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al abastecimiento a la población y los regadíos. También se destinan para actividades recreativas, como es la navegación (a remo con condiciones poco favorables, y no apto para vela y motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Cueva Foradada 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, dentro de las categorías de zona de extracción de agua para consumo humano y zonas de protección de hábitats o especies (Punto Red Natura 2000: LIC ES2420123 “Parque Cultural del Río Martín” y ZEPA ES0000303 “Desfiladeros del río Martín”).

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 4 de Septiembre 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.

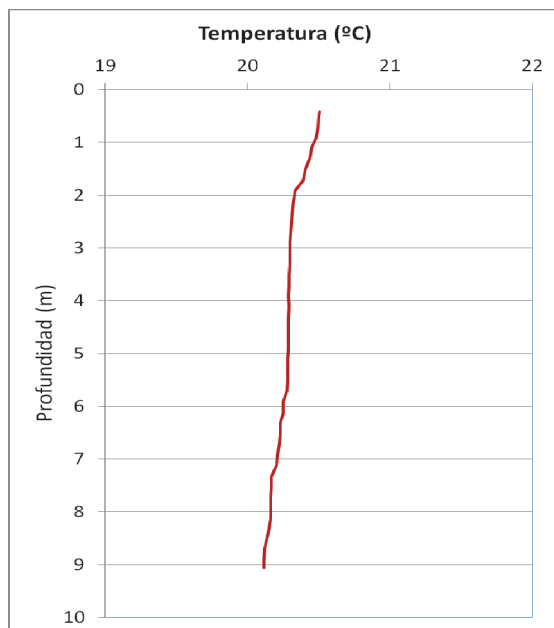


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

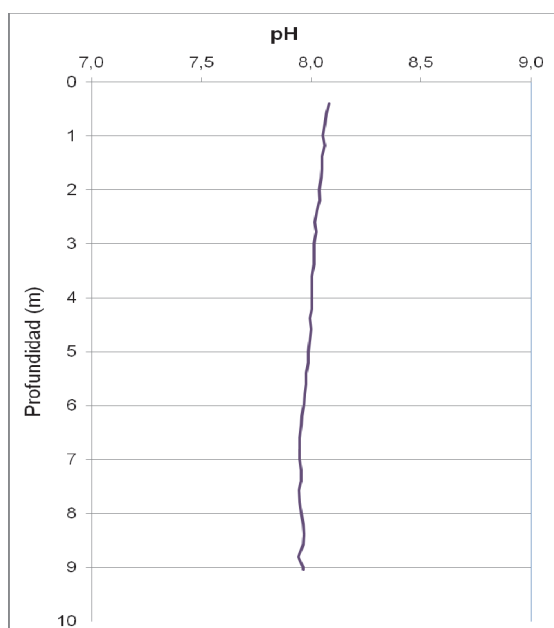
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

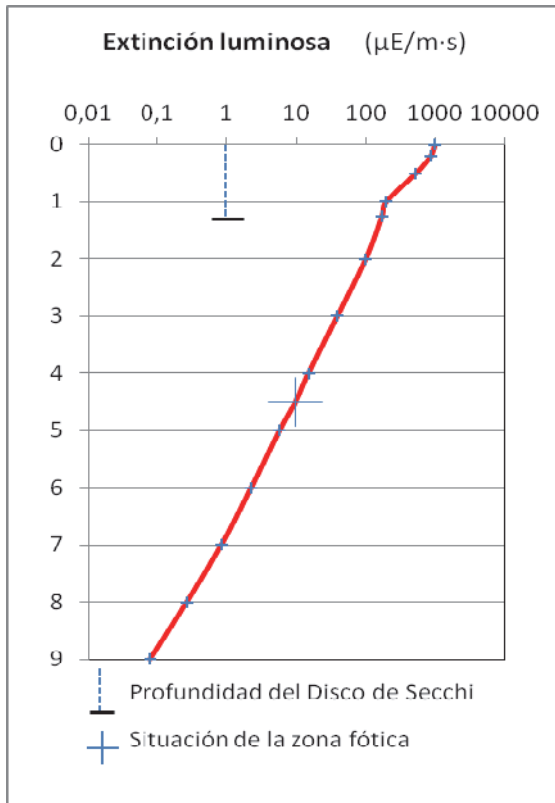


La temperatura del agua oscila entre los 20,12°C en el fondo y los 20,51 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (4 Septiembre 2012) no existe termoclina.



