



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2016

ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL ESTANY DE CAVALLERS



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





ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

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:

89.000,00 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL ESTANY DE CAVALLERS

AÑO DE EJECUCIÓN:

2016

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2016



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la presa del estany de Cavallers desde el punto de muestreo.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2016). Establecimiento de una metodología para el seguimiento del potencial ecológico vs. estado trófico de los embalses de la cuenca del Ebro. 212 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 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>18</i>
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	19
6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	21
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 2015-2016.....	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. Vista del punto de acceso al embalse.....	27
Figura 8. Vista de la cola del embalse.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del estany de Cavallers.....	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.....	18
Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	19
Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	20
Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del estany de Cavallers.	20
Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	21
Tabla 9. Combinación de los indicadores.....	22
Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del estany de Cavallers.	22
Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_i) y límites de cambio de clases de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015).	23
Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	24
Tabla 13. Combinación de los indicadores.....	24
Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del estany de Cavallers.....	25



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el estany de Cavallers durante los muestreos de 2016 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 estany durante el periodo estudiado (verano 2016, correspondiente al año hidrológico 2015-2016).

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 estany de Cavallers está situado en la ladera meridional del Pirineo central axial, en el que destacan los relieves cuaternarios sobre granitos y pizarras que forman diversas formas de relieve abrupto, debido al modelado glacial y peri-glacial (tarteras, riscales, desfiladeros, lagos, circos glaciares, estanques, valles con perfil de U colgadas y escalonadas, etc.).

El embalse, cuya presa fue terminada en 1960, se sitúa en término municipal de Valle de Bohí, en la provincia de Lérida. Se construyó recreciendo el antiguo estany de Cavallers, por lo que se conserva ese nombre. Regula principalmente las aguas de la Noguera de Tort, tributario por la margen izquierda del río Noguera Ribagorzana.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones que no presentan grandes variaciones en el eje longitudinal.

La cuenca vertiente al estany de Cavallers tiene una superficie total de 2513 ha.

El embalse tiene una extensión de 47 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 16 hm³. Tiene una profundidad media de 33,8 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 71 m.

En la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Cavallers.

Superficie de la cuenca total (ha)	2 513
Superficie del embalse (ha)	47
Longitud máxima del embalse (km)	1,5
Capacidad total (hm ³)	16
Profundidad máxima (m)	71
Profundidad media (m)	33,8
Perímetro en máximo nivel (km)	3
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	1781

Tipo de clasificación: 13. Dimíctico, de zona muy húmeda a más de 1.400 m de altitud.

Se trata de un embalse dimíctico. En el periodo estival existe termoclina entre los 20 y 30 metros de profundidad. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 43 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 34 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el estany de Cavallers para el año hidrológico 2015-2016 fue de 1,35 meses.

En la figura 1 se presentan los valores del volumen embalsado y salida media diaria correspondientes al año hidrológico 2015-2016.

