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

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA



**ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
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:

70.862,60 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

AÑO DE EJECUCIÓN:

2014

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2014

REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista panorámica del embalse de Cueva Foradada desde el mirador situado en la cola del embalse.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2014). Explotación de la red de seguimiento de embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. 208 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

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.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE.....	7
2.1. <i>Ámbito geológico y geográfico</i>	<i>7</i>
2.2. <i>Características morfométricas e hidrológicas</i>	<i>8</i>
2.3. <i>Usos del agua</i>	<i>9</i>
2.4. <i>Registro de zonas protegidas.....</i>	<i>9</i>
3. TRABAJOS REALIZADOS	10
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	11
4.1. <i>Características fisicoquímicas de las aguas</i>	<i>11</i>
4.2. <i>Hidroquímica del embalse.....</i>	<i>14</i>
4.3. <i>Fitoplancton y concentración de clorofila</i>	<i>15</i>
4.4. <i>Zooplancton.....</i>	<i>19</i>
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	21
6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	22
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 2013-2014.	9
Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.....	10
Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH	11
Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto	12
Figura 5. Perfil vertical de la conductividad	13
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	16
Figura 7. Fotografía de la presa del embalse.....	28
Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Cueva Foradada.....	8
Tabla 2. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.....	15
Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.....	16
Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.....	19
Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	20
Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	21
Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cueva Foradada.	21
Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	22
Tabla 9. Combinación de los indicadores.....	23
Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cueva Foradada.	23
Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (Orden ARM/2656/2008).	24
Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	25
Tabla 13. Combinación de los indicadores.....	25
Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Cueva Foradada.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Cueva Foradada durante los muestreos de 2014 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 2014, correspondiente al año hidrológico 2013-2014).

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 sílex); 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	665 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 periodo estival existe termoclina entre los 5 y 11 metros de profundidad. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 9 metros de profundidad, determinada con medidor fotoeléctrico, pues con el Disco de Secchi el valor obtenido era de 5,8 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Cueva Foradada para el año hidrológico 2013-2014 fue de 8,89 meses.

En la figura 1 de la página siguiente se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2013-2014.

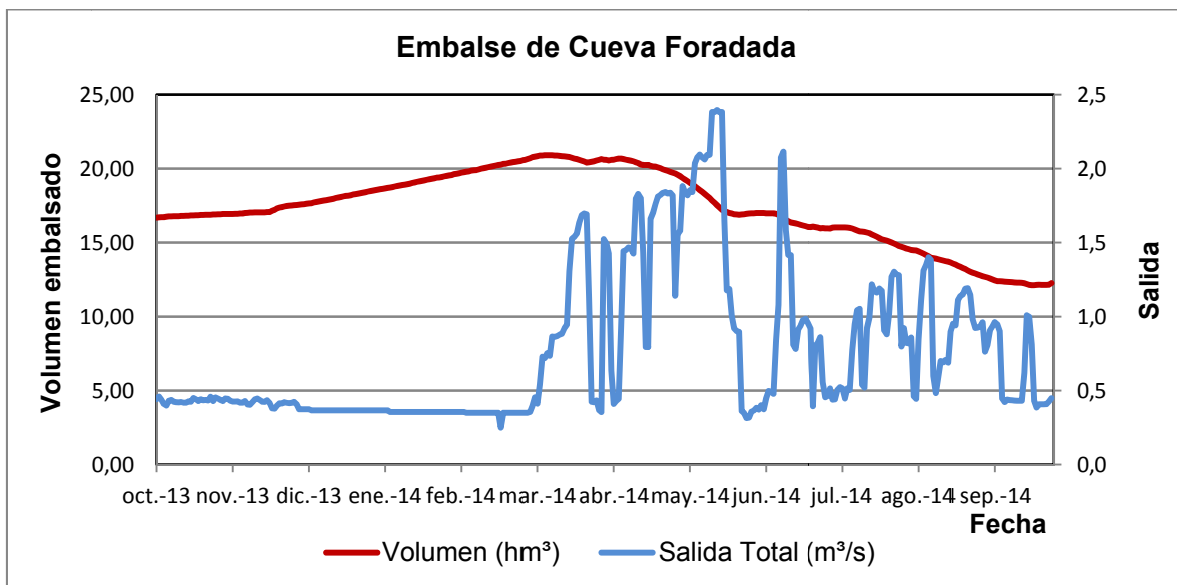


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2014.

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 ES2420143 "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 2 de Julio de 2014, 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 fitoplancton y zooplancton.

