



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

EMBALSE DE LLAUSET

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE	1
2.1. Ámbito geográfico	1
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	5
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
4.1. Características físico-químicas de las aguas	7
4.2. Hidroquímica del embalse	9
4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores	11
4.3.1. Cualidad bioindicadora	14
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	14
6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	15
ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS	
ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS	
ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS	
REPORTAJE FOTOGRÁFICO	
APÉNDICE 1. FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE	

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Llauset y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidráulicos, físico-químicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Definición del "Potencial Ecológico", tras la aplicación de indicadores biológicos y físico-químicos propuestos en la Directiva Marco de Aguas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito 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 glaciar con abundantes lagos de alta montaña (ibones).

El embalse de Llauset, cuya presa fue terminada en 1.983, 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 el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas

Superficie de la cuenca total (ha)	778,52
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
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)	2 131,8; 2 189

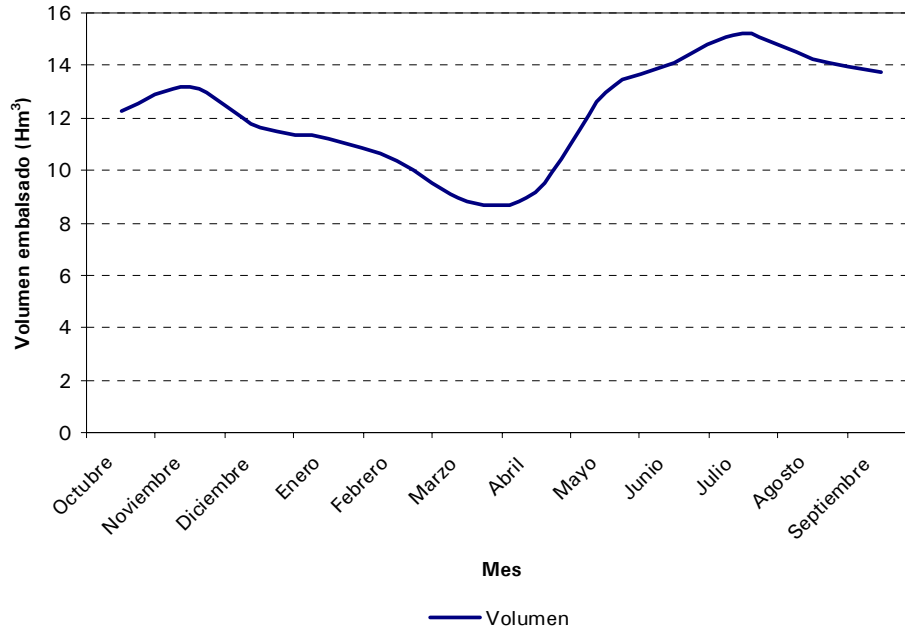
En el periodo estival la termoclina se sitúa entre los 8 y 9 metros de profundidad, mientras que la capa fótica oscila entre los 13 y los 18 m de espesor.

En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
201-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	12,25	-	-	-	-
Noviembre	13,21	-	-	-	-
Diciembre	11,64	-	-	-	-
Enero	11,20	-	-	-	-
Febrero	10,38	-	-	-	-
Marzo	8,79	-	-	-	-
Abril	9,16	-	-	-	-
Mayo	12,96	-	-	-	-
Junio	14,08	-	-	-	-
Julio	15,23	-	-	-	-
Agosto	14,21	-	-	-	-
Septiembre	13,78	-	-	-	-
Total anual	12,24	-	-	-	-

El volumen medio que presenta el embalse para el periodo tratado (2001-2005) es de 12,24 hm³, lo que representa un 72% de su capacidad total. En el gráfico siguiente puede apreciarse que son los meses primaverales (marzo y abril) cuando el embalse presenta un menor volumen, siendo el de marzo el que presenta el mínimo (8,79 hm³), lo que supone un 52% de su capacidad total. Por su parte, el volumen máximo se da en julio (15,23 hm³), lo que significa que el embalse se encuentra al 90% de su capacidad total.

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua

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 habitats 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. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo

1ª Campaña	05/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	18/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	13/04/2004	Inaccesible
4ª Campaña	20/07/2005	Estratificación