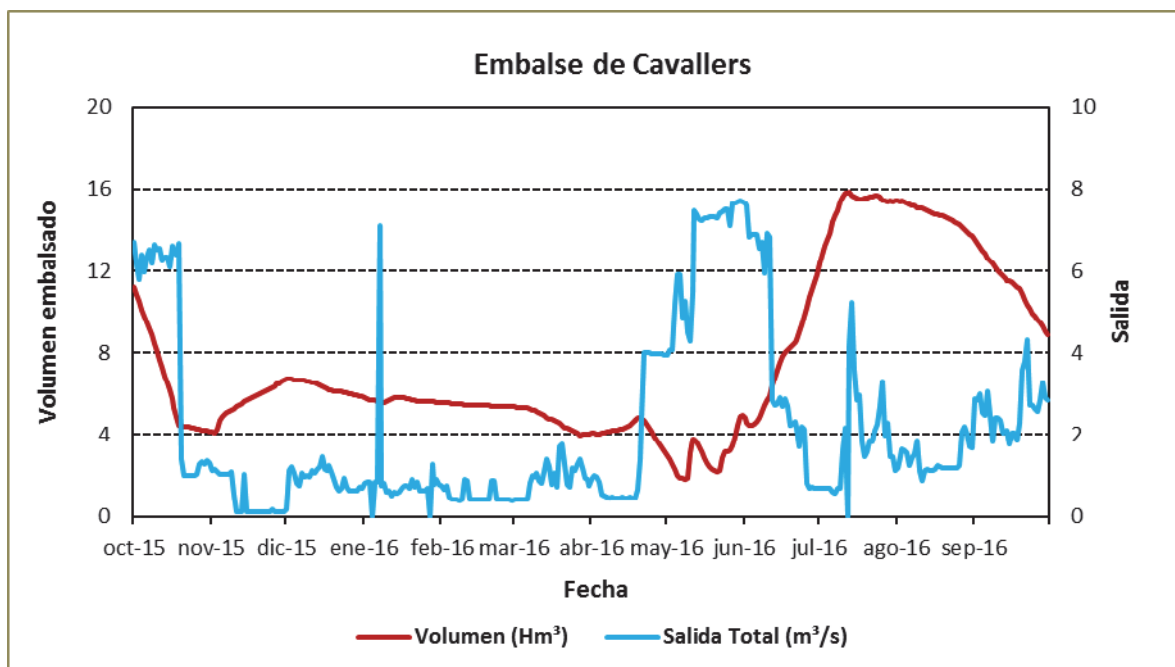


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2016-2015.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a la producción hidroeléctrica, que se suministran a la central hidroeléctrica de Caldas mediante un canal subterráneo instalado en la margen derecha del embalse. La principal actividad recreativa que se efectúa en el embalse es la pesca.

2.4. Registro de zonas protegidas

El estany de Cavallers 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 Zonas de protección de habitats o especies.

Se encuentra ubicado el LIC ES0000022, que coincide con el Parque Nacional de Aigüestortes-Estany de Sant Maurici. La vegetación forma un mosaico de notable diversidad de comunidades vegetales pirenaicas, en función de diversos gradientes ambientales como la altitud (964-3023 metros), el substrato, y la humedad. En general, la fauna es la propia de la

alta montaña pirenaica y destacan la nutria (*Lutra lutra*), el desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*) y el cavilat (*Cottus gobio*) como especies asociadas a ecosistemas acuáticos.

TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo desde la propia presa (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 2 de Agosto de 2016, 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.