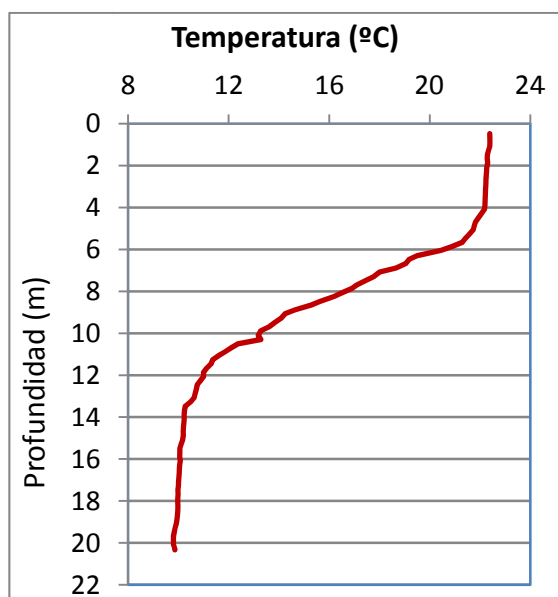


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

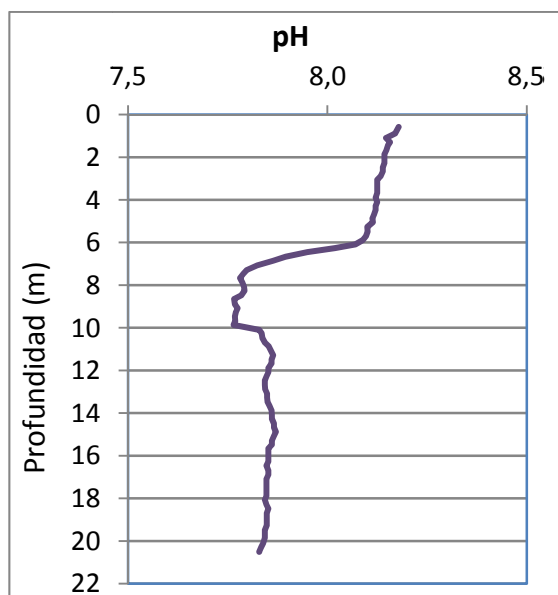
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

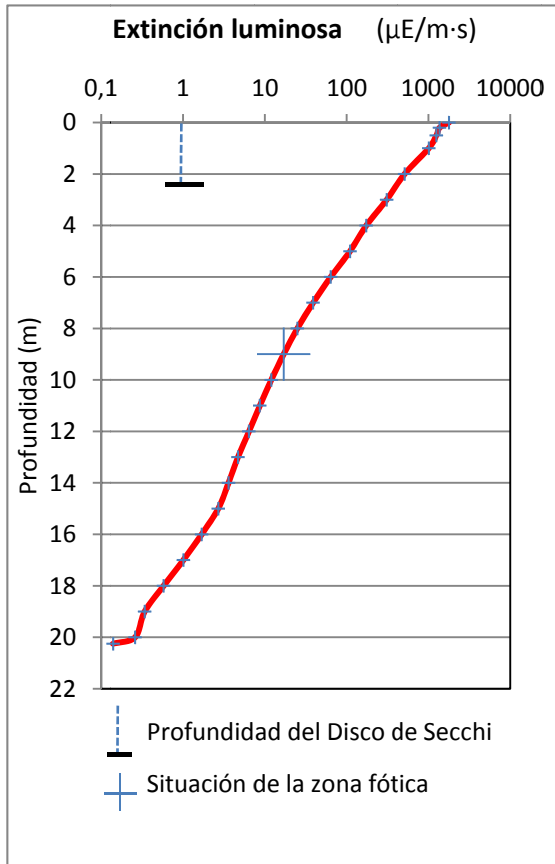


La temperatura del agua oscila entre los 9,86 °C en el fondo y los 22,38 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2014) la termoclina se sitúa entre los 5 y los 11 metros de profundidad.