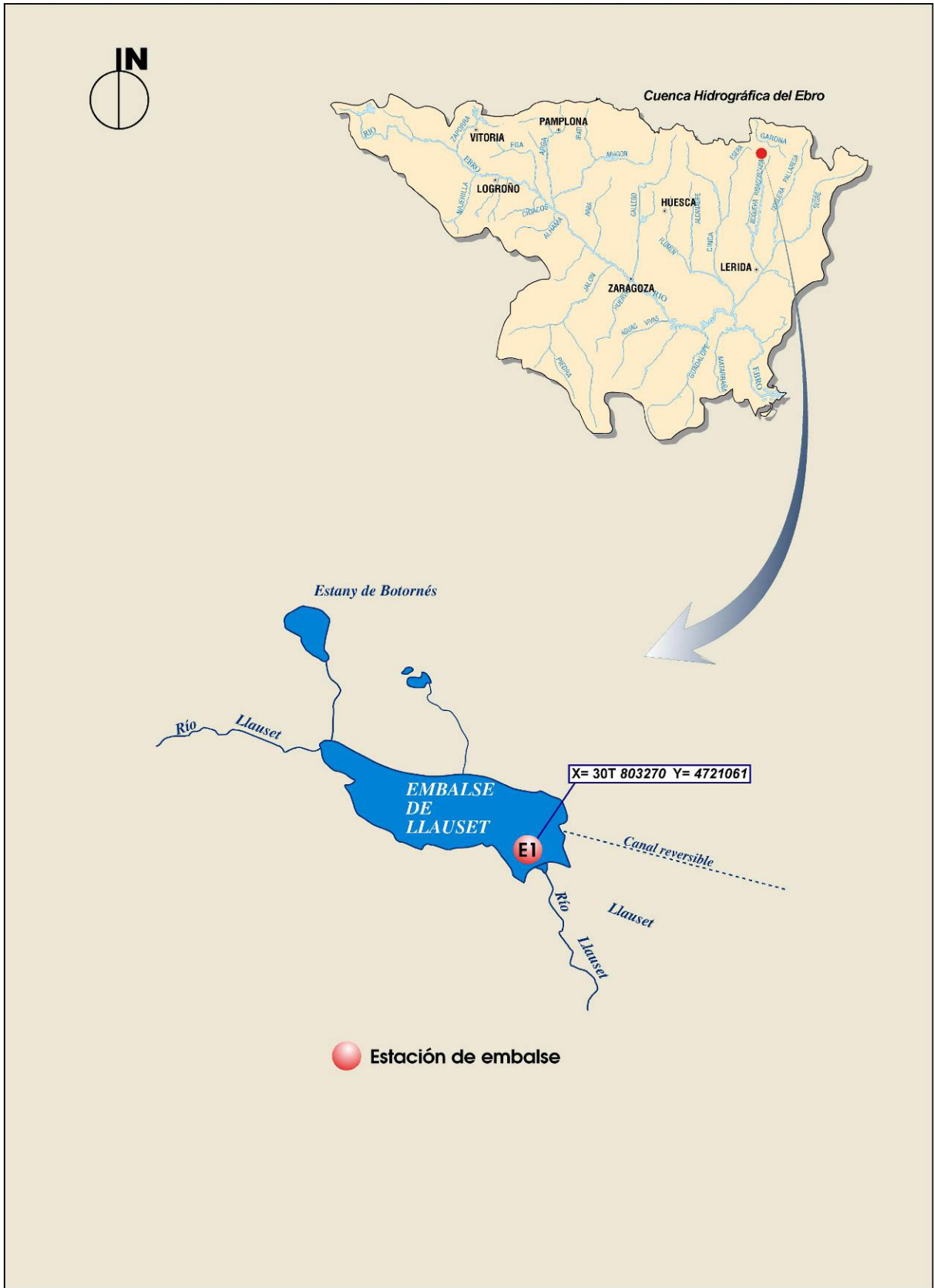


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Llauset

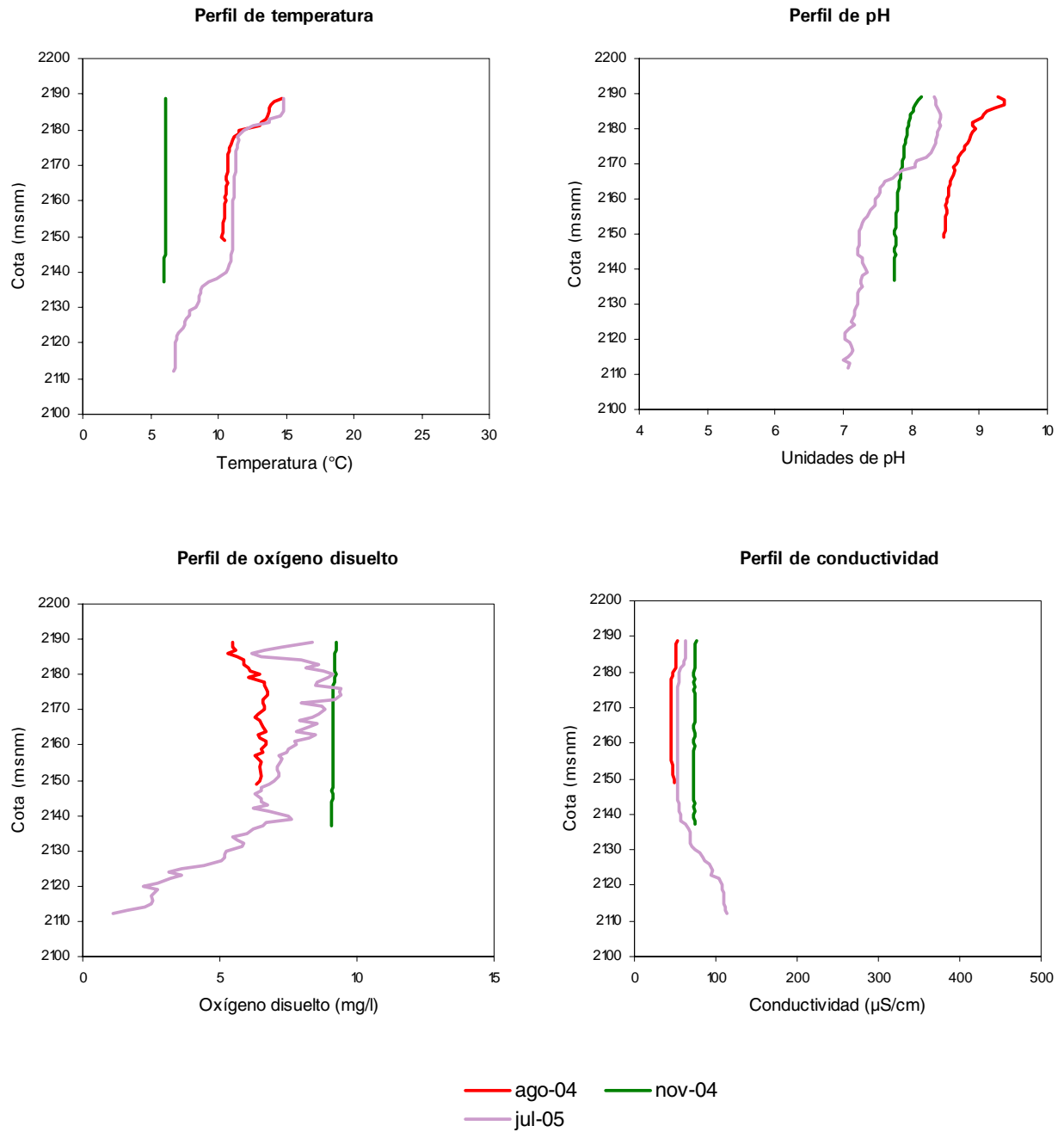
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 6 °C –mínimo invernal- y los 14,8 °C, -máximo registrado en el estío-. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre los 8 y 9 m de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 7,9 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,36 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,01 ud.
- La transparencia del agua es alta, con un registro medio en la lectura de disco de Secchi de 9,17 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 18 metros. El mínimo (8 m) se registra en verano de 2004, mientras que el máximo (11 m) se registra en julio de 2005.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,26 mg/l O₂. El mínimo, 1,12 mg/l O₂ se registra en la campaña de julio de 2005 y en el último metro de profundidad. El máximo, 9,43 mg/l O₂, se da en ésta misma campaña y a 15 m de profundidad. En invierno la concentración para toda la columna de agua se sitúa en torno a 9 mg/l O₂.
- La conductividad de las aguas es baja, situándose la media anual en 64,5 μS/cm. En verano de 2005 se aprecia un ligero incremento con la profundidad, registrándose el máximo, 113 μS/cm, en el último metro de profundidad. El registro mínimo adquiere un valor de 45,3 μS/cm.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