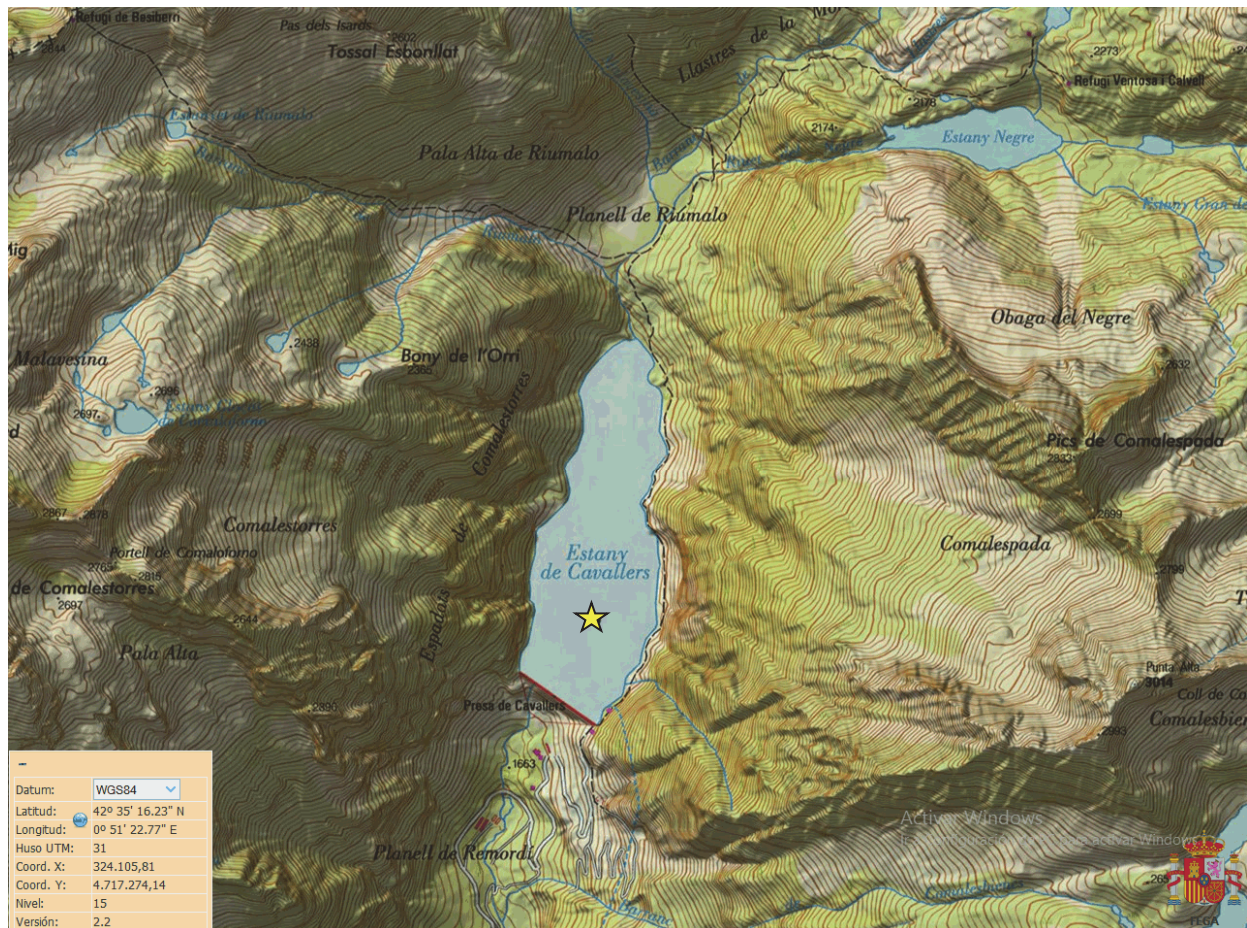
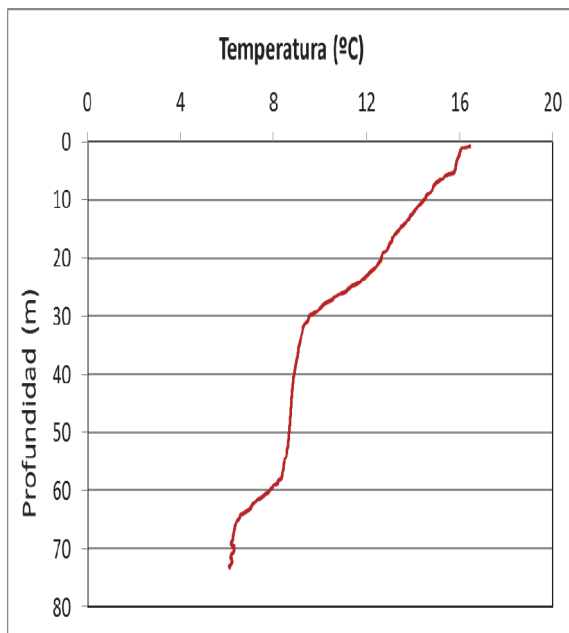