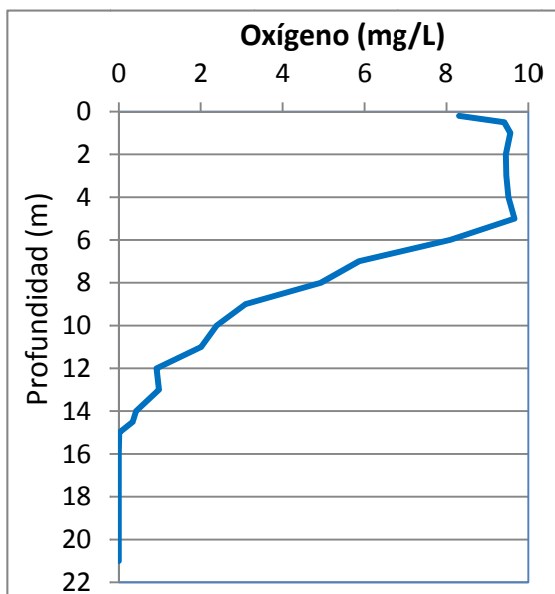
El pH del agua en superficie es de 8,18. En el fondo el pH es de 7,83. Hay un mínimo metalimnético de 7,77 a 9 metros de profundidad.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



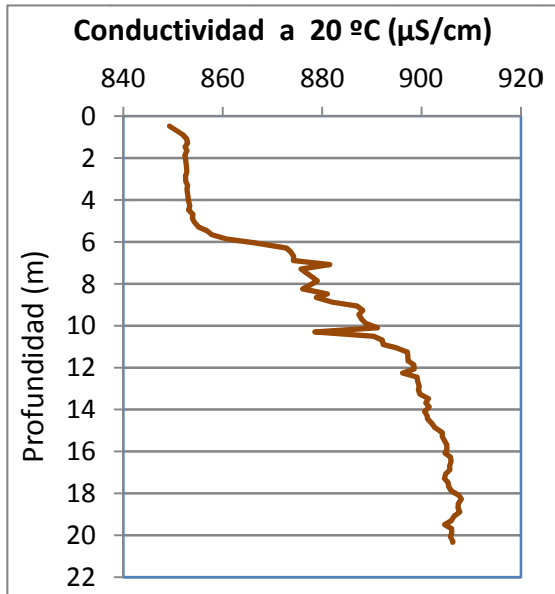
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 2,30 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 5,8 metros. Sin embargo, esta determinación mediante medidor fotoeléctrico ha dado como resultado una capa fótica de 9 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 9 m de profundidad) fue de 4,62 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 9,34 mg/L. La concentración media alcanzada en el hipolimnion es de 0,39 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L) a partir de los 11 metros de profundidad.

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



La conductividad del agua es de 849 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 906 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo, observándose un aumento progresivo en profundidad.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2014 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 9,56 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue menor que el límite de detección, establecido en 1,30 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,60 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,46 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH₄) fue de 0,014 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,66 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse fue de 2,97 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

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

BACILLARIOPHYCEAE	3
CHRYSOPHYCEAE	1
XANTHOPHYCEAE	1
CHLOROPHYCEAE	14
ZYGNEMATOPHYCEAE	1
CYANOBACTERIA	3
CRYPTOPHYCEAE	7
DINOPHYCEAE	2

La estructura de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2 y la composición detallada en la tabla 2.

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cel./ml	5456,00
BIOVOLUMEN TOTAL	µm ³ /ml	529918
Diversidad Shannon-Wiener		3,00
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cyanobacteria
Nº células/ml		2975,57
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Woronichinia elorantae</i>
Nº células/ml		2190,38
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Cryptophyceae
µm³/ml		183384
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Carteria</i> sp.
µm³/ml		75706

La concentración de clorofila fue de 3,03 µg/L en la muestra integrada (profundidad indicada en la figura 6 con la línea roja). El perfil vertical mediante sonda fluorimétrica muestra un máximo a los 5,5 m de 3,62 µg/L.

