



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

2018

---

## SEGUIMIENTO DE EMBALSES 2018

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

---



**ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS  
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**



---

## SEGUIMIENTO DE EMBALSES 2018

---

### PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



### DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Vicente Sancho Tello Valls 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:

17.343,60 €

### CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

### AÑO DE EJECUCIÓN:

2018

### FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2018



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la cola del embalse de Cueva Foradada desde el punto de muestreo.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2018). Seguimiento de embalses 2018. 186 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>	<b>26</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 2017-2018. ....	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 el oxígeno disuelto .....	12
<b>Figura 5.</b> Perfil vertical de la conductividad y de la materia orgánica cromofórica .....	13
<b>Figura 6.</b> Perfil vertical de la clorofila <i>a</i> .....	16
<b>Figura 7.</b> Vista de la presa del embalse .....	27
<b>Figura 8.</b> Vista panorámica del embalse. ....	27

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características morfométricas del embalse de Cueva Foradada.....	8
<b>Tabla 1.</b> Concentración de los diferentes nutrientes analizados en las muestras integradas.....	14
<b>Tabla 3.</b> Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.....	15
<b>Tabla 4.</b> Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.....	16
<b>Tabla 5.</b> Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.....	18
<b>Tabla 6.</b> Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	19
<b>Tabla 7.</b> Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cueva Foradada. ....	20
<b>Tabla 9.</b> Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. ....	21
<b>Tabla 10.</b> Combinación de los indicadores.....	22
<b>Tabla 11.</b> Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cueva Foradada. ....	22
<b>Tabla 12.</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 (RD 817/2015). ....	23
<b>Tabla 13.</b> Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. ....	24
<b>Tabla 14.</b> Combinación de los indicadores.....	24
<b>Tabla 15.</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 2018 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 2018, correspondiente al año hidrológico 2017-2018).

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 experimental”, tras la aplicación de los indicadores biológicos, propuestos en la MEMORIA DEL ESTUDIO, y fisicoquímicos, propuestos en la Directiva Marco del Agua.
- Clasificación del “Potencial Ecológico normativo”, 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

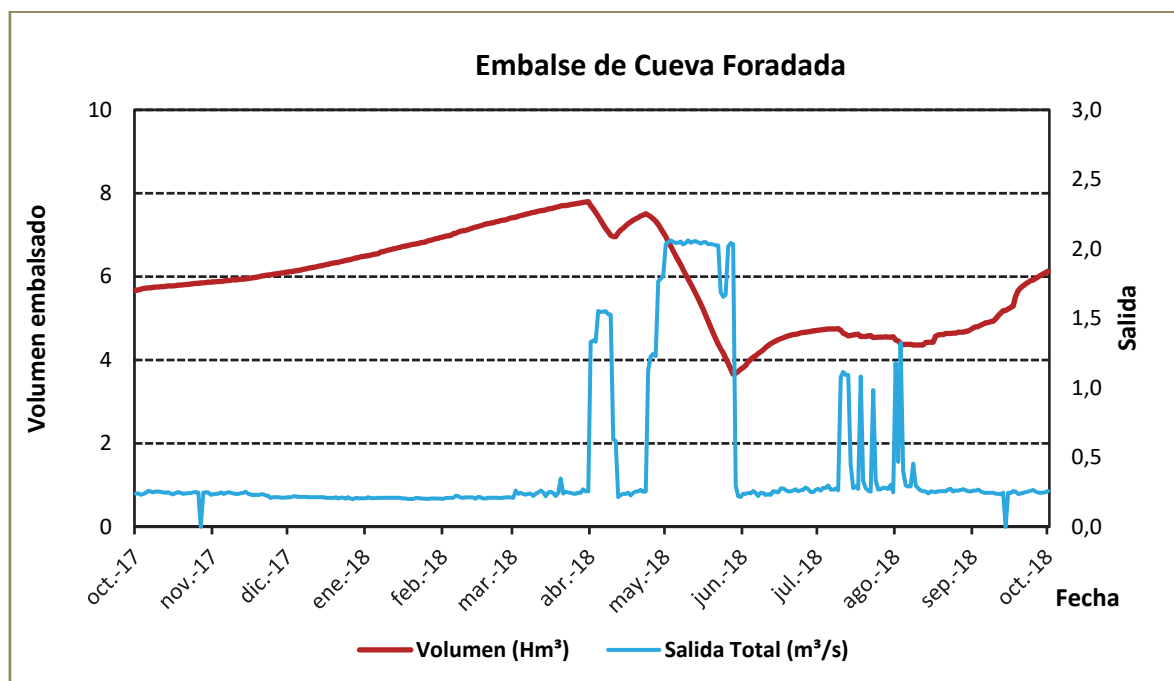
Tipo de clasificación: 10. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos.