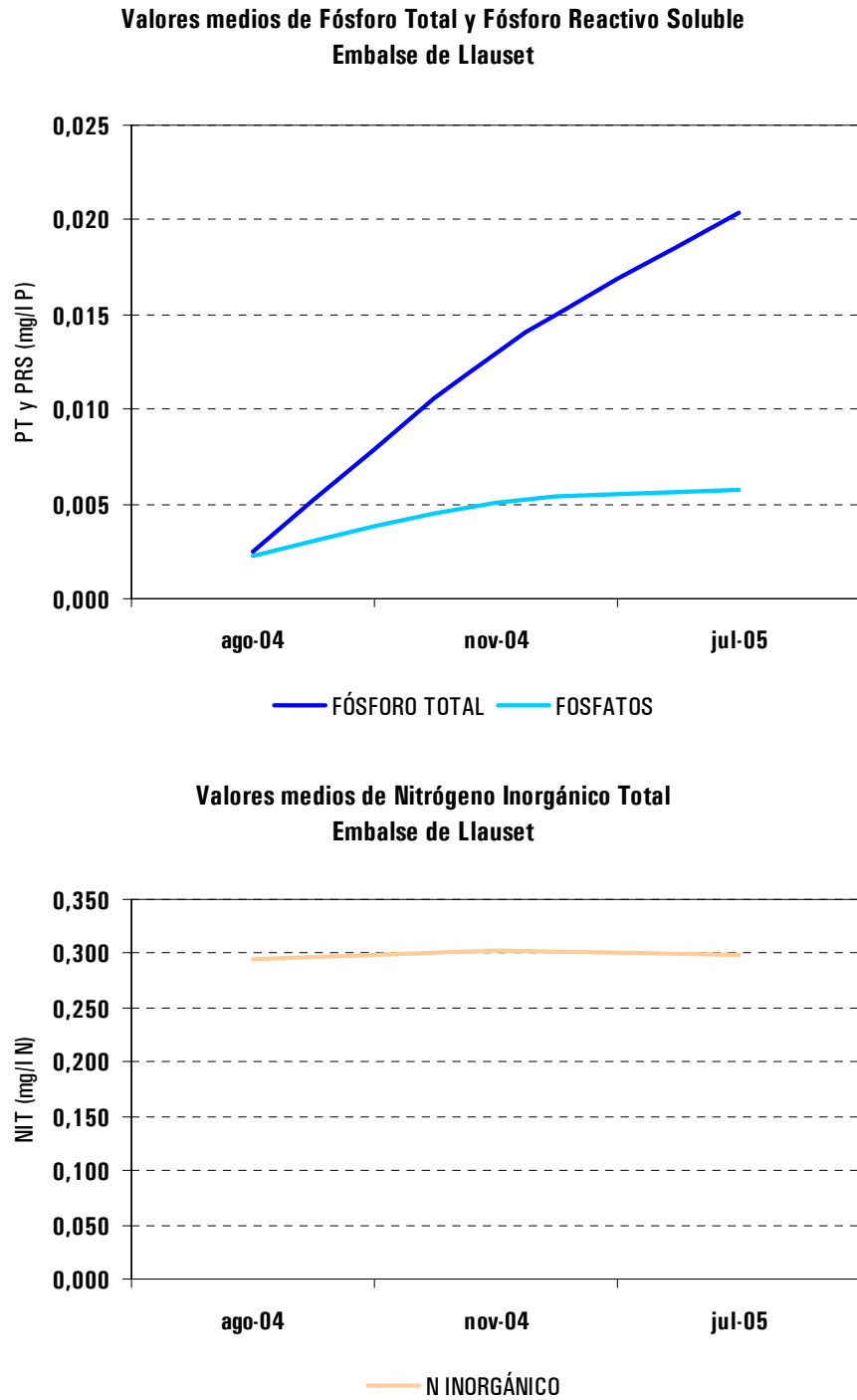
- Las concentraciones de nutrientes que ha presentado el embalse son moderadas.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,012 mg/l P. Los valores oscilan entre 0,003 mg/l P, mínimo localizado en verano 2004, y 0,020 mg/l P, máximo en verano de 2005 éste último valor aumenta ostensiblemente debido a la muestra de fondo, donde se registra el máximo absoluto 0,035 mg/l P. Los ortofosfatos han mantenido la misma pauta, oscilando entre unos valores de 0,006 y 0,008 mg/l P.

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,30 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la predominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 91\%$), siendo la proporciones de amonio alta y nitritos pequeñas ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 8\%$; $\text{NO}_2/\text{NIT} = 1\%$). La concentración de NIT no ha presentado variaciones interanuales ostensibles, oscilando los valores medios entre 0,29 y 0,30 mg/l N.

- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo obteniendo con unos valores medios de 1,5 y 11,1 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente. Cabe citar que en verano de 2005 los valores de materia orgánica han resultado moderados, 5,7 y 23,8 mg/l O₂ para la DBO y la DQO.
- Las aguas embalsadas se encuentran poco mineralizadas, siendo la concentración del catión predominante, calcio de 9,1 mg/l Ca (valor medio para la columna de agua).

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



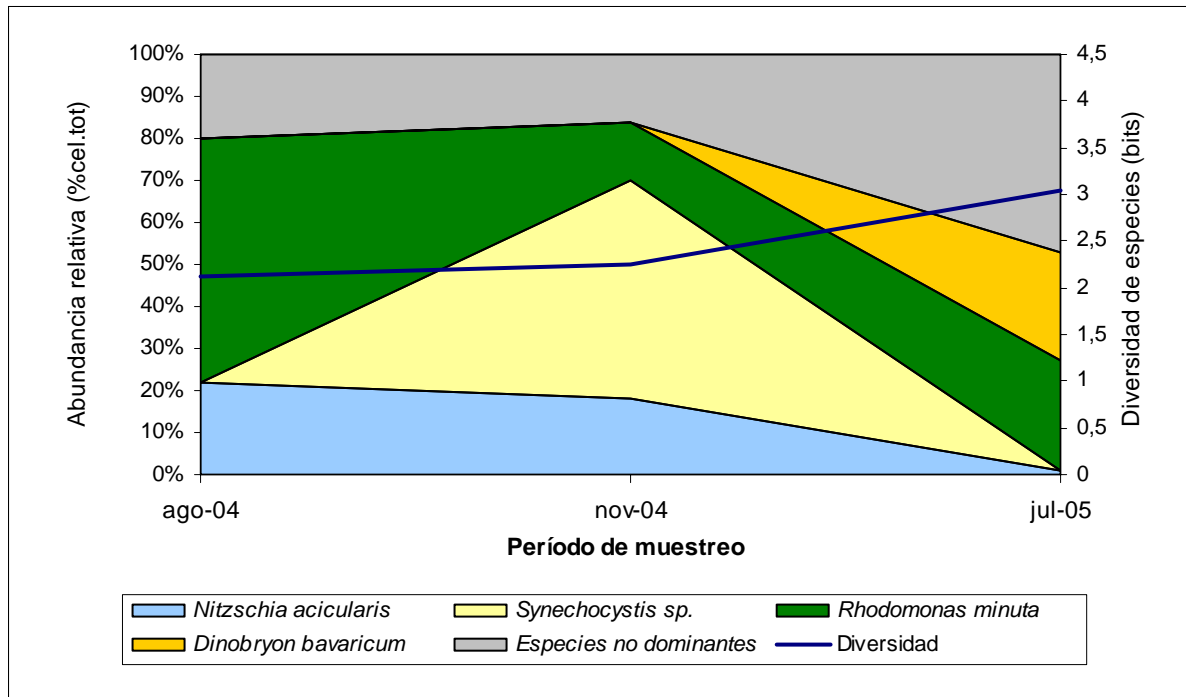
4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 32 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 11 diatomeas
- 1 cianobacterias
- 13 clorofíceas
- 2 criptofíceas
- 3 crisofíceas
- 2 dinofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 4 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

