



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2017

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

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE LLAUSET



**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



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 EMBALSE DE LLAUSET

AÑO DE EJECUCIÓN:

2017

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2017



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista panorámica del embalse de Llauset.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2017). 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 2014-2017.	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 y de la materia orgánica cromofórica	13
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	16
Figura 7. Fotografía de la presa del embalse	27
Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Llauset	8
Tabla 2. Concentración de los diferentes nutrientes analizados en las muestras integradas	14
Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton	15
Tabla 4. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton	16
Tabla 5. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton	18
Tabla 6. Composición detallada de la comunidad de zooplancton	19
Tabla 7. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	20
Tabla 8. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Llauset	20
Tabla 9. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	21
Tabla 10. Combinación de los indicadores	22
Tabla 11. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Llauset.	22
Tabla 12. 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 13. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	24
Tabla 14. Combinación de los indicadores	24
Tabla 15. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Llauset.	25



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Llauset durante los muestreos de 2017 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 2017, correspondiente al año hidrológico 2014-2017).

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 de Llauset se sitúa en el extremo oriental del Pirineo Aragonés, correspondiente a la zona axial pirenaica. Se caracteriza por la presencia de macizos graníticos afectados por la acción glaciaria con abundantes lagos de alta montaña (ibones).

El embalse de Llauset, cuya presa fue terminada en 1983, se sitúa en la localidad de Montanuy, provincia de Huesca. Regula, principalmente, las aguas del río Llauset, aunque también puede recibir aportes del embalse de Baserca, a través del canal reversible de

Moralet, y, en menor medida, del Lago Botornés situado, aproximadamente, 1 km aguas arriba de Llauset.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones, cuya morfología, muy homogénea, no presenta variaciones destacables en el eje longitudinal.

La cuenca vertiente al embalse de Llauset tiene una superficie total de 778,52 ha, de las cuales 500 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 45 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 17 hm³. Tiene una profundidad media de 30,8 m, mientras que la profundidad máxima, medida en campo, ha alcanzado los 77 m.

En la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse y subcuencas.

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Llauset.

Superficie de la cuenca total (ha)	778,52
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	500
Superficie del embalse (ha)	45
Longitud máxima del embalse (km)	1,3
Capacidad total (hm ³)	17
Capacidad útil (hm ³)	15
Profundidad máxima (m)	77
Profundidad media (m)	30,8
Perímetro en máximo nivel (km)	3
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	2 189
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	2131; 2189

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 momento del muestreo son existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 28 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el disco de Secchi determina que la zona fótica llegaría hasta los 37,5 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Llauset para el año hidrológico 2014-2017 fue de 1,17 meses.

En la figura 1 se presentan los valores del volumen embalsado y salida media diaria correspondientes al año hidrológico 2014-2017.