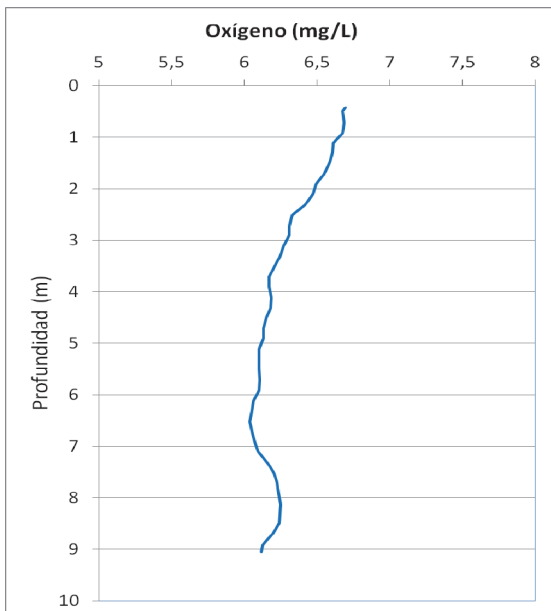
El pH del agua en superficie es de 8,08. En el fondo el pH es de 7,96. Apenas hay variación en el perfil vertical, estando el valor mínimo en el fondo.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



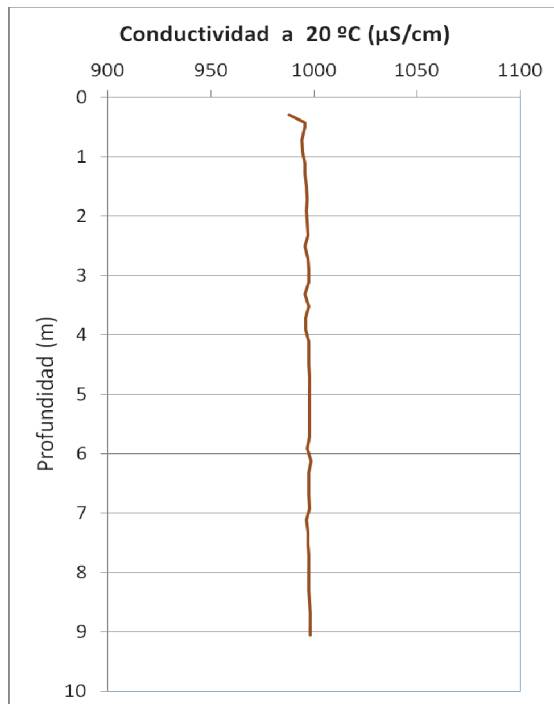
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 1,25 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 3,1 metros. Sin embargo, esta determinación mediante medidor fotoeléctrico ha dado como resultado una capa fótica de 4,5 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 6 m de profundidad) fue de 6,83 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 6,30 mg/L . La concentración media alcanzada en el hipolimnion es de 6,19 mg/L . No se han detectado condiciones anóxicas ($<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$).

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



La conductividad del agua es de 988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 998 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo, observándose muy poca variación en el perfil vertical.

