

---

# 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 BÚBAL

---



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:

69.814,27 €

### CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE BÚBAL

### AÑO DE EJECUCIÓN:

2013

### FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2013

REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la presa del embalse de Búbal desde el mirador sobre el embalse.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2013). Explotación de la red de seguimiento de embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. 198 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 físico-químicas 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>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO.....</b>	<b>20</b>
<b>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.....</b>	<b>22</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 2013-2012. ....	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 .....	28
<b>Figura 8.</b> Fotografía del punto de acceso al embalse. ....	28
<b>Figura 9.</b> Fotografía de la cola del embalse .....	29

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características morfométricas del embalse de Búbal .....	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. ....	19
<b>Tabla 5.</b> Composición detallada de la comunidad de zooplancton. ....	20
<b>Tabla 6.</b> Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. ....	21
<b>Tabla 7.</b> Diagnóstico del estado trófico del embalse de Búbal. ....	21
<b>Tabla 8.</b> Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Combinación de los indicadores. ....	23
<b>Tabla 10.</b> Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Búbal. ....	23
<b>Tabla 11.</b> 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). ....	24
<b>Tabla 12.</b> Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. ....	25
<b>Tabla 13.</b> Combinación de los indicadores. ....	25
<b>Tabla 14.</b> Diagnóstico del potencial ecológico ( $PE_{norm}$ ) del embalse de Búbal. ....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Búbal durante los muestreos de 2013 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 2013, correspondiente al año hidrológico 2012-2013).

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 de Búbal se sitúa en el pirineo central, en el Valle de Tena. Tres grandes moles conforman el Valle, al oeste la Sierra de la Partacua y al este Tendeñera y las montañas del Pirineo Axial. En términos geológicos, se encuentra situado sobre materiales del Paleozoico, como las pizarras ampelíticas. Además, se encuentran rocas carbonatadas de tipo calizas, areniscas y lutitas y depósitos aluviales, como gravas, arenas y limos (depósitos de glaciares, piedemonte y superficie). En la cuenca predominan los materiales hercínicos, los depósitos cuaternarios de la cabecera del río Gállego y los batolitos granodioríticos del macizo de Panticosa.

El embalse de Búbal se sitúa en el corazón del Valle de Tena en el Pirineo de Huesca, dentro de los términos municipales de Biescas, Hoz de Jaca, Panticosa y Sallent de Gallego, en la provincia de Huesca. En sus orillas encontramos pequeños núcleos de población como Búbal, Hoz de Jaca, Saqués o El Pueyo de Jaca. Regula las aguas del río Gállego y recibe también las de los ríos Caldares y Aguilero.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de pequeñas dimensiones y de geometría alargada.

La cuenca vertiente al embalse de Búbal tiene una superficie total de 267.963,67 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 101,10 hm<sup>3</sup>. Caracterizado por una profundidad media de 22,8 m, mientras que la profundidad máxima es de 72,7 m.

En la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse

**Tabla 1.** Características morfométricas del embalse de Búbal.

Superficie de la cuenca	2679,63 km <sup>2</sup>
Capacidad total	101,10 hm <sup>3</sup>
Capacidad útil	78,38 hm <sup>3</sup>
Aportación media anual	1013 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	443 ha
Cota máximo embalse normal	518,30 msnm

