

---

## RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS

### DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

---



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS  
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



---

## RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS

### 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:**

70.590,38 €

**CONTENIDO:**

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

**AÑO DE EJECUCIÓN:**

2015

**FECHA ENTREGA:**

DICIEMBRE 2015

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 (2015). Red de seguimiento de masas de agua muy modificadas 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
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE.....</b>	<b>7</b>
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>
<b>3. TRABAJOS REALIZADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>11</b>
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>18</i>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO .....</b>	<b>20</b>
<b>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO .....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

### ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

<b>Figura 1.</b> Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2014-2015. ....	9
<b>Figura 2.</b> Localización de la estación de muestreo en el embalse. ....	10
<b>Figura 3.</b> Perfil vertical de la temperatura y pH .....	11
<b>Figura 4.</b> Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto .....	12
<b>Figura 5.</b> Perfil vertical de la conductividad .....	13
<b>Figura 6.</b> Perfil vertical de la clorofila <i>a</i> .....	16
<b>Figura 7.</b> Fotografía de la presa del embalse .....	27
<b>Figura 8.</b> Fotografía desde el punto de acceso al embalse. ....	27

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características morfométricas del embalse de Cueva Foradada .....	8
<b>Tabla 2.</b> Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton .....	15
<b>Tabla 3.</b> Composición detallada de la comunidad de fitoplancton .....	16
<b>Tabla 4.</b> Estructura y composición de la comunidad de zooplancton .....	18
<b>Tabla 5.</b> Composición detallada de la comunidad de zooplancton .....	19
<b>Tabla 6.</b> Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. ....	20
<b>Tabla 7.</b> Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cueva Foradada. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. ....	21
<b>Tabla 9.</b> Combinación de los indicadores. ....	22
<b>Tabla 10.</b> Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cueva Foradada. ....	22
<b>Tabla 11.</b> 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). ....	23
<b>Tabla 12.</b> Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. ....	24
<b>Tabla 13.</b> Combinación de los indicadores. ....	24
<b>Tabla 14.</b> Diagnóstico del potencial ecológico ( $PE_{norm}$ ) del embalse de Cueva Foradada. ....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Cueva Foradada durante los muestreos de 2015 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 2015, correspondiente al año hidrológico 2014-2015).

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 km<sup>2</sup> se corresponden a su cuenca de drenaje.

El embalse tiene una capacidad total de 22,08 hm<sup>3</sup>, 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.

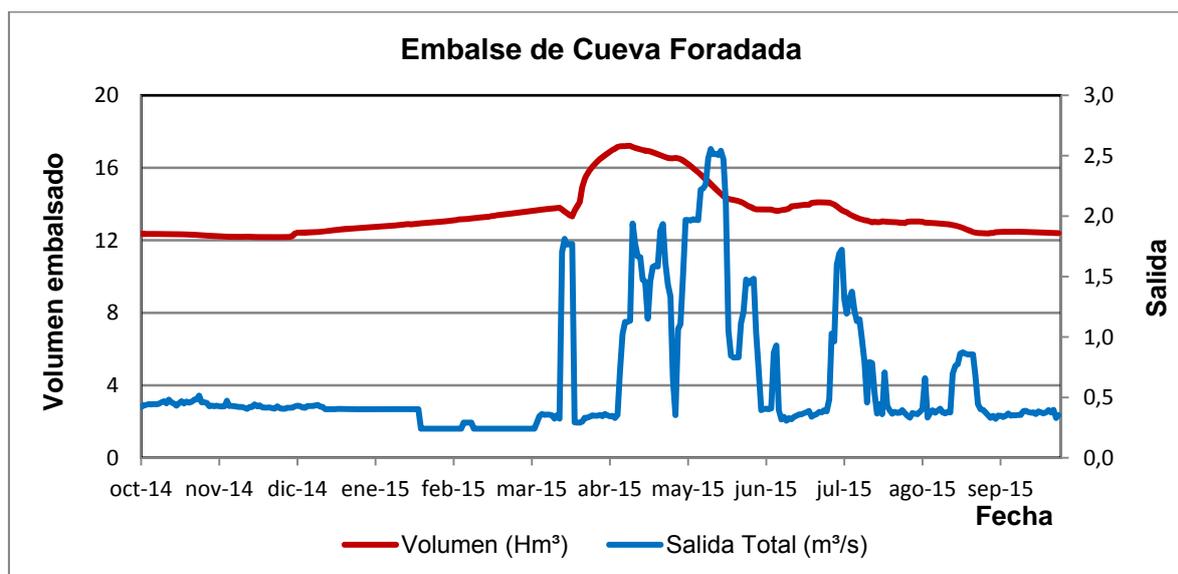
Superficie de la cuenca	665 km <sup>2</sup>
Capacidad total N.M.N.	22,08 hm <sup>3</sup>
Capacidad útil	22,08 hm <sup>3</sup>
Aportación media anual	31 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	229 ha
Cota máximo embalse normal	579,93 msnm