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

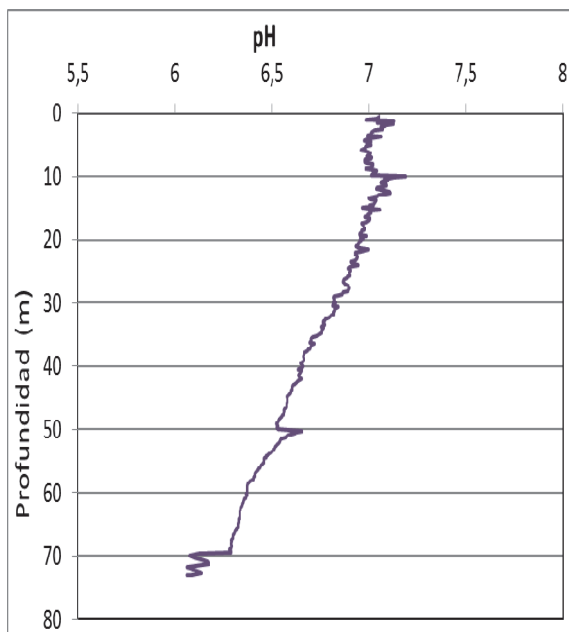
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos con el muestreo realizado desde la presa, por la inaccesibilidad de las orillas del embalse, se desprenden las siguientes apreciaciones:

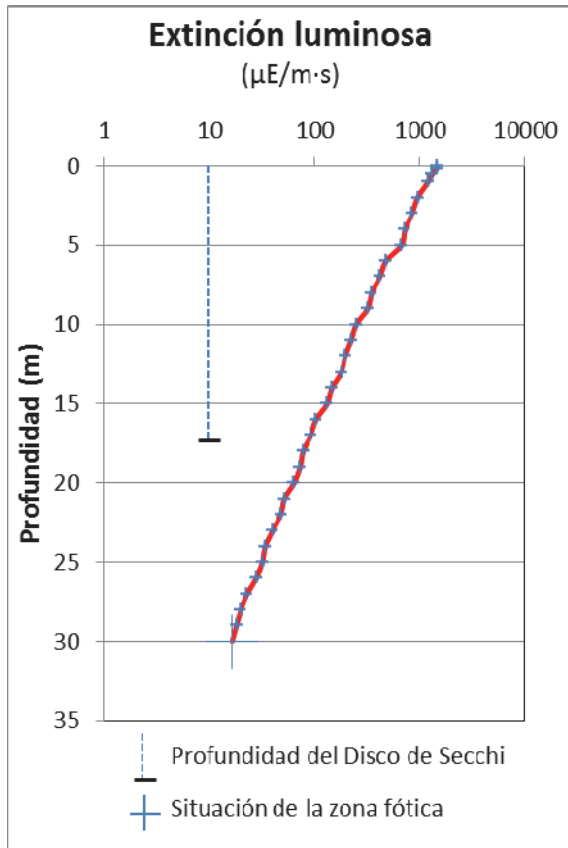


La temperatura del agua oscila entre los 6,11 °C –a 13 m- y los 16,40 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2016), la termoclina se sitúa entre los 20 – 30 metros de profundidad.



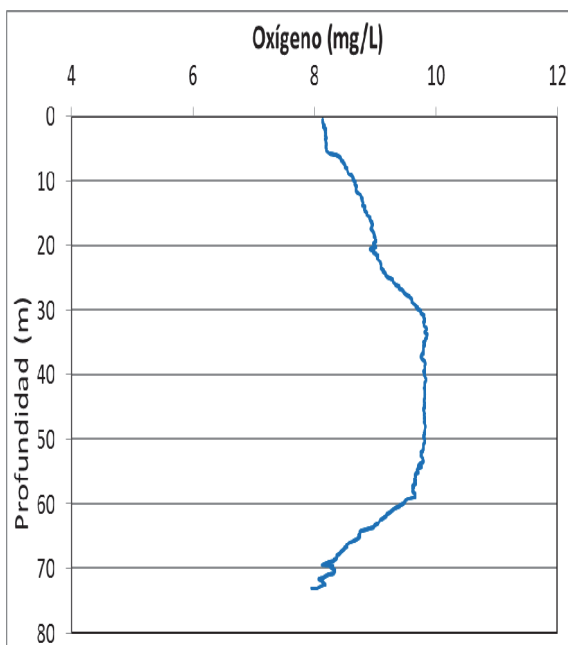
El pH del agua en superficie es 7,1, el máximo epilimnético se sitúa a 10 metros de profundidad con un valor de 7,2. En el fondo del embalse el valor del pH es de 6,1, El mínimo hipolimnético estival.