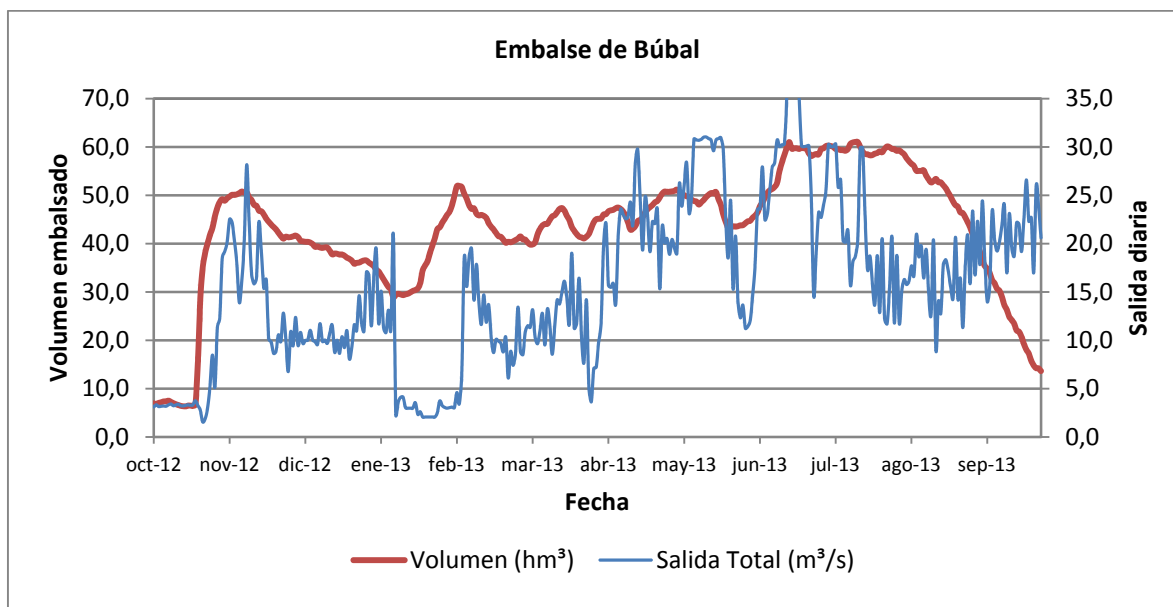
Tipo de clasificación: 7. Monomítico, calcáreo, de zona húmeda, perteneciente a ríos de cabecera y tramo alto, con temperatura media anual menor de 15 °C.

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea ubicado en la zona húmeda de la red principal. En el momento del muestreo, no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 6 metros de profundidad determinado tanto con el medidor fotoeléctrico como con el Disco de Secchi.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Búbal para el año hidrológico 2012-2013 fue de 1,02 meses.



En la figura 1 se presentan los valores del volumen embalsado y salida media diaria correspondientes al año hidrológico 2012-2013.