Figura 5: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal


La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

Durante el primer período estival, la comunidad fitoplanctónica tiene un valor de densidad muy reducido -146 cel/ml-. Los grupos algales más abundantes son las criptofíceas y diatomeas, y dentro de estos la especie mayoritaria es *Rhodomonas minuta* -representa el 58% de la densidad total- seguida en abundancia de la diatomea *Nitzschia acicularis*. Durante todo el periodo de estudio no se observa ninguna especie con dominancia fuerte, pero tampoco se identifica un gran número de especies, lo que mantiene la diversidad en valores moderados. Esta situación se refleja en el mínimo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver registrado en este periodo -2,12 bits-.

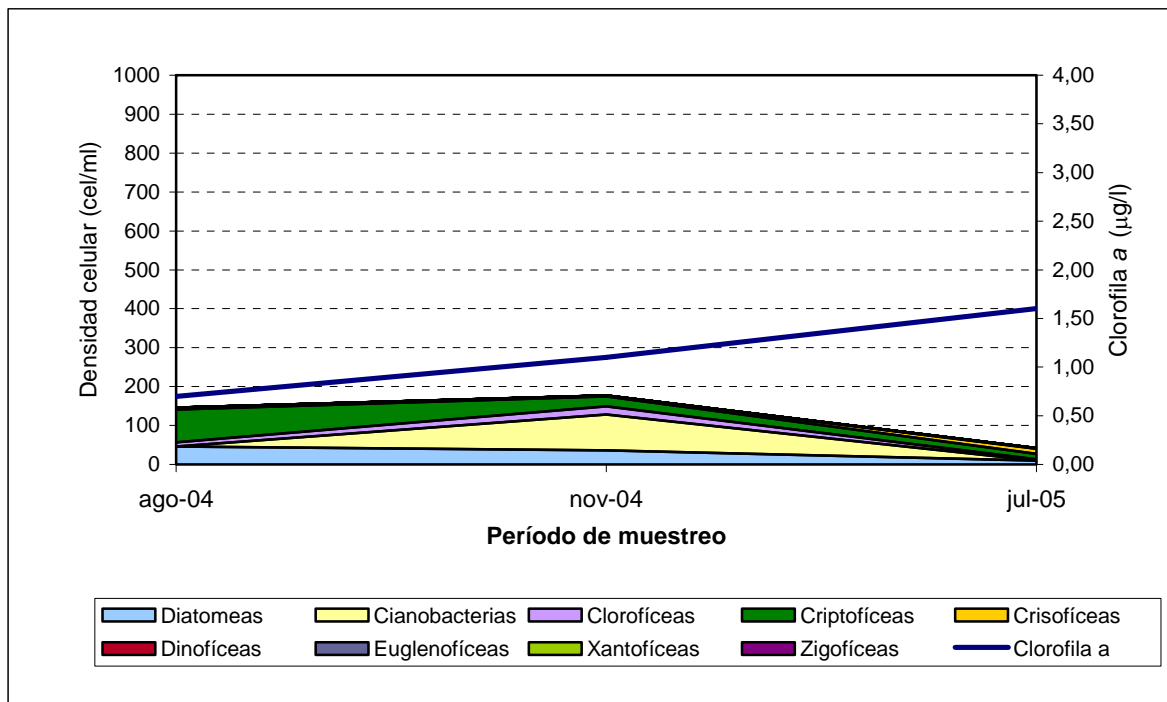
En invierno, se registra el máximo valor de densidad algal -177 cel/ml-. Las cianobacterias se establecen como grupo dominante, debido al crecimiento de la población de *Synechocystis sp.*

En la época estival de 2005 se registra densidad algal más baja del periodo de estudio -42 cel/ml-. El reducido número de células cuantificado determina que la criptofícea *Rhodomonas minuta* y la crisofícea *Dinobryon bavaricum*, con 11 cel/ml cada una, se

consideren como las especies más abundantes. La distribución de abundancias es muy semejante en las especies identificadas por lo que el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver es máximo 3,05 bits-.

La evolución temporal de la densidad algal, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila *a*, se representa en el siguiente gráfico:

Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas



La evolución temporal de la biomasa, medida como concentración de clorofila *a*, presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica hasta el periodo de invierno, momento a partir del cual ambos parámetros siguen tendencias opuestas. En verano de de 2005 la densidad celular es mínima y sin embargo se registra la máxima concentración de clorofila *a* -1,60 µg/l-, la descompensación en este último periodo puede ser debida a que una de las especies más abundantes en este periodo -*Dinobryon bavaricum*- forma agregados, distribución que favorece una mayor probabilidad de error al realizar el recuento de células.

4.3.1. Calidad bioindicadora

El resultado de parámetros biológicos como la densidad algal media -122 cel/ml- y la biomasa media -1,13 µg/l- informa del carácter oligotrófico del embalse de Llauset. Al



ser tan reducidos los valores de densidad, la información que aportan las asociaciones algales es relativa, porque ninguna especie es suficientemente abundante para ser considerada bioindicadora de manera fiable. Se podría destacar la presencia de *Rhodomonas minuta* en el primer verano y *Dinobryon bavaricum* en el segundo verano, ambas indicadoras de mesotrofia en el periodo estival.

1. *Nitzschia acicularis*;
2. *Rhodomonas minuta*

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de Llauset, como **oligotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia, no obstante, los parámetros de respuesta (transparencia y clorofila a) lo sitúan en rangos oligotrofia, e incluso, de ultraoligotrofia.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a, del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como oligotrófico.

Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	12	MESOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	122	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	1,6	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	1,2	OLIGOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	12	OLIGO-MESOT.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	9,2	OLIGOTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	122	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	1,2	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	12	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	273	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	9,2	E. MODERADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	1,2	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	1,6	ULTRAOLIGO.
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	12	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	9,2	OLIGOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	8,0	ULTRAOLIGO.
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	28	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	32	OLIGOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	38	OLIGOTRÓFICO

6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO- se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de Llauset es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE LLAUSET			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
Indicadores	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	122	5	4,0	3,7	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	1,2	4			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	0	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	9,2	4	3,7	3,7	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	7,3	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	12,0	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					
	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
EQR	1-0,95	0,95-0,80	0,80-0,60	0,60-0,40	0,40-0

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

EMBALSE:	LLAUSET (LL)	CAMPAÑA:	1
COT. MAX:	2189	NIVEL:	2189

Estación:	E1	Profundidad:	-
Fecha:	05/08/2004	Hora:	20:30
Disco Secchi (m):	8	Capa fónica (m):	13,6

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	2189	14,68	9,28	5,45	54,30	52,1	256	33
1	2188	14,07	9,36	5,48	52,80	51,3	256	33
2	2187	13,94	9,36	5,60	54,50	51,6	154	33
3	2186	13,80	9,22	5,27	50,50	51,4	253	33
4	2185	13,80	9,12	5,62	55,40	51,7	249	33
5	2184	13,59	9,06	5,86	55,50	51,6	248	33
6	2183	13,52	9,03	5,89	55,40	51,6	248	33
7	2182	13,18	8,91	6,06	57,10	50,9	248	32
8	2181	13,00	8,90	6,12	57,60	50,8	246	33
9	2180	11,57	8,94	6,43	58,40	46,8	249	30
10	2179	11,49	8,90	6,03	55,30	46,5	250	30
11	2178	11,18	8,88	6,63	59,80	46,0	249	30
12	2177	11,06	8,84	6,62	58,50	46,0	248	29
13	2176	10,96	8,82	6,67	60,20	45,7	246	29
14	2175	10,86	8,77	6,75	60,60	45,7	245	29
15	2174	10,78	8,77	6,77	50,40	45,4	243	29
16	2173	10,70	8,73	6,55	58,10	45,4	244	29
17	2172	10,72	8,69	6,59	58,70	45,4	242	29
18	2171	10,68	8,68	6,62	59,10	45,4	242	29
19	2170	10,65	8,66	6,62	58,60	45,4	240	29
20	2169	10,67	8,62	6,37	57,10	45,4	239	29
21	2168	10,67	8,63	6,29	53,20	45,4	240	29
22	2167	10,62	8,62	6,44	56,40	45,4	239	29
23	2166	10,62	8,60	6,52	57,60	45,3	238	29
24	2165	10,69	8,58	6,59	58,80	45,3	238	29
25	2164	10,60	8,56	6,69	59,60	45,3	236	29
26	2163	10,54	8,55	6,37	56,00	45,4	236	29
27	2162	10,55	8,55	6,45	58,50	45,4	236	29
28	2161	10,52	8,54	6,69	60,00	45,3	235	29
29	2160	10,56	8,52	6,69	58,70	45,5	234	29
30	2159	10,50	8,52	6,52	57,70	45,4	234	29
31	2158	10,50	8,51	6,57	57,60	45,4	234	29
32	2157	10,49	8,52	6,25	55,10	45,5	234	29
33	2156	10,50	8,52	6,42	57,60	45,8	234	29
34	2155	10,42	8,51	6,53	58,10	45,9	234	29
35	2154	10,39	8,50	6,47	56,60	46,2	233	29
38	2151	10,32	8,50	6,49	58,00	46,4	233	30
39	2150	10,24	8,48	6,48	56,40	48,4	233	31
40	2149	10,50	8,47	6,35	55,40	49,3	232	32

EMBALSE:	LLAUSET (LL)	CAMPAÑA:	2
COT. MAX:	2189	NIVEL:	2189

Estación:	E1	Profundidad:	52
Fecha:	18/11/2004	Hora:	11:40
Disco Secchi (m):	8,5	Capa fótica (m):	14,5

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	2189	6,13	8,16	9,24	74,50	76,0	180	49
1	2188	6,12	8,11	9,22	74,30	74,0	178	48
2	2187	6,13	8,06	9,22	74,30	74,0	177	48
3	2186	6,13	8,03	9,21	74,30	74,0	175	48
4	2185	6,14	8,02	9,21	74,20	74,0	175	48
5	2184	6,13	7,99	9,20	74,10	74,0	174	48
6	2183	6,12	7,98	9,19	74,10	74,0	173	48
7	2182	6,11	7,97	9,21	74,20	74,0	173	48
8	2181	6,10	7,96	9,21	74,20	74,0	173	48
9	2180	6,11	7,94	9,22	74,20	73,0	172	47
10	2179	6,10	7,94	9,21	74,20	73,0	173	47
11	2178	6,09	7,93	9,20	74,10	74,0	173	48
12	2177	6,09	7,92	9,15	73,70	73,0	173	47
13	2176	6,10	7,91	9,15	73,70	74,0	172	48
14	2175	6,10	7,90	9,14	73,60	73,0	172	47
15	2174	6,10	7,89	9,15	73,60	74,0	172	48
16	2173	6,09	7,89	9,14	73,60	74,0	173	48
17	2172	6,10	7,88	9,13	73,60	74,0	172	48
18	2171	6,10	7,87	9,13	73,50	74,0	172	48
19	2170	6,11	7,87	9,13	73,50	74,0	173	48
20	2169	6,10	7,86	9,11	73,40	74,0	172	48
21	2168	6,09	7,85	9,11	73,30	74,0	172	48
22	2167	6,09	7,84	9,11	73,30	74,0	172	48
23	2166	6,08	7,84	9,11	73,30	74,0	173	48
24	2165	6,07	7,83	9,11	73,30	73,0	173	47
25	2164	6,07	7,82	9,11	73,30	73,0	172	47
26	2163	6,07	7,82	9,11	73,30	74,0	173	48
27	2162	6,07	7,80	9,11	73,30	74,0	172	48
28	2161	6,06	7,80	9,10	73,30	73,0	173	47
29	2160	6,06	7,79	9,11	73,30	73,0	172	47
30	2159	6,06	7,79	9,11	73,30	74,0	172	48
31	2158	6,06	7,79	9,11	73,20	73,0	173	47
32	2157	6,06	7,79	9,10	73,20	73,0	173	47
33	2156	6,06	7,77	9,10	73,20	73,0	172	47
34	2155	6,06	7,78	9,10	73,20	73,0	173	47
35	2154	6,06	7,77	9,10	73,20	73,0	172	47
36	2153	6,06	7,77	9,10	73,20	73,0	173	47
37	2152	6,06	7,77	9,10	73,20	73,0	173	47
38	2151	6,06	7,76	9,11	73,30	73,0	173	47
39	2150	6,06	7,76	9,11	73,30	73,0	173	47
40	2149	6,06	7,77	9,11	73,30	73,0	174	47
41	2148	6,06	7,77	9,10	73,30	73,0	174	47