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 25,34 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue menor que el límite de detección, establecido en 1,64 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,50 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,05 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) fue de 0,073 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,68 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse fue de 2,72 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton realizado se han identificado un total de 17 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	3
CHLOROPHYTA	7
ZYGNEMATOPHYCEAE	1
CYANOBACTERIA	1
CRYPTOPHYCEAE	5

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	6692,96
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	781900
Diversidad Shannon-Wiener		2,38
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		2843,67
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Cyclotella ocellata</i>
Nº células/ml		2815,74
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Bacillariophyceae
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		346885
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		<i>Cyclotella ocellata</i>
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		318452

La concentración de clorofila fue de 7,18 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada (profundidad indicada en la figura con la línea roja). El perfil vertical mediante sonda fluorimétrica muestra un máximo a los 2,3 m de 8,4 $\mu\text{g/L}$.

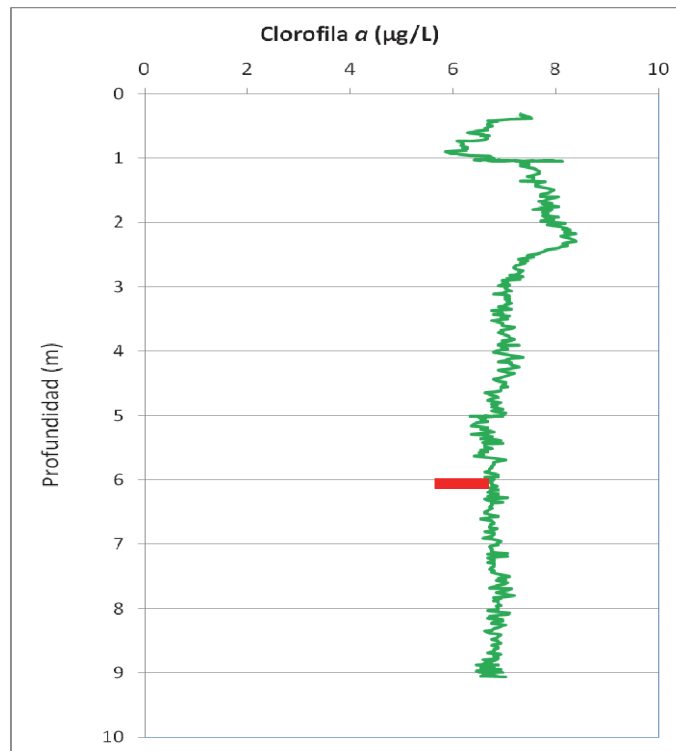


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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>Cyclotella meneghiniana</i>	11,17	9477,74	1
<i>Cyclotella ocellata</i>	2815,74	318452,19	1
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	16,76	18955,49	1
CHLOROPHYTA			
<i>Carteria</i> sp.	55,87	14977,18	-
<i>Hariotina polychorda</i> (= <i>Coelastrum polychordum</i>)	536,33	123842,52	4
<i>Oocystis borgei</i>	44,69	4469,42	1
<i>Oocystis nephrocystioides</i>	536,33	48269,75	2
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (= <i>Didymocystis planctonica</i>)	100,56	1895,55	-
<i>Tetraedron minimum</i>	5,59	1430,21	-
<i>Tetrastrum komarekii</i>	290,51	41833,79	-
ZYGNEMATOPHYCEAE			
<i>Closterium acutum</i>	27,93	6216,11	1
<i>Staurastrum johnsonii</i> (= <i>Staurastrum leptocladum</i>)	-	-	1
<i>Staurastrum</i> sp. pequeño	-	-	1
CYANOBACTERIA			
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1966,55	23598,55	1
CRYPTOPHYCEAE			
<i>Cryptomonas ovata</i>	72,63	114996,62	-
<i>Cryptomonas pusilla</i>	11,17	2580,05	-
<i>Cryptomonas rostratiformis</i> (= <i>Cryptomonas curvata</i>)	39,11	31329,21	1
<i>Plagioselmis</i> (= <i>Rhodomonas</i>) <i>lacustris</i>	117,32	15480,31	-
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (= <i>Rhodomonas lacustris</i> var. <i>nannoplanctica</i>)	44,69	4095,32	-