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 4 y 10 metros de profundidad. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 11 metros de profundidad determinada con medidor fotoeléctrico, mientras que con el disco de Secchi el valor obtenido era de 10,5 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Cueva Foradada para el año hidrológico 2014-2015 fue de 8,32 meses.

En la figura 1 de la página siguiente se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida correspondientes al año hidrológico 2014-2015.



**Figura 1.** Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2014-2015.

### 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 ES2420153 “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 8 de Junio de 2015, 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.

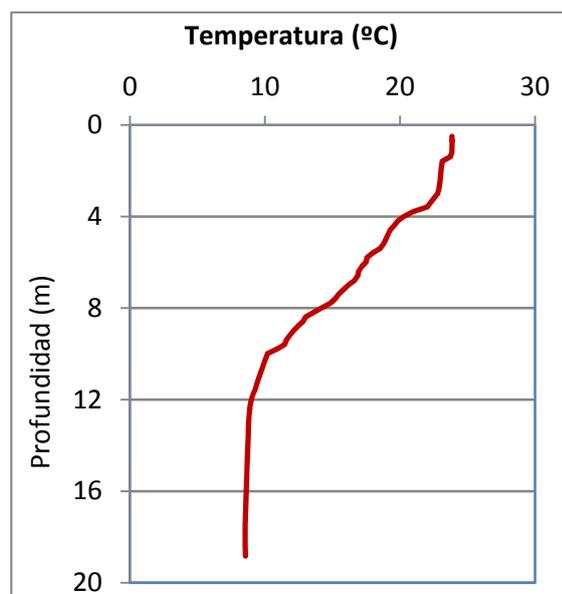


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

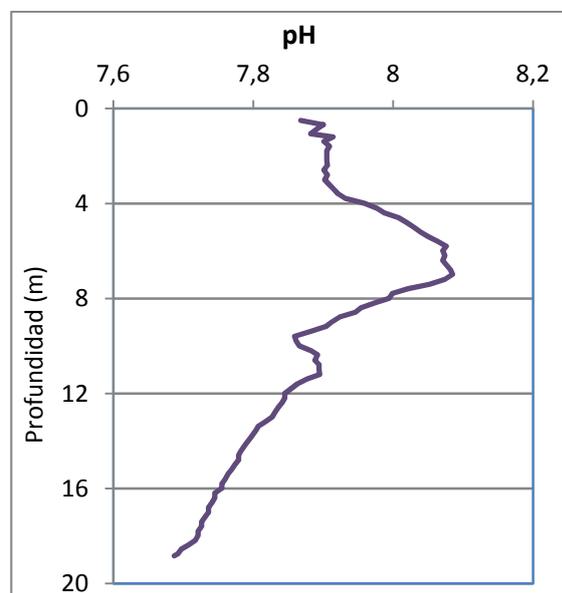
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