Figura 3. Perfiles verticales de la temperatura y pH.



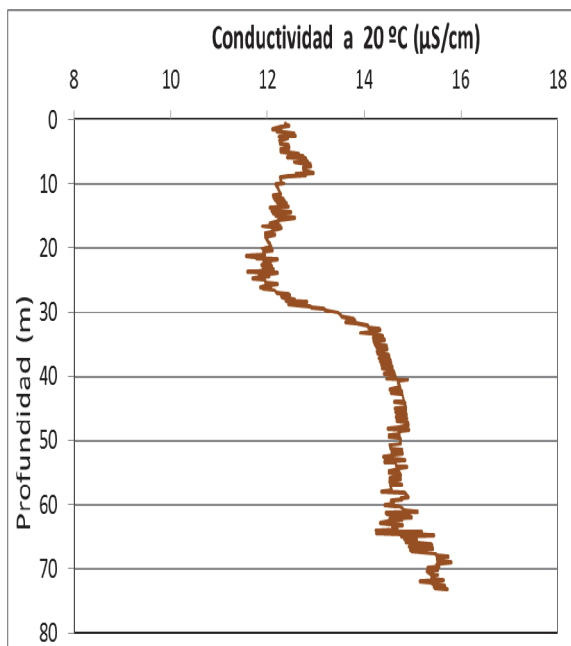
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 17,2 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica que llega hasta los 43,0 m de profundidad. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 34 m, por lo que a efectos de muestreo se considera ese espesor de columna de agua.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 30 m de profundidad) fue de 0,85 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,60 mg/L. La concentración media alcanzada en el hipolimnion es de 9,41 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L).

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



La conductividad del agua es de 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del embalse.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.



3.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2016 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 1,22 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,81 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,25 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,17 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,01 mg NH_4/L .
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,78 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 0,24 meq/L.



3.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 20 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	
CHRYSOPHYCEAE	8
SYNUROPHYCEAE	1
XANTHOPHYCEAE	1
CHLOROPHYTA	6
CRYPTOPHYCEAE	2
DINOPHYCEAE	2

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
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cél./ml	182
BIOVOLUMEN TOTAL	µm ³ /ml	45832
Diversidad Shannon-Wiener		3,52
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Chlorophyceae
Nº células/ml		86
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Crucigeniella rectangularis</i>
Nº células/ml		30
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Dinophyceae
µm ³ /ml		19883
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Gymnodinium uberrimum</i>
µm ³ /ml		19545

La concentración de clorofila fue de 0,93 µg/L en la muestra integrada, cuya profundidad se ha señalado con una línea roja en la figura 6. Se observa en el perfil determinado por fluorimetría, un máximo a 17 m con una concentración de 1,4 µg/L.