Se trata de un embalse monomítico. En el momento de muestreo no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 4,0 metros de profundidad determinada con medidor fotoeléctrico, mientras que con el disco de Secchi el valor obtenido era de 3,0 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Cueva Foradada para el año hidrológico 2017-2018 fue de 5,07 meses.



En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida correspondientes al año hidrológico 2017-2018.



**Figura 1.** Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2017-2018.

### 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 ES2420183 “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 16 de Junio de 2018, 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.

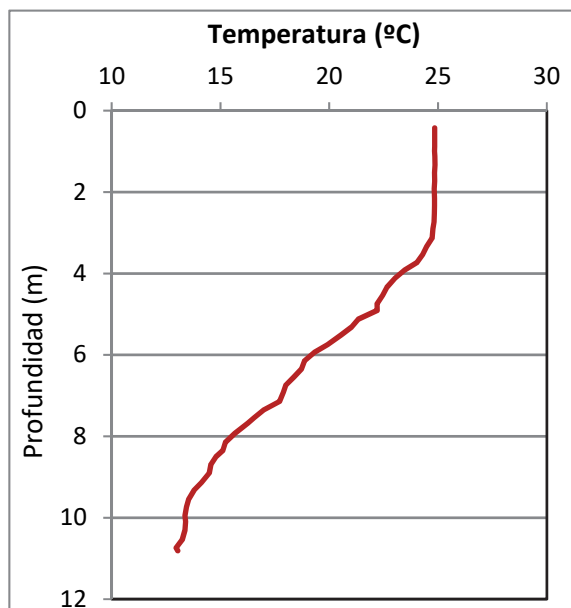


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

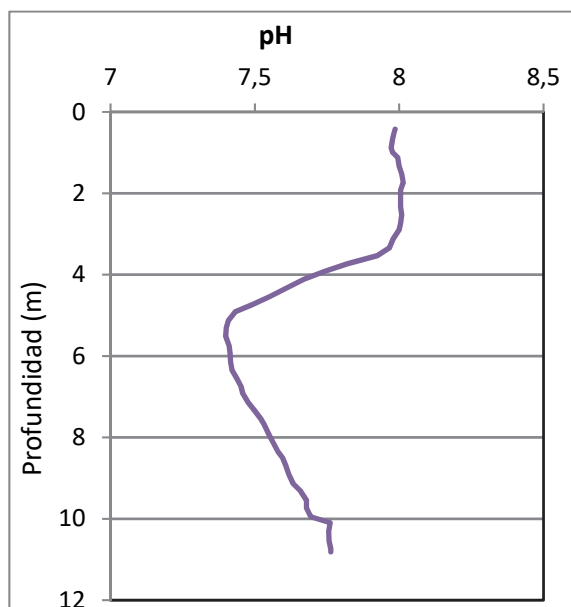
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