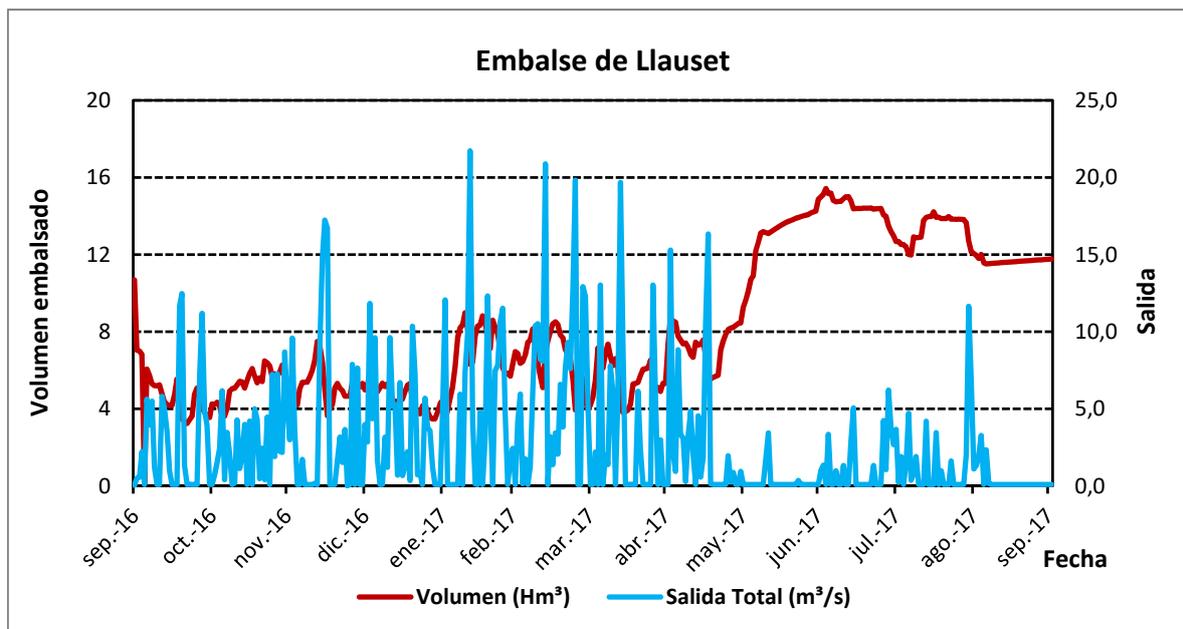


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2017-2014.

2.3. Usos del agua

El uso principal de sus aguas es la producción hidroeléctrica. Sus aguas pueden derivarse, con éste fin, a la central de Moralet y al embalse de Baserca mediante un canal reversible.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Llauset 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 hábitats o especies. Queda englobado en el LIC y la ZEPA ES0000149 "Posets-Maladeta", área que coincide con el Parque Natural Posets Maladeta. Este parque alberga el mayor número de cumbres que superan los tres mil metros de altitud, los glaciares más extensos de los Pirineos, cerca de un centenar de ibones y algunas especies de flora y fauna en peligro de extinción. Entre la fauna asociada a medios acuáticos destaca la nutria (*Lutra lutra*) y el desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*).

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 11 de Julio de 2017, 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.

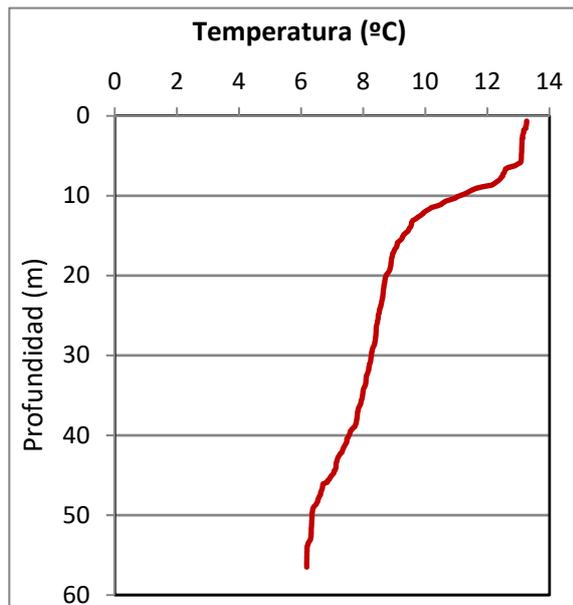


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

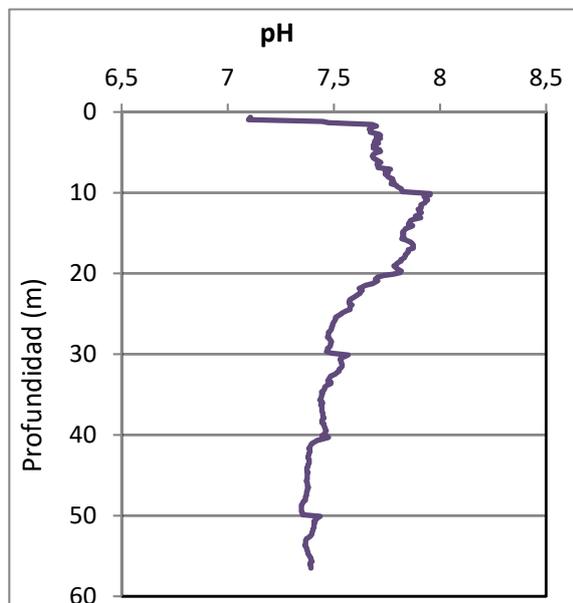
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