Continuación

EMBALSE:	LLAUSET (LL)	CAMPAÑA:	2
COT. MAX:	2189	NIVEL:	2189

Estación:	E1	Profundidad:	52
Fecha:	18/11/2004	Hora:	11:40
Disco Secchi (m):	8,5	Capa fótica (m):	14,5

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	2147	6,06	7,77	9,09	73,10	73,0	174	47
43	2146	6,06	7,76	9,10	73,20	73,0	174	47
44	2145	6,06	7,76	9,10	73,10	73,0	175	47
45	2144	6,05	7,77	9,08	73,00	73,0	175	47
46	2143	6,05	7,76	9,08	73,10	74,0	175	48
47	2142	6,05	7,75	9,09	73,10	73,0	175	47
48	2141	6,04	7,75	9,09	73,10	74,0	175	48
49	2140	6,04	7,74	9,09	73,10	73,0	175	47
50	2139	6,04	7,75	9,09	73,10	73,0	176	47
51	2138	6,04	7,74	9,09	73,10	74,0	176	48
52	2137	6,03	7,75	9,08	73,00	74,0	176	48

EMBALSE:	LLAUSET (LL)	CAMPAÑA:	4
COT. MAX:	2189	NIVEL:	2189

Estación:	E1	Profundidad:	76,6
Fecha:	28/07/2005	Hora:	11:00
Disco Secchi (m):	11	Capa fótica (m):	18,7

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	2189	14,84	8,34	8,37	83,30	63,0	144	41
1	2188	14,84	8,36	7,25	72,70	63,0	144	41
2	2187	14,84	8,37	6,62	65,40	63,0	144	41
3	2186	14,83	8,39	6,17	60,00	63,0	145	41
4	2185	14,82	8,40	6,51	64,30	63,0	146	41
5	2184	14,60	8,42	7,95	77,70	62,0	147	40
6	2183	13,77	8,43	8,58	82,40	60,0	148	39
7	2182	13,72	8,41	8,13	78,40	60,0	148	39
8	2181	12,61	8,44	8,79	82,80	57,0	149	37
9	2180	11,90	8,41	9,13	85,30	55,0	149	36
10	2179	11,67	8,39	8,93	82,20	54,0	148	35
11	2178	11,38	8,38	8,53	78,30	54,0	148	35
12	2177	11,49	8,36	8,48	77,70	54,0	148	35
13	2176	11,44	8,36	9,42	85,90	53,0	148	34
14	2175	11,38	8,34	9,37	85,70	53,0	147	34
15	2174	11,33	8,32	9,43	84,70	53,0	146	34
16	2173	11,34	8,29	9,17	85,30	53,0	145	34
17	2172	11,29	8,23	7,94	81,60	53,0	142	34
18	2171	11,27	8,07	8,71	78,60	53,0	132	34
19	2170	11,27	8,06	8,81	79,80	53,0	133	34
20	2169	11,25	8,05	8,60	78,50	53,0	132	34
21	2168	11,24	7,87	8,35	76,20	53,0	122	34
22	2167	11,23	7,78	7,92	72,20	53,0	117	34
23	2166	11,19	7,72	8,55	78,70	53,0	114	34
24	2165	11,15	7,62	8,25	75,10	53,0	108	34
25	2164	11,14	7,59	7,81	71,10	53,0	107	34
26	2163	11,13	7,55	8,48	77,10	53,0	105	34
27	2162	11,13	7,53	8,26	75,10	53,0	104	34
28	2161	11,12	7,51	7,73	70,30	53,0	103	34
29	2160	11,11	7,48	7,80	70,60	53,0	101	34
30	2159	11,08	7,47	7,51	69,10	53,0	101	34
31	2158	11,08	7,46	7,44	67,60	53,0	101	34
32	2157	11,08	7,40	7,16	65,10	53,0	97	34
33	2156	11,07	7,37	7,27	65,50	53,0	96	34
34	2155	11,07	7,34	7,20	65,40	53,0	94	34
35	2154	11,07	7,31	7,09	63,50	53,0	93	34
36	2153	11,07	7,28	7,08	64,40	53,0	91	34
37	2152	11,07	7,26	7,17	65,10	53,0	91	34
38	2151	11,07	7,24	7,14	64,80	53,0	89	34
39	2150	11,07	7,23	6,99	63,10	53,0	89	34
40	2149	11,06	7,24	6,83	62,10	53,0	89	34
41	2148	11,07	7,24	6,54	59,40	53,0	90	34

Continuación

EMBALSE:	LLAUSET (LL)	CAMPAÑA:	4
COT. MAX:	2189	NIVEL:	2189

Estación:	E1	Profundidad:	76,6
Fecha:	28/07/2005	Hora:	11:00
Disco Secchi (m):	11	Capa fótica (m):	18,7