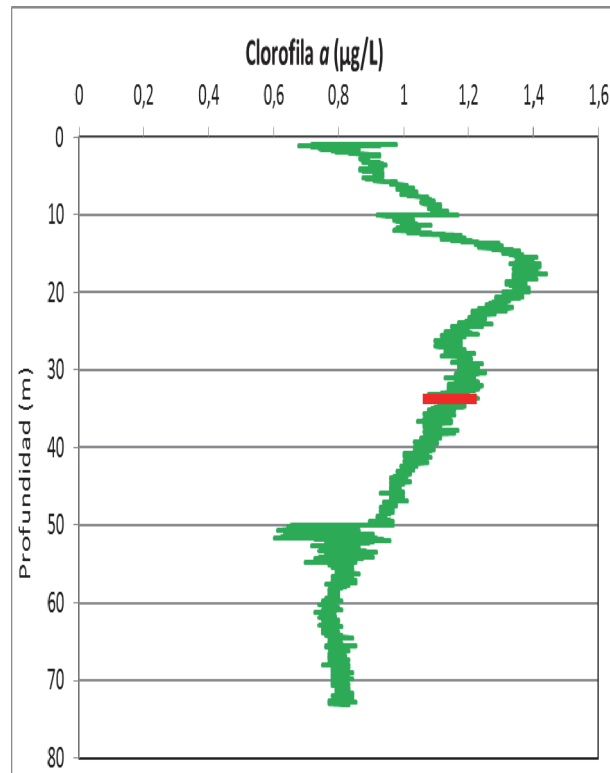


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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, se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	(1 al 5)
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
STEPNEOA0	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>			1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
TABEFLOC0	<i>Tabellaria flocculosa</i>			1
	CHRYSOPHYCEAE			
BITRCHOD0	<i>Bitrichia chodatii</i>	14,64	1916,77	1
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	24,56	786,00	
CHRYPLAN0	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	0,47	43,28	



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
DINOBAVA0	<i>Dinobryon bavaricum</i>	4,72	822,97	1
DINOSERT0	<i>Dinobryon sertularia</i>	7,56	1077,35	
KEPHLIT0	<i>Kephyrion littorale</i>	1,42	71,23	
OCHROGEN0	<i>Ochromonas</i> sp.	7,09	1272,49	
STICDOED0	<i>Stichogloea doederleinii</i>	6,61	1357,32	2
	SYNUROPHYCEAE			
MALLOVIF0	<i>Mallomonas oviformis</i> (=Mallomonopsis oviformis)			2
MALLTONS0	<i>Mallomonas tonsurata</i>	6,14	12037,79	
	XANTHOPHYCEAE			
TRACLENT0	<i>Trachydiscus lenticularis</i>	1,42	133,56	
	CHLOROPHYTA			
CRUCRECT0	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	30,23	1934,77	2
ELAKGELA0	<i>Elakathrix gelatinosa</i>	28,81	1222,03	2
OOCYLACU0	<i>Oocystis lacustris</i>	7,56	443,21	2
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	0,47	106,84	2
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	18,89	633,15	4
TETRMEDI0	<i>Tetraedron mediocris</i>	0,47	23,19	
TETRKOMA0	<i>Tetrastrum komarekii</i>			2
	ZYGNEMATOPHYCEAE			
STAUPARA0	<i>Staurostrum paradoxum</i>			1
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>	0,33	457,36	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris	19,37	1609,35	
	DINOPHYCEAE			
GYMNUBER0	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	1,48	19545,08	1
KATODGEN0	<i>Katodinium</i> sp.	0,47	338,34	
PERICINC0	<i>Peridinium cinctum</i>			1
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	67,07	7347,40	
	TOTALES SYNUROPHYCEAE	6,14	12037,79	
	TOTALES XANTHOPHYCEAE	1,42	133,56	
	TOTALES CHLOROPHYTA	86,44	4363,19	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	19,69	2066,71	
	TOTALES DINOPHYCEAE	1,95	19883,42	
	TOTALES ALGAS	182,72	45832,07	

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

Clases de abundancia	% de presencia	Clases de abundancia	% de presencia
1	<9	4	61-99
2	oct-24	5	>99
3	25-60		