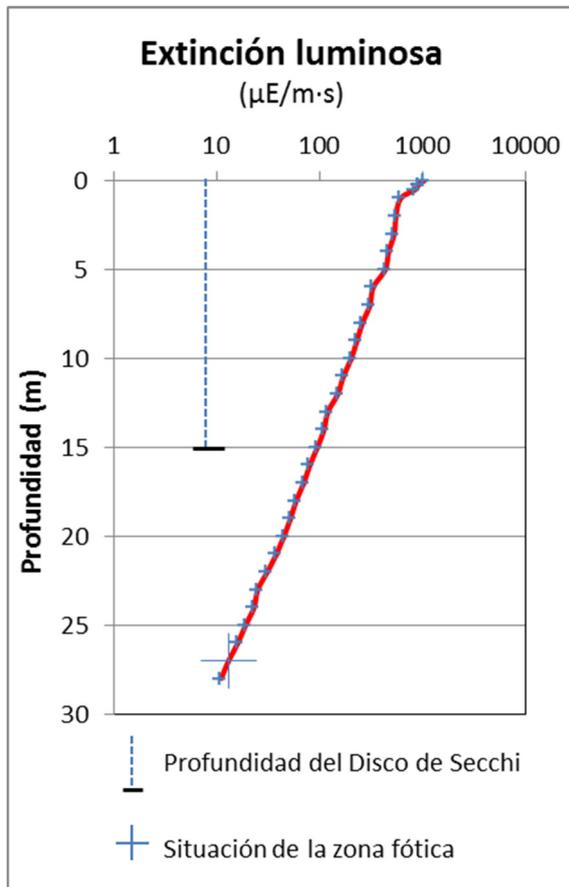


La temperatura del agua oscila entre los 6,18 °C – en el fondo- y los 13,27 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2017) no existe termoclina.



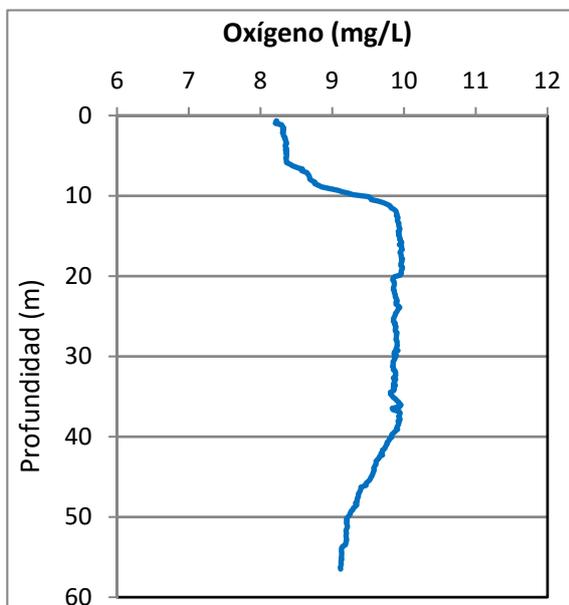
El pH del agua en superficie es 7,1. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,39. El valor máximo se observa sobre los 10 m de profundidad con un pH de 7,95.

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



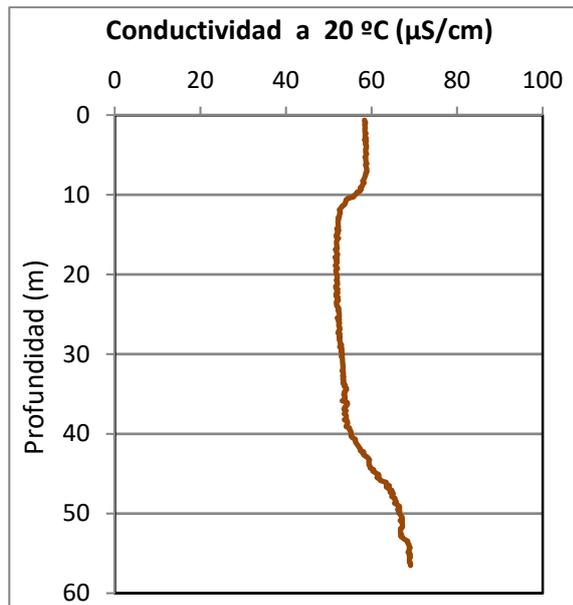
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 15,0 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica que llega hasta los 37,5 m de profundidad. El valor registrado mediante el medidor de PAR ha sido de 28 metros de profundidad.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 28 m de profundidad) fue de 0,76 UAF.

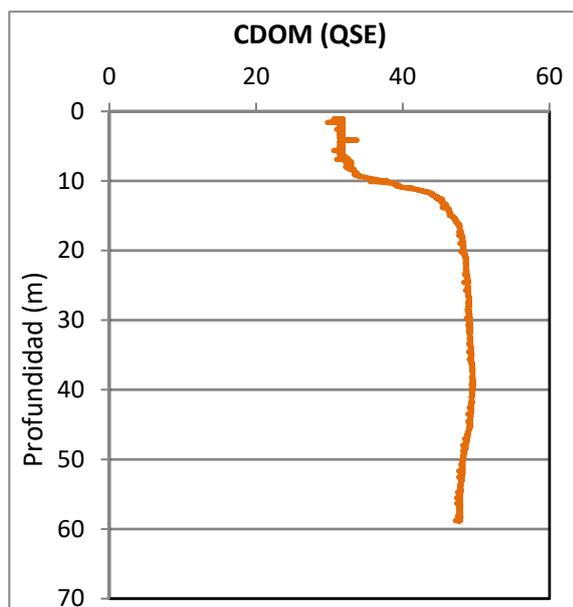


Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el punto de muestreo alcanzan una concentración media de 9,48 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L).