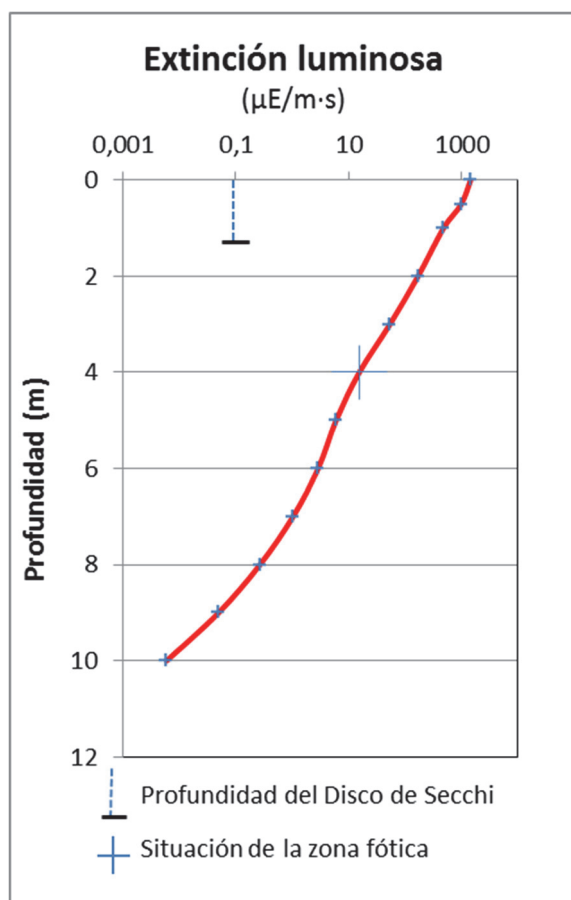


La temperatura del agua oscila entre los 13,25 °C en el fondo y los 24,85 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2018) no existe termoclina.



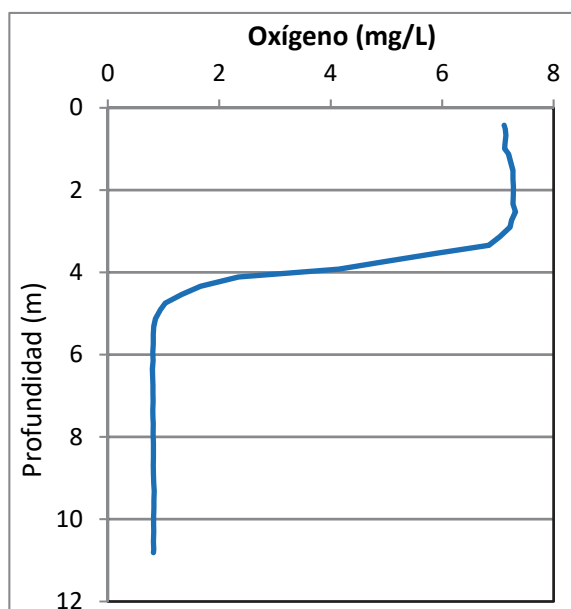
El pH del agua en superficie es de 7,98. En el fondo el pH es de 7,76. Hay un máximo metalimnético de 7,41 a 5,1 metros de profundidad.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



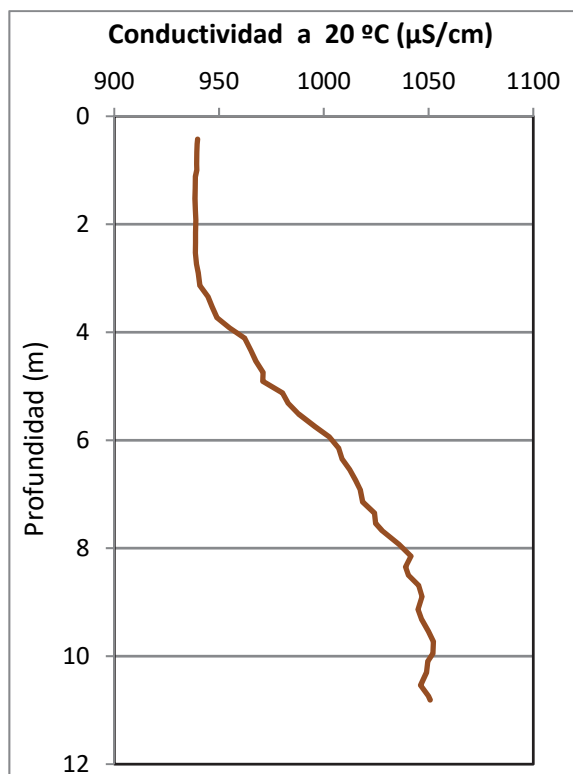
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 1,2 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 3 metros. Sin embargo, esta determinación mediante medidor fotoeléctrico ha dado como resultado una capa fótica de 4 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 6 m de profundidad) fue de 4,56 UAF.