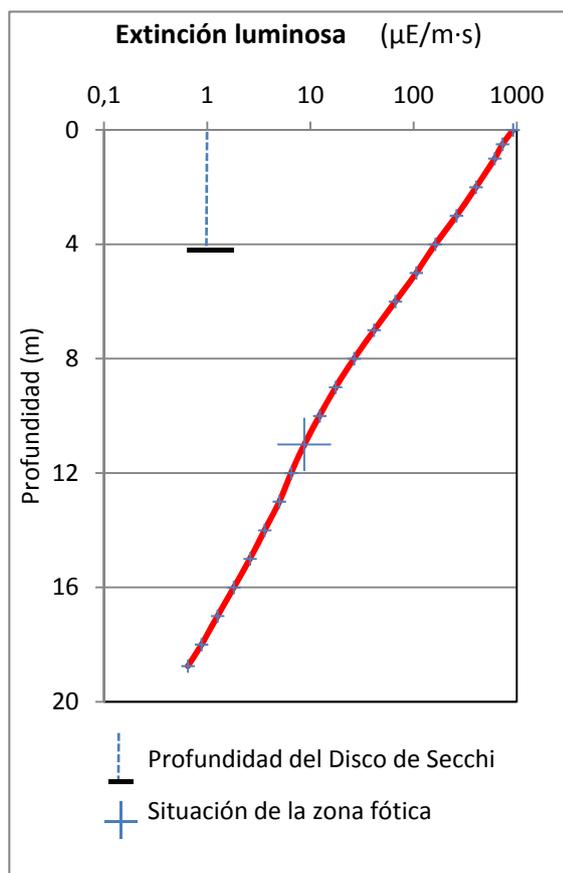


La temperatura del agua oscila entre los 8,56 °C en el fondo y los 23,86 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2015) la termoclina se sitúa entre los 4 y los 10 metros de profundidad.



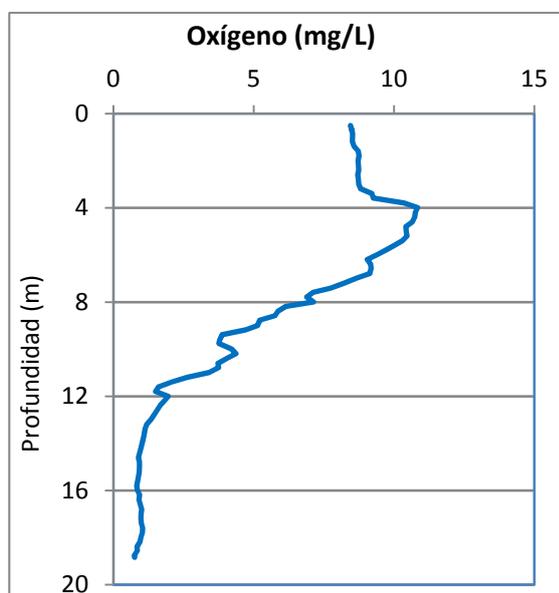
El pH del agua en superficie es de 7,87. En el fondo el pH es de 7,69. Hay un máximo metalimnético de 8,09 a 7 metros de profundidad.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