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
42	2147	11,06	7,23	6,52	59,10	53,0	89	34
43	2146	11,09	7,22	6,30	57,10	53,0	89	34
44	2145	10,95	7,22	6,53	57,40	52,0	89	34
45	2144	10,93	7,22	6,50	59,20	52,0	90	34
46	2143	10,90	7,27	6,76	60,50	54,0	93	35
47	2142	10,86	7,29	6,24	56,90	54,0	95	35
48	2141	10,73	7,31	6,79	61,20	55,0	96	36
49	2140	10,64	7,33	7,49	67,30	56,0	97	36
50	2139	10,29	7,34	7,63	68,10	57,0	98	37
51	2138	9,93	7,29	6,67	58,90	57,0	96	37
52	2137	9,32	7,25	6,55	56,80	63,0	95	41
53	2136	8,82	7,25	6,21	54,30	67,0	96	44
54	2135	8,69	7,28	6,00	52,50	68,0	98	44
55	2134	8,65	7,23	5,44	46,60	68,0	96	44
56	2133	8,62	7,20	5,64	49,00	68,0	94	44
57	2132	8,53	7,20	5,89	50,30	68,0	94	44
58	2131	8,44	7,21	5,80	49,14	70,0	95	46
59	2130	8,33	7,20	5,21	45,90	74,0	95	48
60	2129	7,88	7,18	5,15	44,30	81,0	95	53
61	2128	7,83	7,17	5,15	43,30	84,0	95	55
62	2127	7,68	7,16	5,04	42,30	87,0	95	57
63	2126	7,54	7,13	4,42	36,90	92,0	94	60
64	2125	7,50	7,12	3,63	30,20	94,0	94	61
65	2124	7,36	7,17	3,16	26,12	96,0	97	62
66	2123	7,08	7,09	3,63	29,90	95,0	93	62
67	2122	6,92	7,02	3,19	25,90	103,0	89	67
68	2121	6,91	7,03	2,71	22,30	106,0	91	69
69	2120	6,86	7,02	2,23	18,13	107,0	90	70
70	2119	6,83	7,09	2,75	23,90	108,0	94	70
71	2118	6,81	7,11	2,60	22,00	110,0	95	72
72	2117	6,79	7,15	2,48	20,30	110,0	98	72
73	2116	6,78	7,12	2,56	21,00	110,0	96	72
74	2115	6,78	7,07	2,50	20,50	110,0	94	72
75	2114	6,77	7,01	2,26	18,60	111,0	90	72
76	2113	6,77	7,10	1,64	13,30	111,0	95	72
77	2112	6,75	7,08	1,12	9,70	113,0	94	73

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL1	
CAMPAÑA:	1	FECHA:	05/08/2004	
COTA MÁXIMA:	2189,00	NIVEL:	2189	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	9	40
COTA	msnm	2188	2180	2149
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,8	1,4	0,9
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	21,6	22,8	19,8
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,4	0,8	0,3
DQO	mg O ₂ /l	16,0	8,0	3,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,002	0,003	0,002
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,007	0,007	0,007
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,002	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,47	0,27	0,47
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,03	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,45	0,25	0,45
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,29	1,26	1,03
NITRATOS	mg N/l	0,29	0,28	0,23
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,018	0,016	0,018
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,32	0,31	0,25
CALCIO	mg Ca/l	9,4	9,6	8,2
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	0,5	0,5	0,4
SODIO	mg Na/l	1,1	1,1	1,2
POTASIO	mg K/l	0,3	0,3	0,3
CLORUROS	mg Cl ⁻ /l	2,0	0,5	2,0
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l	2,6	3,5	2,0
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,0
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	4,20	4,20	3,96
CLOROFILA a	µg/l	0,7		

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL2	
CAMPAÑA:	2	FECHA:	18/11/2004	
COTA MÁXIMA:	2189,00	NIVEL:	2189	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	26	52
COTA	msnm	2188	2163	2137
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,0		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	24,5		
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,1		
DQO	mg O ₂ /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,015	0,016	0,008
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,023	0,012	0,012
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,004	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,15	0,95	1,14
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	1,13	0,94	1,13
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,31	1,23	1,28
NITRATOS	mg N/l	0,30	0,28	0,29
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,014	0,005	0,006
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,002	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,32	0,29	0,30
CLOROFILA a	µg/l	1,1		

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL4	
CAMPAÑA:	4	FECHA:	28/07/2004	
COTA MÁXIMA:	2189,00	NIVEL:	2189	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F
PROFUNDIDAD	m	1	38	76
COTA	msnm	2188	2151	2113
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,6		
DBO ₅	mg O ₂ /l	5,7		
DQO	mg O ₂ /l	23,8		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,012	0,035
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,027	0,011	0,015
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,48	0,79	0,48
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,07	0,03	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,02	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,43	0,77	0,45
NITRATOS	mg NO ₃ /l	1,08	1,19	1,21
NITRATOS	mg N/l	0,24	0,27	0,27
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,017	0,010	0,011
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,003	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,30	0,29	0,30
SULFUROS	mg S ⁻² /l	0,0		
CLOROFILA a	µg/l	1,6		

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	05/08/2004
COTAMAX:	2189	D. SECCHI:	8,0
NIVEL:	2189	C.FÓTICA:	13,6
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	2188	
CLOROFILA a	µg/l	0,70	
Población total	n° cel/ml	146	
Diversidad (H)	Bits	2,12	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	46	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	11	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	84	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	3	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Amphora sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	4	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	4	
<i>Fragilaria arcus</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	3	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	32	
<i>Ankistrodesmus angustus</i>	Clorofíceas	1	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofíceas	2	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Clorofíceas	3	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofíceas	1	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofíceas	2	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofíceas	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceas	84	
<i>Dinobryon cylindricum</i>	Crisofíceas	2	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceas	2	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceas	1	

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	18/11/2004
COTAMAX:	2189	D. SECCHI:	8,5
NIVEL:	2189	C.FÓTICA:	14,5
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	2188	
CLOROFILA a	µg/l	1,10	
Población total	n° cel/ml	177	
Diversidad (H)	Bits	2,24	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	36	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	92	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	21	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	26	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cymbella minuta</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	2	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	31	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Synechocystis sp.</i>	Cianobacteria	92	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Chlorobotrys sp.</i>	Clorofíceea	11	
<i>Kirchneriella sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofíceea	1	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofíceea	6	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofíceea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	25	
<i>Dinobryon cylindricum</i>	Crisofíceea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceea	1	

EMBALSE:	LLAUSET	CÓDIGO:	LL4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	28/07/2005
COTAMAX:	2189	D. SECCHI:	11,0
NIVEL:	2189	C.FÓTICA:	18,7
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	2188	
CLOROFILA a	µg/l	1,60	
Población total	n° cel/ml	42	
Diversidad (H)	Bits	3,05	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	10	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	3	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	14	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	13	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Epithemia sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria arcus</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillarioficea	6	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofíceea	1	
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofíceea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofíceea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofíceea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	11	
<i>Bitrichia sp.</i>	Crisofíceea	2	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofíceea	11	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceea	1	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Detalle de la presa del embalse de Llauset. Verano de 2004 (05/08/2004)



Vista del embalse desde la estación de muestreo (E1). Invierno de 2004 (18/11/2004)



Vista del embalse desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (28/07/2005)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: LLAUSET