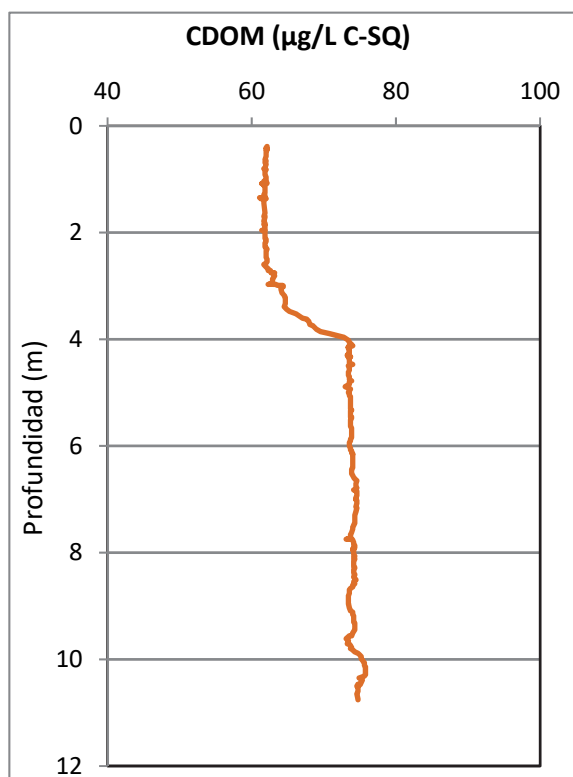


Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 2,92 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas ( $<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ) a partir de los 4,5 metros de profundidad.

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



La conductividad del agua es de 939  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la superficie y de 1049  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el fondo.



El valor de CDOM del agua es de 62 QSE (equivalentes de sulfato de quinina) en la superficie y de 74 QSE en el fondo.

**Figura 5.** Perfil vertical de la conductividad y la materia orgánica cromofórica.

## 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2018 en la muestra integrada, se desprenden los resultados de la tabla 2.

**Tabla 2.** Concentración de los diferentes nutrientes -analizados en las muestras integradas.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD CAPA FÓTICA	m	6,0
AMONIO	mg NH <sub>4</sub> /L	0,077
FÓSFORO TOTAL	µg P/L	25,83
FÓSFORO SOLUBLE	µg P/L	2,45
NIO (NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> )	mg N/L	0,30
NITRÓGENO TOTAL	mg N/L	0,66
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /L	1,48
ALCALINIDAD	meq/L	2,55

### 4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton realizado se han identificado un total de 23 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

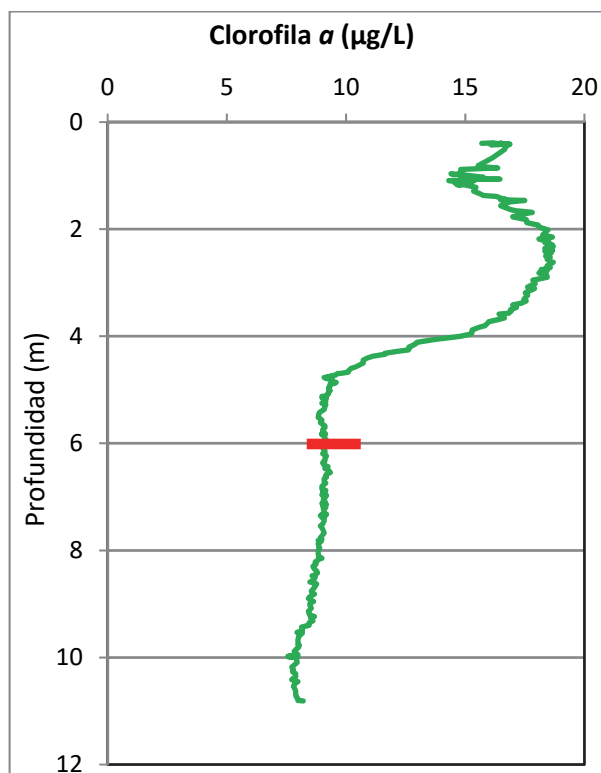
BACILLARIOPHYCEAE	3
CHRYSTOPHYCEAE	1
CHLOROPHYCEAE	9
CYANOBACTERIA	4
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	1
EUGLENOPHYCEAE	1