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



La conductividad del agua es de 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y un valor de 69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del embalse. Son valores muy bajos de conductividad y propios de la zona donde se ubica el embalse.



El CDOM del agua es de 32 QSE (equivalentes de sulfato de quinina) en la superficie y de 48 QSE en el fondo.

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



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2017 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	28,0
AMONIO	mg NH ₄ /L	0,012
FÓSFORO TOTAL	µg P/L	2,41
FÓSFORO SOLUBLE	µg P/L	2,20
NIO (NO ₃ + NO ₂)	mg N/L	0,23
NITRÓGENO TOTAL	mg N/L	0,26
SÍLICE	mg SiO ₂ /L	3,03
ALCALINIDAD	meq/L	0,60



4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 26 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	6
CHRYSOPHYCEAE	6
SYNUROPHYCEAE	2
CHLOROPHYTA	3
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	5

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
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cel./ml	291
BIOVOLUMEN TOTAL	µm³/ml	125802
Diversidad Shannon-Wiener		2,73
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		183
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Fragilaria</i> sp.
Nº células/ml		123
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Bacillariophyceae
µm³/ml		78027
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Fragilaria</i> sp.
µm³/ml		44637

La concentración de clorofila fue de 0,68 µg/L en la muestra integrada (profundidad señalada en la figura 6 con una línea roja).

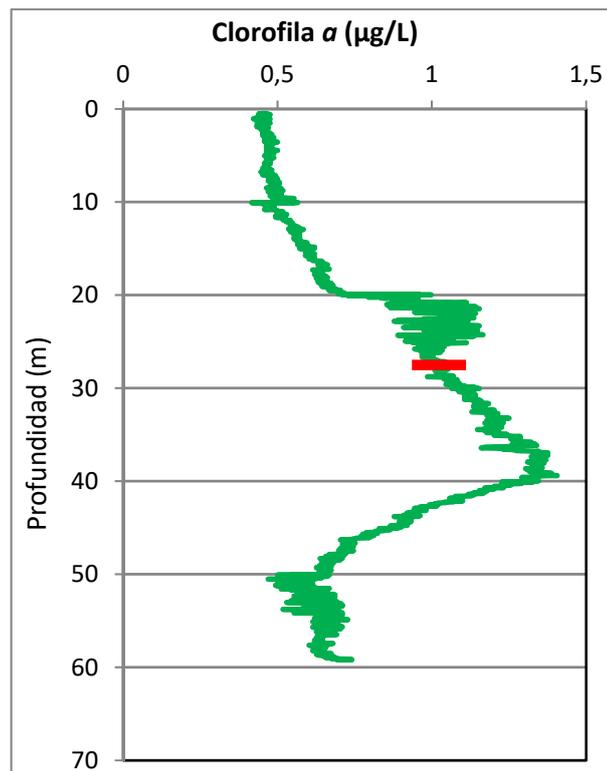


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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	µm ³ /ml	(1 al 5)
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
CYCLOCEL0	<i>Cyclotella ocellata (Lindavia ocellata)</i>	2,95	1.159,34	
CYCLRADI0	<i>Cyclotella radiosa (=Lindavia radiosa)</i>			1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
ASTEFORM0	<i>Asterionella formosa</i>	6,60	4.754,64	4
CYMBAFFI0	<i>Cymbella affinis</i>	0,10	61,25	
FRAGCAPU0	<i>Fragilaria capucina</i>	7,09	4.407,33	
FRAGIGEN0	<i>Fragilaria sp.</i>	123,99	44.637,60	
FRAGTENE0	<i>Fragilaria tenera</i>	42,51	23.007,50	2
FRAULACU2	<i>Ulnaria acus (=Fragilaria ulna var. acus)</i>			3
	CHRYSOPHYCEAE			
BITRCHOD0	<i>Bitrichia chodatii</i>	1,18	154,58	
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina sp.</i>	5,31	170,05	1
CHRYCGEN0	<i>Chrysococcus sp.</i>	3,54	1.854,94	
CHRYPLAN0	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	1,18	108,20	
DINOBAVA0	<i>Dinobryon bavaricum</i>	1,18	205,74	2
DINOSERT0	<i>Dinobryon sertularia</i>	16,53	2.356,70	2