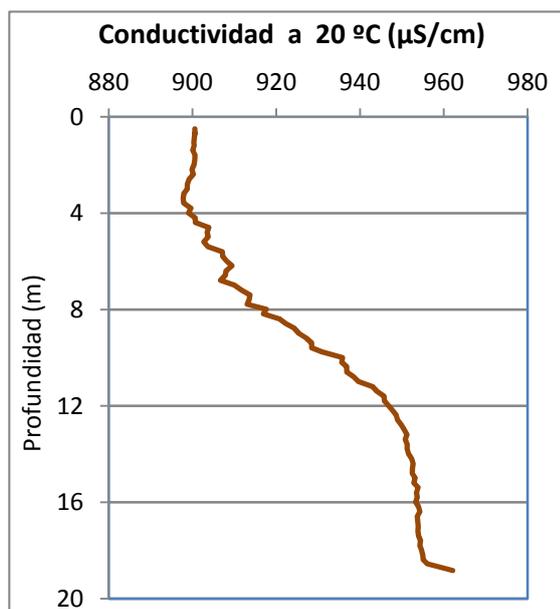
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 4,20 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 10,5 metros. Sin embargo, esta determinación mediante medidor fotoeléctrico ha dado como resultado una capa fótica de 11 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 12 m de profundidad) fue de 2,00 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 9,01 mg/L. La concentración media alcanzada en el hipolimnion es de 1,51 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas ( $<2$  mg  $\text{O}_2/\text{L}$ ) a partir de los 11,5 metros de profundidad.

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



La conductividad del agua es de 900  $\mu\text{S/cm}$  en la superficie y de 962  $\mu\text{S/cm}$  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 2015 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 7,14 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue menor que el límite de detección, establecido en 1,49 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,84 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,57 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH<sub>4</sub>) fue de 0,096 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,02 mg SiO<sub>2</sub>/L.
- La alcalinidad en este embalse fue de 3,25 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	2
CHRYSOPHYCEAE	1
XANTHOPHYCEAE	2
CHLOROPHYCEAE	6
CYANOBACTERIA	1
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	1

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
<b>Nº CÉLULAS TOTALES</b>	<b>nº cél./ml</b>	9621
<b>BIOVOLUMEN TOTAL</b>	<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>	1014669
<b>Diversidad Shannon-Wiener</b>		1,80
<b>CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		Cyanobacteria
<b>Nº células/ml</b>		6539
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		<i>Woronichinia naegeliana</i>
<b>Nº células/ml</b>		6539
<b>CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		Cyanobacteria
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		328701
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		<i>Woronichinia naegeliana</i>
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		328701

La concentración de clorofila fue de 2,82 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 6,7 m de 4,7 µg/L.

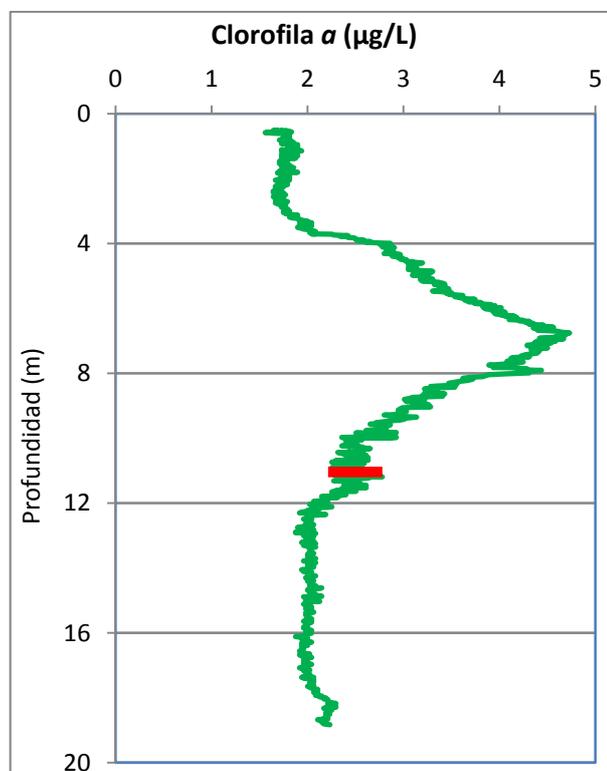


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm <sup>3</sup> /ml	(1 al 5)
	<b>BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/</b>			
CYCLOCEL0	<i>Cyclotella ocellata</i> (=Lindavia ocellata)	790	188.692	1
CYCLRADIO	<i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa)	102	94.798	
	<b>BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/</b>			
FRAGCROT0	<i>Fragilaria crotonensis</i>			1
	<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	76	2.428	
	<b>XANTHOPHYCEAE</b>			
GONIOGEN0	<i>Goniocloris</i> sp.	6	41.028	
TRACSEXA0	<i>Trachydiscus sexangulatus</i>	4	1.122	
	<b>CHLOROPHYTA</b>			
COENHIND0	<i>Coenochloris hindakii</i>	695	23.300	