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 3:

**Tabla 3.** Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
<b>Nº CÉLULAS TOTALES</b>	nº cél./ml	5376,81
<b>BIOVOLUMEN TOTAL</b>	µm <sup>3</sup> /ml	4197089
<b>Diversidad Shannon-Wiener</b>		2,79
<b>CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		Chlorophyceae
<b>Nº células/ml</b>		1887,10
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		<i>Cyclotella ocellata</i>
<b>Nº células/ml</b>		1747,72
<b>CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		Chlorophyceae
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		3557526
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		<i>Carteria sp.</i>
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		3523809

La concentración de clorofila fue de 14,22 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 2,5 m de 18,5 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 4:

**Tabla 4.** Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
	<b>BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/</b>			
AULAGRAN0	<i>Aulacoseira granulata</i>	26,99	58.376,62	1
CYCLOCEL0	<i>Cyclotella ocellata</i> (=Lindavia ocellata)	1.747,72	338.249,08	1
CYCLRADI0	<i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa)	75,58	93.488,78	
	<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	37,79	1.209,23	
	<b>CHLOROPHYTA</b>			
BOTRBRAU0	<i>Botryococcus braunii</i>	137,82	15.586,58	
CARTEGEN0	<i>Carteria</i> sp.	1.369,83	3.523.809,75	1
CLOSACIR0	<i>Closteriopsis acicularis</i>	2,87	939,58	
COERECUB0	<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>cubanum</i>	36,75	1.231,53	1
CRUCRECT0	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	37,79	2.418,46	





COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
MONODYBO0	<i>Monoraphidium dybowskii</i>			1
OOCYBORG0	<i>Oocystis borgei</i>	1,15	2.976,60	1
OOCYLACU0	<i>Oocystis lacustris</i>	10,34	606,14	
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	1,15	259,78	1
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	289,41	9.698,32	4
	<b>ZYGNEMATOPHYCEAE</b>			
STAUPING0	<i>Staurostrum pingue</i>			1
	<b>CYANOBACTERIA</b>			
MERITENU0	<i>Merismopedia tenuissima</i>	906,92	820,56	
MERIWARM0	<i>Merismopedia warmingiana</i>	368,44	333,35	
PLANAGAR0	<i>Planktothrix agardhii</i>	70,06	9.039,03	3
WORONAEG1	<i>Woronichinia naegeliana</i>	103,92	5.223,50	
	<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	28,34	67.743,57	1
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	37,79	21.527,15	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis (=Rhodomonas) lacustris</i>	56,68	4.710,31	1
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)</i>	28,34	1.028,87	
	<b>DINOPHYCEAE</b>			
CERAFURC0	<i>Ceratium furcoides</i>			1
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,57	28.606,59	1
GYMNLACU0	<i>Gymnodinium lacustre</i>			1
	<b>EUGLENOPHYCEAE</b>			
EUGLOXYU0	<i>Euglena oxyuris</i>			1
EUGLEGEN0	<i>Euglena sp.</i>			1
LEPOTEXT0	<i>Lepocinclis texta</i>	0,57	9.205,82	1
	<b>TOTALES BACILLARIOPHYCEAE</b>	<b>1.850,28</b>	<b>490.114,48</b>	
	<b>TOTALES CHRYSOPHYCEAE</b>	<b>37,79</b>	<b>1.209,23</b>	
	<b>TOTALES CHLOROPHYTA</b>	<b>1.887,10</b>	<b>3.557.526,75</b>	
	<b>TOTALES CYANOBACTERIA</b>	<b>1.449,33</b>	<b>15.416,44</b>	
	<b>TOTALES CRYPTOPHYCEAE</b>	<b>151,15</b>	<b>95.009,90</b>	
	<b>TOTALES DINOPHYCEAE</b>	<b>0,57</b>	<b>28.606,59</b>	
	<b>TOTALES EUGLENOPHYCEAE</b>	<b>0,57</b>	<b>9.205,82</b>	
	<b>TOTALES ALGAS</b>	<b>5.376,81</b>	<b>4.197.089,22</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 13 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- Cladocera                    4
- Copepoda                   3
- Rotífera                     6