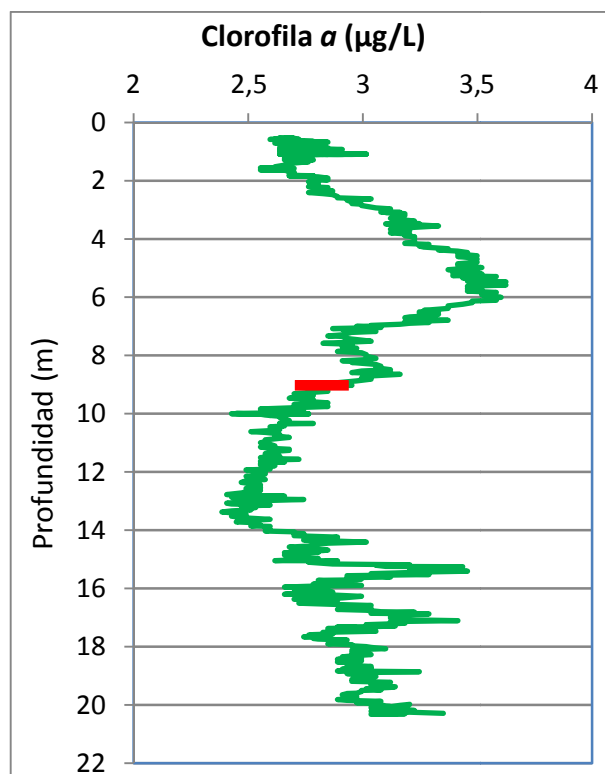


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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 de la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
CYCLMENE0	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	28,45	7150	1
CYCLOCEL0	<i>Cyclotella ocellata</i>	244,66	47078	
CYCLRADI0	<i>Cyclotella radiosa</i>	34,14	54912	1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
COCCPLAC0	<i>Cocconeis placentula</i>			1
NAVICRYH0	<i>Navicula cryptocephala</i>			1
NITZPALE0	<i>Nitzschia palea</i>			1
NITZSIGO0	<i>Nitzschia sigmaidea</i>			1

	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
	CHRYSOPHYCEAE			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina sp.</i>	517,77	16569	
	XANTHOPHYCEAE			
TRACSEXA0	<i>Trachydiscus sexangulatus</i>	108,11	21736	
	CHLOROPHYTA			
CARTEGEN0	<i>Carteria sp.</i>	38,42	75706	1
COELMICR0	<i>Coelastrum microporum</i>			1
COENHIND0	<i>Coenochloris hindakii</i>	39,83	1335	3
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas sp.</i>	0,02	4	
DACTSOCI0	<i>Dactylosphaerium sociale</i>	2,63	172	
SCENINTE0	<i>Desmodesmus intermedius</i> (= <i>Scenedesmus intermedius</i>)	2,70	102	
DIDYCOMA0	<i>Didymocystis comasii</i>	307,25	3217	
ELAKGELA0	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	65,03	3470	1
COELPOLY0	<i>Hariotina polychorda</i> (= <i>Coelastrum polychordum</i>)	129,56	8480	3
COELRETI0	<i>Hariotina reticulata</i> (= <i>Coelastrum reticulatum</i>)			2
MONODYBO0	<i>Monoraphidium dybowskii</i>			1
MONONANU0	<i>Monoraphidium nanum</i>	5,69	71	
OOCYBORG0	<i>Oocystis borgei</i>			1
OOCYLACU0	<i>Oocystis lacustris</i>	147,93	8675	2
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	8,10	1832	1
OOCYSGEN0	<i>Oocystis sp.</i>	1,76	58	
SCENDISC0	<i>Scenedesmus verrucosus</i> (= <i>Scenedesmus disciformis</i>)	7,56	633	1
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>			2
TETRKOMA0	<i>Tetrastrum komarekii</i>	26,99	972	1
	ZYGNEMATOPHYCEAE			
COSMLAEV0	<i>Cosmarium laeve</i>	1,35	1266	
STAUPARA0	<i>Staurastrum paradoxum</i>			1
	CYANOBACTERIA			
CHRODISP0	<i>Chroococcus dispersus</i>	11,38	161	
MERITENU0	<i>Merismopedia tenuissima</i>	773,81	700	
WOROELOR0	<i>Woronichinia elorantae</i>	2190,38	30966	2
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	13,50	32259	1
CRYERREF2	<i>Cryptomonas erosa</i> var. <i>reflexa</i>	17,54	41936	
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	1,35	769	1
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>	14,85	20692	

	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
CRYPROST0	<i>Cryptomonas rostratiformis</i> (=Cryptomonas curvata)	1,35	4070	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris	568,98	75316	1
PLAGNANNO	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)	142,24	8342	
	DINOPHYCEAE			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	1,35	59031	2
GYMNWAWR0	<i>Gymnodinium wawrikan</i>	1,35	2239	1
	EUGLENOPHYCEAE			
EUGLAGILO0	<i>Euglena agilis</i>			1
EUGLOXYU0	<i>Euglena oxyuris</i>			1
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	307,25	109140	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	517,77	16569	
	TOTALES XANTHOPHYCEAE	108,11	21736	
	TOTALES CHLOROPHYTA	783,46	104727	
	TOTALES ZYGNEMATOPHYCEAE	1,35	1266	
	TOTALES CYANOBACTERIA	2975,57	31827	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	759,80	183384	
	TOTALES DINOPHYCEAE	2,70	61270	
	TOTALES ALGAS	5456,00	529918	