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm <sup>3</sup> /ml	(1 al 5)
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.			1
ELAKGELA0	<i>Elakathrix gelatinosa</i>	205	8.687	
OOCYBORG0	<i>Oocystis borgei</i>	2	4.897	1
OOCYLACU0	<i>Oocystis lacustris</i>	76	4.449	
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	645	145.859	1
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	19	238	
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>			2
	<b>CYANOBACTERIA</b>			
ANABELENO	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>			1
APHAGRAC0	<i>Aphanizomenon gracile</i>			1
OSCILGEN0	<i>Oscillatoria</i> sp.			1
WORONAEG1	<i>Woronichinia naegeliana</i>	6.539	328.701	5
	<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	19	45.162	
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	30	17.222	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis (=Rhodomonas) lacustris</i>	57	8.580	
PLAGNANNO	<i>Plagioselmis nannoplanctica (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)</i>	355	16.863	
	<b>DINOPHYCEAE</b>			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	2	82.643	1
PERICINC0	<i>Peridinium cinctum</i>			1
	<b>TOTALES BACILLARIOPHYCEAE</b>	<b>892</b>	<b>283.490</b>	
	<b>TOTALES CHRYSOPHYCEAE</b>	<b>76</b>	<b>2.428</b>	
	<b>TOTALES XANTHOPHYCEAE</b>	<b>9</b>	<b>42.150</b>	
	<b>TOTALES CHLOROPHYTA</b>	<b>1.642</b>	<b>187.431</b>	
	<b>TOTALES CYANOBACTERIA</b>	<b>6.539</b>	<b>328.701</b>	
	<b>TOTALES CRYPTOPHYCEAE</b>	<b>461</b>	<b>87.827</b>	
	<b>TOTALES DINOPHYCEAE</b>	<b>2</b>	<b>82.643</b>	
	<b>TOTALES ALGAS</b>	<b>9.621</b>	<b>1.014.669</b>	

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 9 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 2 Cladocera
- 3 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	8,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	219,42
BIOMASA TOTAL	µg/L	304,72
Diversidad Shannon-Wiener		2,13
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		129,23
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra major</i>
individuos/L		101,54
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		275,69
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia pulicaria</i>
µg/L		159,31
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 – 18 m
CLADÓCEROS: 9,65 %	COPÉPODOS: 13,46 %	ROTÍFEROS: 76,89 %

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	%
	<b>CLADÓCEROS</b>			
DAPHGALE0	<i>Daphnia galeata</i>	34,23	116,38	4,06
DAPHPULI0	<i>Daphnia pulicaria</i>	41,92	159,31	5,08
DIAPMONG0	<i>Diaphanosoma mongolianum</i>			0,51
	<b>COPÉPODOS</b>			
ACANAMER0	<i>Acanthocyclops americanus</i>	0,19	0,99	0,01
NEOLALLU0	<i>Neolovenula alluaudi</i>	5,38	11,00	7,36
CYCLOPFAM	Ciclópido	8,46	1,62	6,09
	<b>ROTÍFEROS</b>			
ASCOSALT0	<i>Ascomorpha saltans</i>			0,51
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	1,15	0,87	0,15
KERACOCH0	<i>Keratella cochlearis</i>			2,03
KERAQUAD0	<i>Keratella quadrata</i>			0,05
LECALUNIO	<i>Lecane lunaris</i>			0,001
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	26,15	1,33	27,42
POLYMAJOO	<i>Polyarthra major</i>	101,54	13,20	46,72
SYNCKITI0	<i>Synchaeta kitina</i>	0,38	0,02	
	<b>Total Cladóceros</b>	<b>76,15</b>	<b>275,69</b>	<b>9,65</b>
	<b>Total Copépodos</b>	<b>14,04</b>	<b>13,61</b>	<b>13,46</b>
	<b>Total Rotíferos</b>	<b>129,23</b>	<b>15,42</b>	<b>76,89</b>
	<b>Total</b>	<b>219,42</b>	<b>304,72</b>	<b>100</b>