**Figura 1.** Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2012.

### 2.3. Usos del agua

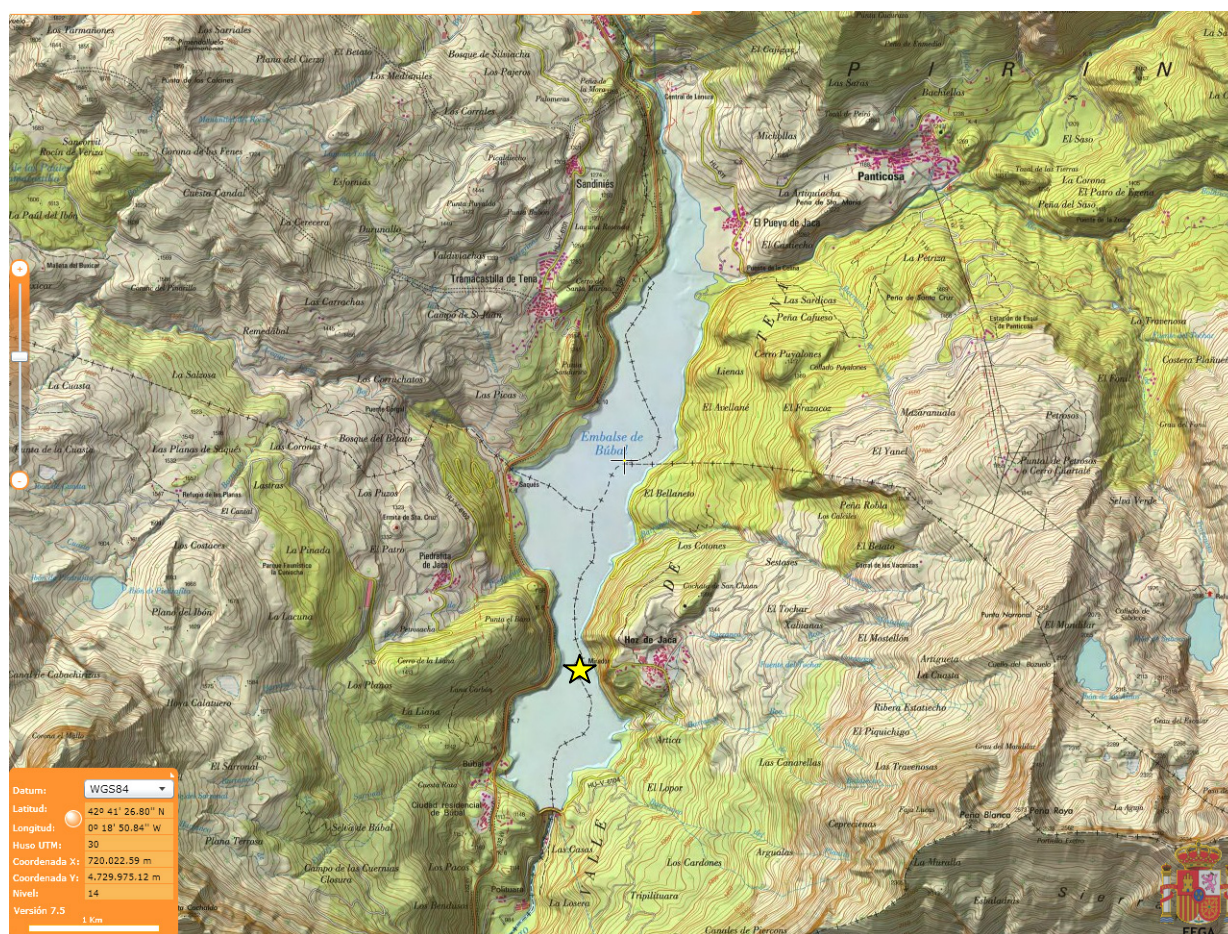
Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, a través del Canal Principal de Urgell, y al aprovechamiento hidroeléctrico. También se utiliza con fines recreativos (baño, navegación y sin restricciones para el remo, con limitaciones para la vela, y el motor y la pesca), aunque las escarpadas riberas que presenta el embalse limitan estos usos.

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Búbal 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 la categoría de zonas sensibles bajo el marco de la Directiva 91/271/CEE.

### 3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 28 de Agosto de 2013, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