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 10 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Cladocera
- 2 Copepoda
- 4 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 4:

Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	9,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	77,50
BIOMASA TOTAL	µg/L	122,17
Diversidad Shannon-Wiener		2,75
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cladóceros
individuos/L		30,96
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Daphnia pulicaria</i>
individuos/L		18,46
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		89,58
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia pulicaria</i>
µg/L		70,15
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 – 20 m
CLADÓCEROS: 24,68 %	COPÉPODOS: 41,24 %	ROTÍFEROS: 34,08 %

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 la tabla 5:

Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

CÓDIGO	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
TAXÓN	ZOOPLANCTON	Ind./L	mg/L	%
	CLADÓCEROS			
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	9,23	11,08	8,22
DAPHGALE0	<i>Daphnia galeata</i>	0,19	0,65	0,01
DAPHPULI0	<i>Daphnia pulex</i>	18,46	70,15	5,87
DIAPMONG0	<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	3,08	7,69	10,57
	COPÉPODOS			
ACANAMER0	<i>Acanthocyclops americanus</i>	-	-	0,01
CYCLABYS0	<i>Cyclops abyssorum</i>	-	-	0,01
NEOLALLU0	<i>Neolovenula alluaudi</i>	14,81	26,83	36,12
CYCLOPFAM	Ciclópido	12,50	1,96	5,09
	ROTÍFEROS			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	1,54	0,10	2,35
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	2,31	1,73	1,17
BDELLGEN0	<i>Bdelloide</i> sp.	-	-	0,01
KERACOCH0	<i>Keratella cochlearis</i>	-	-	3,52
KERAQUAD0	<i>Keratella quadrata</i>	4,62	0,58	4,70
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	-	-	12,92
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>	10,77	1,40	9,40
	Total Cladóceros	30,96	89,58	24,68
	Total Copépodos	27,31	28,79	41,24
	Total Rotíferos	19,23	3,80	34,08
	Total	77,50	122,17	100,00

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 6 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 6. 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 7 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 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cueva Foradada.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	9,56	Oligotrófico
CLOROFILA a	3,03	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,30	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	5456	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,25	MESOTRÓFICO

Atendiendo a tres de los cuatro criterios seleccionados (concentración de clorofila a, transparencia (DS) y densidad algal), clasifican el embalse como mesotrófico. Mientras que el fósforo total (PT) determina para el embalse un estado de oligotrofia. 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 8, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 8. 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 9:

Tabla 9. 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
Deficiente	Indistinto	Deficiente
Malo	Indistinto	Malo

En la tabla 10 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 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	5456	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	3,03	Moderado
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,53	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	2,94	Moderado
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,89	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,28	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	7,42	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	8,28	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,30	Moderado
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	0,39	Malo
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	9,56	Bueno
INDICADOR FÍSICOQUÍMICO			2,7	NO AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO

b) Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B⁺/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas 11 y 12, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (Orden ARM/2656/2008).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR_t	B ⁺ /M (RCE)	M/D (RCE)	D/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm ³ /L	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,10	0,974	0,649	0,325
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 12	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm ³ /L	0,63	0,175	0,117	0,058
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,50	0,929	0,619	0,31
			Porcentaje de cianobacterias	0,10	0,686	0,457	0,229
Tipo 13	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm ³ /L	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,10	0,979	0,653	0,326
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	≥ 1	0,99 – 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	≥ 1	0,99 – 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 1	0,99 – 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 1	0,99 – 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
			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 13:

Tabla 13. 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
Deficiente	Indistinto	Deficiente
Malo	Indistinto	Malo

En la tabla 14 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 14. Diagnóstico del potencial ecológico (*PE_{norm}*) del embalse de Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	3,03	0,86	0,90	Bueno
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,53	1,43	1,27	Máximo
			Media				1,09
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,77	1,000	0,99	Bueno
			Porcentaje de cianobacterias	11,69	0,88	0,83	Bueno
			Media				0,91
Media global						1,00	
INDICADOR BIOLÓGICO				1,00			MÁXIMO
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,30			Moderado	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	0,39			Malo	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	9,56			Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				2,7		NO AS FUN	
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				MODERADO			

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse



Figura 8. Vista del punto de acceso al embalse