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 5:

**Tabla 5.** Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	4,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	559,23
BIOMASA TOTAL	µg/L	434,22
Diversidad Shannon-Wiener		2,46
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		270,77
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Keratella quadrata</i>
individuos/L		213,85
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Copépodos
µg/L		248,13
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Diaphanosoma mongolianum</i>
µg/L		130,77
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 – 10 m
CLADÓCEROS: 7,70 %	COPÉPODOS: 50,63 %	ROTÍFEROS: 41,67 %

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 6:

**Tabla 6.** Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

CÓDIGO	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
TAXÓN	ZOOPLANCTON	Ind./L	mg/L	( 1 al 5)
	<b>CLADÓCEROS</b>			
BOSMLONG0	<i>Bosmina longirostris</i>	3,08	4,00	
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	3,08	3,69	1
DAPHCUCU0	<i>Daphnia cucullata</i>			1
DAPHGALE0	<i>Daphnia galeata</i>	3,08	10,46	
DIAPMONG0	<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	52,31	130,77	1
	<b>COPÉPODOS</b>			
ACANAMER0	<i>Acanthocyclops americanus</i>	2,31	7,75	1
NEOLALLU0	<i>Neolovenula alluaudi</i>	129,23	217,77	2
CYCLOPFAM	Fam. Cyclopidae	95,38	22,62	3
	<b>ROTÍFEROS</b>			
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	9,23	6,92	1
COLLOGEN0	<i>Collotheca pelagica</i>	3,08	0,09	1
CONONATA0	<i>Conochilus natans</i>			1
GASTSTYLO	<i>Gastropus stylifer</i>	7,69	1,54	
KERAQUADO	<i>Keratella quadrata</i>	213,85	26,73	3
POLYDOLIO	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	30,77	1,57	1
SYNCKITIO	<i>Synchaeta kitina</i>	6,15	0,31	
	<b>Total Cladóceros</b>	61,54	148,92	
	<b>Total Copépodos</b>	226,92	248,13	
	<b>Total Rotíferos</b>	270,77	37,16	
	<b>Total</b>	559,23	434,22	

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 7 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 7.** 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 <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ ) 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 8 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 8.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Cueva Foradada.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	25,83	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	14,22	Eutrófico
DISCO SECCHI	1,20	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	5377	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,50</b>	<b>EUTRÓFICO</b>

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

## 6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

### a) Aproximación experimental (*PE<sub>exp</sub>*)

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 9, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**Tabla 9.** 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 10:

**Tabla 10.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	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 11 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 11.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Cueva Foradada.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	5377	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	14,22	Deficiente
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	4,20	Deficiente
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,76	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,14	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,14	Bueno o superior
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	8,67	Moderado	
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	11,69	Deficiente
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>4</b>	<b>DEFICIENTE</b>
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,20	Deficiente
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	2,92	Deficiente
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	25,83	Moderado
<b>INDICADOR FÍSICOQUÍMICO</b>			<b>3</b>	<b>MODERADO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>DEFICIENTE</b>

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

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 12 y 13, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**Tabla 12.** 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 817/2018).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	B+/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 13.** 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 14:

**Tabla 14.** 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 15 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 15.** 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 ( $\mu\text{g/L}$ )	14,22	0,18	0,26	Deficiente
			Biovolumen algal ( $\text{mm}^3/\text{L}$ )	4,20	0,18	0,30	Moderado
			<b>Media</b>			<b>0,28</b>	
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	19,61	0,952	0,58	Deficiente
			Porcentaje de cianobacterias	0,34	1,00	1,00	Bueno o superior
			<b>Media</b>			<b>0,79</b>	
<b>Media global</b>						<b>0,53</b>	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			$PE_{norm}$	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,20			Deficiente	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	2,92			Deficiente	
	Nutrientes	Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	25,83			Moderado	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <math>PE_{norm}</math></b>				<b>MODERADO</b>			



## ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---



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



**Figura 8.** Vista panorámica del embalse desde la cola