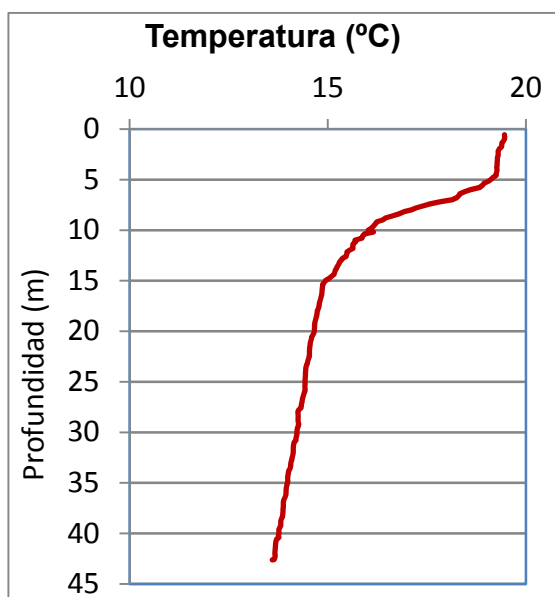


**Figura 2.** Localización de la estación de muestreo en el embalse.

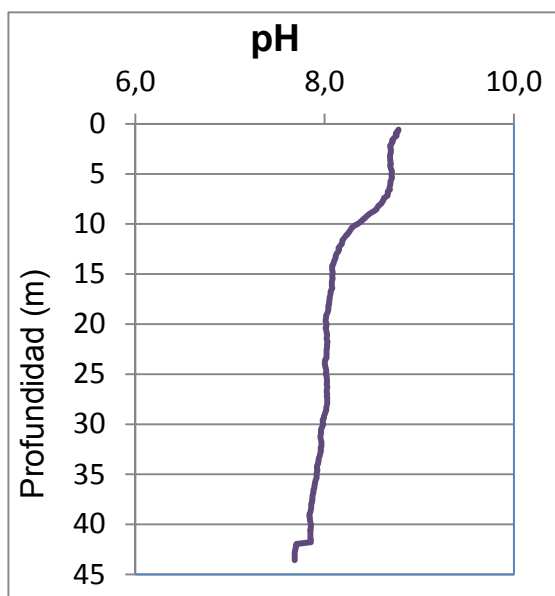
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

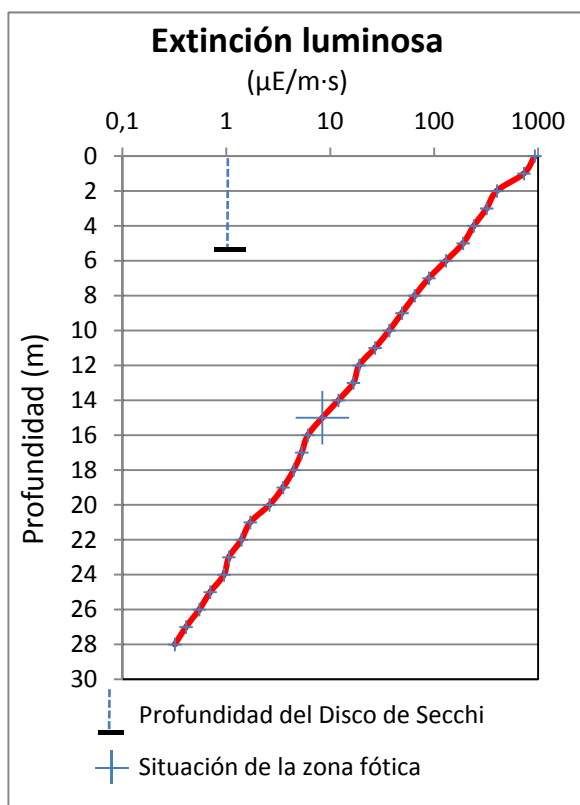


La temperatura del agua oscila entre los 13,6 °C – en el fondo- y los 19,5 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2013) la termoclina se sitúa entre los 5 – 10 metros de profundidad.



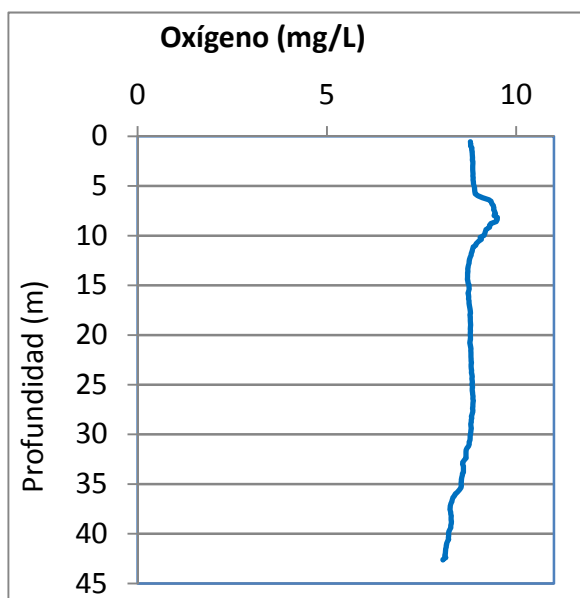
El pH del agua en superficie es 8,78. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,68 correspondiendo con el valor más bajo del perfil vertical.