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	(1 al 5)
OCHROGEN0	<i>Ochromonas</i> sp.			2
	SYNUROPHYCEAE			
MALLMINU0	<i>Mallomonas minuta</i>	1,34	1.188,44	1
MALLTONS0	<i>Mallomonas tonsurata</i>	0,38	750,47	
	CHLOROPHYTA			
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.	1,77	318,12	1
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	2,36	29,68	
TETRMEDI0	<i>Tetraedron mediacris</i>	3,54	173,90	
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	0,59	1.411,32	1
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>			1
CRYPHAS0	<i>Cryptomonas phaseolus</i>	1,18	244,85	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis (=Rhodomonas) lacustris</i>	59,04	7.976,23	
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)</i>	1,77	76,67	
	DINOPHYCEAE			
CERHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,29	14.303,30	
GYMNHV0	<i>Gymnodinium helveticum</i>	0,67	5.524,76	
GYMNUBER0	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	0,10	1.266,81	1
GYMNWAWR0	<i>Gymnodinium wawriake</i>	5,31	8.814,66	
KATODGEN0	<i>Katodinium</i> sp.	1,18	845,85	
PERICINC0	<i>Peridinium cinctum</i>			1
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	183,24	78.027,65	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	28,93	4.850,21	
	TOTALES SYNUROPHYCEAE	1,72	1.938,90	
	TOTALES CHLOROPHYTA	7,68	521,70	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	62,59	9.709,07	
	TOTALES DINOPHYCEAE	7,55	30.755,37	
	TOTALES ALGAS	291,71	125.802,91	

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 Llauset 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 5.

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	23,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	27,88
BIOMASA TOTAL	µg/L	12,05
Diversidad Shannon-Wiener		2,57
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		25,00
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Synchaeta oblonga</i>
individuos/L		13,46
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		8,77
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>
µg/L		7,31
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 30 m
CLADÓCEROS: 3,17 %	COPÉPODOS: 15,87 %	ROTÍFEROS: 80,95 %

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)
	CLADÓCEROS			
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>	1,92	7,31	1
DAPHROSE0	<i>Daphnia rosea</i>	0,38	1,46	1
	COPÉPODOS			
CYCLABYS0	<i>Cyclops abyssorum</i>			1
MACRALBI0	<i>Macrocyclus albidus</i>	0,19	1,54	
EUDIVULG0	<i>Eudiaptomus vulgaris</i>			1
CYCLOPFAM	Fam. Cyclopidae	0,38	0,23	2
	ROTÍFEROS			
ASCOSALT0	<i>Ascomorpha saltans</i>			1
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>			1
CONONATA0	<i>Conochilus natans</i>	0,38	0,04	
GASTSTYL0	<i>Gastropus stylifer</i>	1,54	0,31	1
KELLOLON1	<i>Kellicotia longispina longispina</i>	2,31	0,13	2
KERACOCH0	<i>Keratella cochlearis</i>	1,54	0,08	1
NOTHSQUA0	<i>Notholca squamula</i>	0,38	0,02	1
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	3,08	0,16	2
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>			1
SYNCKITI0	<i>Synchaeta kitina</i>	2,31	0,12	1
SYNCOBLO0	<i>Synchaeta oblonga</i>	13,46	0,67	2
SYNCSTYL0	<i>Synchaeta stylata</i>			1
	Total Cladóceros	2,31	8,77	3,17
	Total Copépodos	0,57	1,77	15,87
	Total Rotíferos	25,00	1,51	80,95
	Total	27,88	12,05	100

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

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 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 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 Llauset.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	2,41	Ultraoligotrófico
CLOROFILA a	0,68	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	15,00	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	292	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 embalse de LLAUSET ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PE_{exp}*)

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 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 10.

Tabla 10. 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 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 Llauset.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	292	Bueno o superior
		Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0,68	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,13	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,29	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	4,19	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,43	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	5,94	Bueno o superior
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	4,63	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO			2	BUENO O SUPERIOR
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	15,0	Muy bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,48	Muy bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,41	Muy bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			1	MUY BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO O SUPERIOR

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 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 817/2015).

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

Tabla 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)	≥ 0,304	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 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 Llauset.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,68	3,07	2,19	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,13	3,42	2,31	Bueno o superior
			Media			2,25	
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,09	1,003	1,05	Bueno o superior
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	1,00	1,00	Bueno o superior
			Media			1,02	
Media global						1,64	
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	15,0			Muy bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,48			Muy bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,41			Muy bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				1		MUY BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				BUENO O SUPERIOR			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse



Figura 8. Vista del punto de acceso al embalse