3.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del estany de Cavallers se han identificado un total de 12 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 2 Cladocera
- 2 Copepoda
- 8 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	17,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	80,58
BIOMASA TOTAL	µg/L	109,91
Diversidad Shannon-Wiener		2,40
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		48,46
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Kellicotia longispina longispina</i>
individuos/L		30,00
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		103,60
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>
µg/L		90,62
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 30 m
CLADÓCEROS: 41,30%	COPÉPODOS: 8,52 %	ROTÍFEROS: 50,18 %



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			
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>	23,85	90,62	24,60
HOLOGIBB0	<i>Holopedium gibberum</i>	5,19	12,98	16,69
	COPÉPODOS			
CYCLABYS0	<i>Cyclops abyssorum</i>			0,13
EUDIVULG0	<i>Eudiaptomus vulgaris</i>	0,19	2,12	3,12
CYCLOPFAM	Ciclópido	2,88	1,30	5,27
	ROTÍFEROS			
ASCOECAU0	<i>Ascomorpha ecaudis</i>			0,09
ASCOSALT0	<i>Ascomorpha saltans</i>	0,38	0,02	0,88
CEPHGIBB0	<i>Cephalodella gibba</i>	0,19	0,01	0,01
COLLPELA0	<i>Collotheca pelagica</i>	10,00	0,30	6,15
CONOUNIC0	<i>Conochilus unicornis</i>	0,77	0,08	3,51
GASTSTYLO	<i>Gastropus stylifer</i>	2,31	0,46	5,27
KELLOLON1	<i>Kellicotia longispina longispina</i>	30,00	1,65	23,72
PLOELEN0	<i>Ploesoma hudsoni</i>	0,19	0,17	0,88
POLYVULG0	<i>Polyarthra vulgaris</i>	4,62	0,21	9,67
	Total Cladóceros	29,04	103,60	41,30
	Total Copépodos	3,08	3,41	8,52
	Total Rotíferos	48,46	2,90	50,18
	Total	80,58	109,91	100

4. 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	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

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 estany de Cavallers.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	1,22	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,93	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	17,2	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	183	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	1,25	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, fósforo total (PT), concentración de clorofila *a* y transparencia (DS) clasifican al embalse como ultraoligotrófico. Mientras que la densidad algal determina para el embalse un estado de oligotrofia. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el estany de CAVALLERS ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

5. 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	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	< 10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵	
		Biomasa algal, Clorofila <i>a</i> (µg/L)	< 2,5	2,5-8	8,0-25	>25	
		Biovolumen algal (mm ³ /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		
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			< 2,6	2,6 - 3,4	3,4 - 4,2	> 4,2	
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 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)			Muy bueno	Bueno	Moderado		
			< 1,6	1,6 - 2,4	> 2,4		

(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 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 estany de Cavallers.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	183	Bueno o superior
		Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0,93	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm^3/L)	0,05	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,66	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	4,51	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,24	Bueno o superior
		Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)	8,38	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	6,78	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	17,2	Muy bueno
	Oxigenación	O_2 hipolimnética ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	9,42	Muy bueno
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	1,22	Muy bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			1,0	MUY BUENO
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 (RD 817/2015).

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 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	≥ 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101	
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	≥ 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087	
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326	
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31	
			Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
INDICADOR BIOLÓGICO			> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	< 0,2	
			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 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
			MUY BUENO	BUENO	MODERADO		
INDICADOR FISICOQUÍMICO			< 1,6	1,6 – 2,4	> 2,4		

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 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_{norm}*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.



Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (*PE_{norm}*) del estany de Cavallers.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,93	2,26	1,72	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,05	9,38	5,53	Bueno o superior
			Media			3,63	
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	0,17	1,002	1,04	Bueno o superior
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	0,00	1,00	1,00	Bueno o superior
			Media			1,02	
Media global						2,33	
INDICADOR BIOLÓGICO				2,33		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	17,2			Muy bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,42			Muy bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	1,22			Muy bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				1,0		MUY BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				BUENO O SUPERIOR			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista del punto de acceso al embalse



Figura 8. Vista de la cola del embalse