Figura 3. Perfiles verticales de la temperatura y el pH.



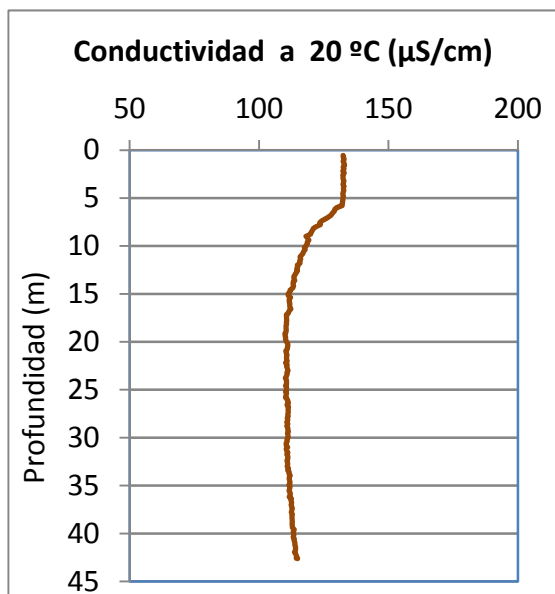
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 5,8 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 14,5 metros. El valor registrado mediante medidor de PAR ha sido muy similar a éste.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 15 m de profundidad) fue de 0,97 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el muestreo alcanza una concentración media de 8,75 mg/L. La concentración de oxígeno en el hipolimnion es de 8,66 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas ( $<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ).

**Figura 4.** Perfiles verticales de la extinción luminosa y el oxígeno disuelto.



La conductividad del agua es de 133  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la superficie y un valor de 114  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el fondo del embalse.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

## 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2013 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 11,20 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 0,49 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,15 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,09 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH<sub>4</sub>) resultó ser de 0,056 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,80 mg SiO<sub>2</sub>/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,45 meq/L

#### 4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 19 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	6
CHRYSTOPHYCEAE	2
SYNUROPHYCEAE	2
CHLOROPHYTA	3
CRYPTOPHYCEAE	5
DINOPHYCEAE	1

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

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
<b>Nº CÉLULAS TOTALES</b>	nº cel./ml	977,69
<b>BIOVOLUMEN TOTAL</b>	µm <sup>3</sup> /ml	555951
<b>Diversidad Shannon-Wiener</b>		2,28
<b>CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		Cryptophyceae
<b>Nº células/ml</b>		765,39
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)</b>		<i>Plagioselmis (=Rhodomonas)* lacustris</i>
<b>Nº células/ml</b>		625,72
<b>CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		Dinophyceae
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		244365
<b>ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)</b>		<i>Ceratium hirundinella</i>
<b>µm<sup>3</sup>/ml</b>		244365

\* Nota: Entre paréntesis se cita el anterior nombre de la especie.

La concentración de clorofila fue de 2,84  $\mu\text{g/L}$  en la muestra integrada (profundidad señalada en la figura con una línea roja). Se observa en el perfil medido por fluorimetría un máximo a 7,8 m de profundidad de 4,44  $\mu\text{g/L}$ .