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
DINOPHYCEAE			
<i>Ceratium hirundinella</i>	-	-	1
TOTAL BACILLARIOPHYCEAE	2843,67	346885,42	
TOTAL CHLOROPHYTA	1569,88	236718,41	
TOTAL ZYGNEMATOPHYCEAE	27,93	6216,11	
TOTAL CYANOBACTERIA	1966,55	23598,55	
TOTAL CRYPTOPHYCEAE	284,93	168481,52	
TOTAL ALGAS	6692,96	781900,01	

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 la muestra del embalse de Cueva Foradada se han identificado un total de 12 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Cladocera
- 2 Copepoda
- 6 Rotifera

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	5,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	262,69
BIOMASA TOTAL	µg/L	276,32
Diversidad Shannon-Wiener		2,80
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (DENSIDAD)		Copépodos
	individuos/L	116,54
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Acanthocyclops americanus</i>
	individuos/L	65,19
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Cladóceros
	µg/L	170,00
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Ceriodaphnia pulchella</i>
	µg/L	64,62
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 – 8 m
CLADÓCEROS: 24,51 %	COPÉPODOS: 48,62 %	ROTÍFEROS: 26,88 %

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>Ceriodaphnia pulchella</i>	53,85	64,62	13,44
<i>Daphnia galeata</i>	12,31	41,85	3,95
<i>Daphnia pulicaria</i>	1,54	5,85	0,79
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	23,08	57,69	6,32
COPÉPODOS			
<i>Acanthocyclops americanus</i>	65,19	15,17	31,23
<i>Neolovenula alluaudi</i>	51,35	82,37	17,39
ROTÍFEROS			
<i>Asplanchna priodonta</i>	3,08	2,31	0,79
<i>Collotheca</i> sp.	1,54	0,05	3,16
<i>Hexarthra fennica</i>	1,54	0,32	0,40
<i>Keratella quadrata</i>	32,31	4,04	20,55
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	1,54	0,08	0,40
<i>Polyarthra major</i>	15,38	2,00	1,58
Total Cladóceros	90,77	170,00	24,51
Total Copépodos	116,54	97,53	48,62
Total Rotíferos	55,38	8,79	26,88
Total	262,69	276,32	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 Cueva Foradada.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	23,34	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	7,18	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,25	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	6693	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el fósforo total (PT), la concentración de clorofila *a* y la densidad algal, indican un estado de mesotrofia. Mientras que la transparencia (DS) caracteriza el embalse como eutrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de CUEVA FORADADA ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

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 Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	6693	Moderado
		Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	7,18	Moderado
		Biovolumen algal (mm^3/L)	0,78	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,25	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,15	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,16	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	7,1	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	10,5	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO			2,0	DEFICIENTE
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,25	Deficiente
	Oxigenación	O_2 hipolimnética (mg/L O_2)	6,27	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g/L P}$)	25,34	Moderado
INDICADOR FÍSICOQUÍMICO			3,0	NO AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO				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.

			RANGOS DEL RCET				
Indicador	Elementos	Parámetros	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 Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE_{norm}
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	7,18	0,36	0,51	Bueno
			Biovolumen algal (mm^3/L)	0,78	0,97	0,98	Bueno
			Media				0,74
	Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,54	0,998	0,95	No alcanza	
		Porcentaje de cianobacterias	29,38	0,71	0,59	No alcanza	
		Media				0,77	
Media global							0,76
INDICADOR BIOLÓGICO							0,76
							BUENO
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE_{norm}	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,25			Deficiente	
	Oxigenación	O_2 hipolimnética ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	6,27			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	25,34			Moderado	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3,0		NO AS FUN	
POTENCIAL ECOLÓGICO PE_{norm}				MODERADO			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7: Vista de la presa del embalse



Figura 8: Panorámica desde la cola del embalse