## 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
<b>VALOR PROMEDIO FINAL</b>	<b>&gt; 4,2</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>&lt; 1,8</b>

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	7,14	Oligotrófico
CLOROFILA a	2,82	Mesotrófico
DISCO SECCHI	4,20	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	9621	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,5</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a la mitad de los criterios seleccionados, concentración de clorofila a y densidad algal, clasifican el embalse como mesotrófico. Mientras que el fósforo total (PT) y la transparencia (DS) determinan para el embalse un estado de oligotrofia. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de CUEVA FORADADA ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

## 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	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	< 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	>10 <sup>5</sup>	
		Biomasa algal, Clorofila <i>a</i> (µg/L)	< 2,5	2,5-8	8,0-25	>25	
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	< 0,5	0,5-2	2-8	>8	
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	> 3	2-3	1-2	<1	
		<i>Trophic Index (TI)</i>	< 2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25	
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	> 3,4	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8	
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
<b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</b>			<b>&gt;3,4</b>	<b>2,6-3,4</b>	<b>1,8 - 2,6</b>	<b>&lt; 1,8</b>	
Indicador	Elementos	Parámetros	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O <sub>2</sub> (mg O <sub>2</sub> /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
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)</b>			<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Moderado</b>		
			<b>&gt;4,2</b>	<b>3,4-4,2</b>	<b>&lt;3,4</b>		

(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 asignando la calificación del elemento de menor puntuación o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

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 Fisicoquímico	Potencial Ecológico Experimental
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	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)	9621	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	2,82	Moderado
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	1,01	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,57	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,10	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,55	Bueno
	Zooplancton	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	8,20	Moderado
		<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	6,83	Moderado
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>3,0</b>	<b>MODERADO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,20	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	1,51	Malo
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,14	Bueno
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>1,0</b>	<b>MODERADO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>

## b) Aproximación normativa (*PE<sub>norm</sub>*)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B<sup>+</sup>/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 (RD 817/2015).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	B <sup>+</sup> /M (RCE)	M/D (RCE)	D/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	≥ 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143	
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	≥ 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12	
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327	
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24	
			Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,6</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	
			RANGOS DE VALORES				
Indicador	Elementos	Parámetros	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /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
			Muy bueno	Bueno	NO AS FUN		
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>&gt;4,2</b>	<b>3,4-4,2</b>	<b>&lt;3,4</b>		

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 Experimental
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	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<sub>norm</sub>*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

**Tabla 14.** Diagnóstico del potencial ecológico (*PE<sub>norm</sub>*) del embalse de Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE<sub>norm</sub></i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	2,82	0,92	0,95	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	1,01	0,75	0,84	Bueno o superior
			<b>Media</b>			<b>0,89</b>	
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	3,74	0,992	0,82	Moderado
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	64,79	0,35	0,29	Deficiente
			<b>Media</b>			<b>0,56</b>	
<b>Media global</b>						<b>0,73</b>	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>					<b>0,73</b>		<b>BUENO</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE<sub>norm</sub></i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,20			Bueno	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	1,51			Malo	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,14			Bueno	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>1,0</b>			<b>MODERADO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>				<b>MODERADO</b>			

## ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---



**Figura 7.** Vista de la presa del embalse



**Figura 8.** Vista desde el punto de acceso al embalse