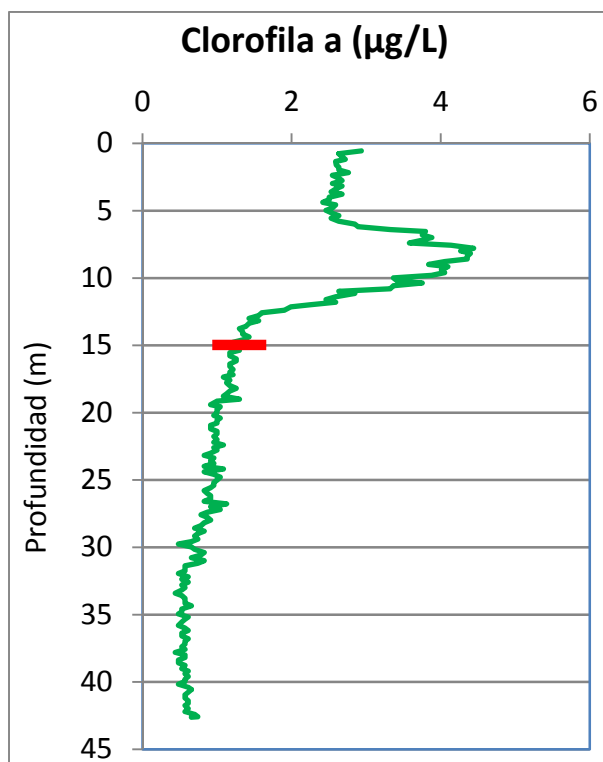


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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 de la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	
<b>BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/</b>			
<i>Cyclotella comta</i>	27,93	3949,06	-
<i>Cyclotella radiosa</i>	11,17	2457,19	-
<b>BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/</b>			
<i>Asterionella formosa</i>	39,11	31943,51	1
<i>Fragilaria crotonensis</i>	22,35	5054,80	2
<i>Nitzschia acicularis</i>	5,59	3575,54	1



COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	µm <sup>3</sup> /ml	
<i>Ulnaria acus</i> (=Fragilaria ulna var. acus)	5,59	3238,23	1
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
<i>Dinobryon bavaricum</i>	-	-	1
<i>Dinobryon divergens</i>	5,59	2303,62	1
<i>Kephyrion ovale</i>	5,59	184,29	-
<b>SYNUROPHYCEAE</b>			
<i>Mallomonas akrokomos</i>	11,17	5054,80	-
<i>Mallomonas oviformis</i> (=Mallomonopsis oviformis)	27,93	10530,83	2
<b>CHLOROPHYTA</b>			
<i>Kirchneriella obesa</i>	11,17	702,06	-
<i>Pedinomonas</i> sp.	11,17	157,96	-
<i>Schroederia nitzschoides</i>	22,35	2106,17	1
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
<i>Cryptomonas erosa</i>	44,69	137602,80	2
<i>Cryptomonas marsonii</i>	22,35	12730,60	1
<i>Cryptomonas ovata</i>	-	-	1
<i>Cryptomonas pusilla</i>	5,59	1290,03	1
<i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris	625,72	82561,68	1
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)	67,04	6142,98	-
<b>DINOPHYCEAE</b>			
<i>Ceratium hirundinella</i>	5,59	244365,62	1
<i>Gymnodinium lacustre</i>	-	-	1

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
FITOPLANCTON	cél./ml	µm <sup>3</sup> /ml	
<b>TOTALES BACILLARIOPHYCEAE</b>	<b>111,74</b>	<b>50218,32</b>	
<b>TOTALES CHRYSOPHYCEAE</b>	<b>11,17</b>	<b>2487,91</b>	
<b>TOTALES SYNUROPHYCEAE</b>	<b>39,11</b>	<b>15585,62</b>	
<b>TOTALES CHLOROPHYTA</b>	<b>44,69</b>	<b>2966,18</b>	
<b>TOTALES CRYPTOPHYCEAE</b>	<b>765,39</b>	<b>240328,08</b>	
<b>TOTALES DINOPHYCEAE</b>	<b>5,59</b>	<b>244365,62</b>	
<b>TOTALES ALGAS</b>	<b>977,69</b>	<b>555951,74</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 las muestras del embalse de Búbal se han identificado un total de 12 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 2 Copepoda
- 7 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	10,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	149,04
BIOMASA TOTAL	µg/L	190,17
Diversidad Shannon-Wiener		2,54
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		168,46
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
individuos/L		104,62
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		147,27
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>
µg/L		105,23
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 30 m
CLADÓCEROS: 22,31 %		COPÉPODOS: 17,05 %
		ROTÍFEROS: 60,64 %

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.

COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
ZOOPLANCTON	Ind./L	µg/L	%
<b>CLADÓCEROS</b>			
<i>Bosmina longirostris</i>	0,38	0,50	1,59
<i>Daphnia cucullata</i>	13,85	41,54	5,58
<i>Daphnia longispina</i>	27,69	105,23	15,14
<b>COPÉPODOS</b>			
<i>Cyclops abyssorum</i>	35,38	12,62	-
<i>Cyclops vicinus</i>	-	-	3,19
<i>Eudiaptomus vulgaris</i>	3,27	6,31	3,51
Fam. Cyclopidae	-	-	10,36
<b>ROTÍFEROS</b>			
<i>Keratella cochlearis</i>	3,08	0,15	0,80
<i>Ploesoma hudsoni</i>	12,31	11,08	2,39
<i>Ploesoma truncatum</i>	0,77	0,46	0,08
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	104,62	5,34	43,03
<i>Synchaeta oblonga</i>	9,23	0,46	4,78
<i>Synchaeta pectinata</i>	10,77	3,58	1,59
<i>Synchaeta stylata</i>	27,69	2,91	7,97
<b>Total Cladóceros</b>	41,92	147,27	22,31
<b>Total Copépodos</b>	38,65	18,92	17,05
<b>Total Rotíferos</b>	168,46	23,98	60,64
<b>Total</b>	249,04	190,17	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
<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 Búbal.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	11,20	Mesotrófico
CLOROFILA a	2,84	Mesotrófico
DISCO SECCHI	5,80	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	978	Oligotrófico
<b>ESTADO TROFICO FINAL</b>	<b>3,5</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, fósforo total (PT) y clorofila a indican un estado de mesotrofia. Mientras que transparencia (DS) y la densidad algal clasifican al embalse como oligotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de BÚBAL ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

## 6. DIAGNOSTICO 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 <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)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /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	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</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>
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad 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>MPE</b>	<b>AS FUN</b>	<b>NO AS FUN</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 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

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 Búbal.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	978	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	2,84	Moderado
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,56	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,80	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,67	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,46	Bueno
		Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)	7,3	Moderado
	Zooplancton	Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)	4,43	Bueno
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>3,6</b>	<b>BUENO</b>
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	5,80	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	8,66	Máximo
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	11,20	Moderado
<b>INDICADOR FÍSICOQUÍMICO</b>			<b>4,0</b>	<b>AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>BUENO</b>

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

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 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<sub>t</sub>) 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 <sub>t</sub>	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2	9,5	0,21
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 12.** Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

Indicador	Elementos	Parámetros	RANGOS DEL RCET				
			Máximo	Bueno	No alcanza		
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	> 1	1-0,43	< 0,43		
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /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
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,8</b>	<b>0,6-0,8</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>
			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 <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
			MPE	AS FUN	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 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 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 Búbal.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE<sub>norm</sub></i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,84	0,91	0,94	Bueno
			Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	0,56	1,37	1,23	Máximo
			<b>Media</b>			<b>1,08</b>	
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	0,19	1,001	1,02	Máximo
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	0,00	1,00	1,00	Máximo
			<b>Media</b>			<b>1,01</b>	
<b>Media global</b>							
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>					<b>1,05</b>		<b>MÁXIMO</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE<sub>norm</sub></i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	5,80			Bueno	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	8,66			Máximo	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	11,20			Moderado	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>4,0</b>			<b>AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>				<b>BUENO</b>			

## ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---



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



**Figura 8.** Vista del punto de acceso



**Figura 9.** Vista de la cola del embalse