CÓDIGO: LL

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Huesca
Municipio: Montanuy



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

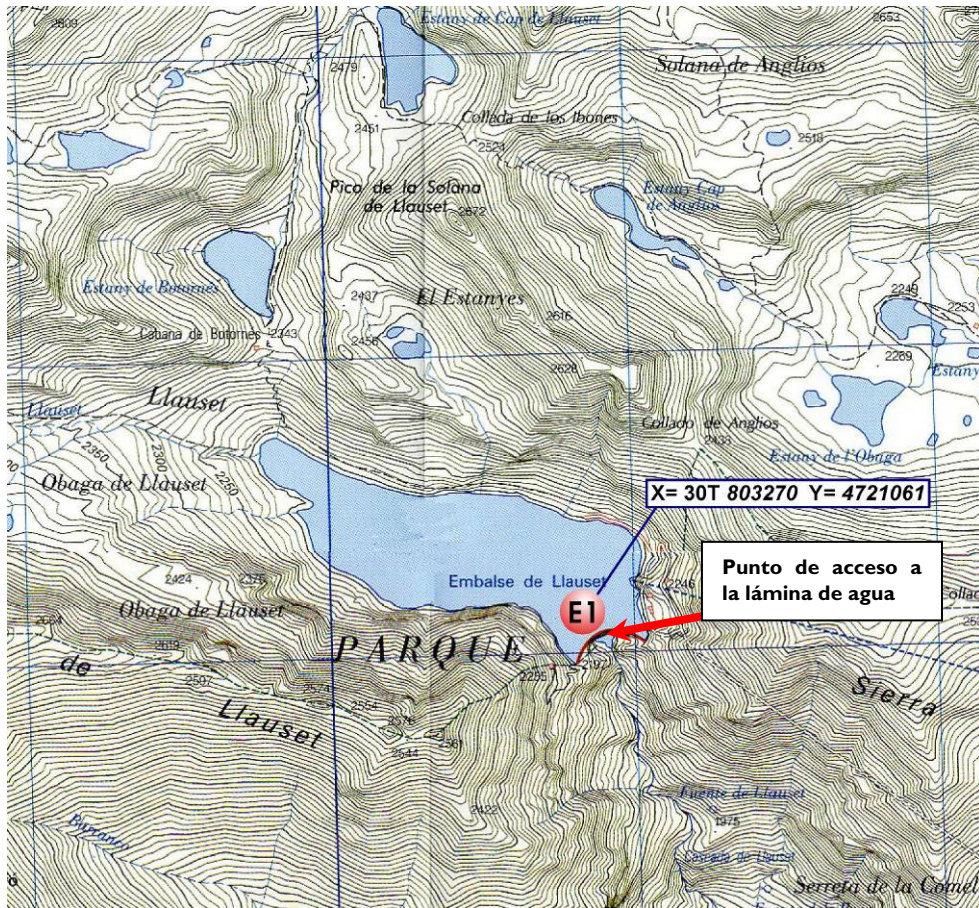
Tributario principal:	Río Llauset	Otros tributarios:	-
Año de terminación:	1983	Propietario:	ENHER
Cuenca a la que pertenece:	Gállego	Altitud (msnm):	2.207
Capacidad total (hm³):	17	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	1,3	Perímetro (km):	3
Profundidad máxima (m):	77 (Máximo medido)	Profundidad media (m):	37,1
Usos principales:	Hidroeléctrico	Otros usos:	-



Panorámica del embalse (18/11/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



 Estación de embalse

Nº Planols 1:50.000: 180

Nº Planols 1:25.000: 180 II, 180 IV

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
LLAUSSET		Oligotrófico	Óptimo
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 05/08/2004
Tª superficie (°C): 14,68	pH superficie (ud): 9,28	Conductividad superficie (µS/cm): 52,1
Tª fondo (°C): 10,50	pH fondo (ud): 8,47	Conductividad fondo (µS/cm): 49,3
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	8	13,6
Termoclina: Si		Profundidad (m): 9
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -

2ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 18/11/2004
Tª superficie (°C): 6,13	pH superficie (ud): 8,16	Conductividad superficie (µS/cm): 76
Tª fondo (°C): 6,03	pH fondo (ud): 7,75	Conductividad fondo (µS/cm): 74
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	8,5	14,5
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -

3ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 13/04/2005
Tª superficie (°C): -	pH superficie (ud): -	Conductividad superficie (µS/cm): -
Tª fondo (°C): -	pH fondo (ud): -	Conductividad fondo (µS/cm): -
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	-	-
Termoclina: -		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: -		Grosor capa anóxica (m): -

Camino de acceso al embalse bloqueados por la nieve

4ª CAMPAÑA	Muestreador: David García	Fecha de muestreo: 28/07/2005
Tª superficie (°C): 14,84	pH superficie (ud): 7,34	Conductividad superficie (µS/cm): 83,3
Tª fondo (°C): 6,75	pH fondo (ud): 5,08	Conductividad fondo (µS/cm): 9,7
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	11	18,7
Termoclina: Si		Profundidad (m): 8
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): No



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 05/08/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	LLEIS	LLEIT	LLEIF
PROFUNDIDAD	m	1	9	40
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,002	0,003	0,002
FOSFATOS	mg P/l	0,002	0,002	0,002
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,47	0,27	0,47
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,29	0,28	0,23
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	0,005
CLOROFILA a	$\mu\text{g/l}$	0,7		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	146		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas	Nº células/ml: 84		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>	Nº células/ml: 84		

2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 18/11/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	LLEIS	LLEIM	LLEIF
PROFUNDIDAD	m	1	26	52
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,015	0,016	0,008
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,004	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,15	0,95	1,14
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,30	0,28	0,29
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,002	0,002
CLOROFILA a	$\mu\text{g/l}$	1,1		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	177		
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria	Nº células/ml: 92		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Synechocystis sp.</i>	Nº células/ml: 92		

3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 13/04/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	LLEIS	LLEIM	LLEIF
PROFUNDIDAD	m	-	-	-
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	-	-	-
FOSFATOS	mg P/l	-	-	-
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	-	-	-
AMONIO TOTAL	mg N/l	-	-	-
NITRATOS	mg N/l	-	-	-
NITRITOS	mg N/l	-	-	-
CLOROFILA a	$\mu\text{g/l}$	-		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	-		
CLASE PREDOMINANTE:	-	Nº células/ml: -		
ESPECIE PREDOMINANTE:	-	Nº células/ml: -		

4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 28/07/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	LLEIS	LLEIM	LLEIF
PROFUNDIDAD	m	1	38	76
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,012	0,035
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,48	0,79	0,48
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,02	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,24	0,27	0,27
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,003	0,003
CLOROFILA a	$\mu\text{g/l}$	1,6		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	42		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas	Nº células/ml: 14		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>	Nº células/ml: 11		

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LLAUSET 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Llauset recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

Tabla A1. Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ($\mu\text{g P/L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ($\mu\text{g/L}$) y densidad celular (n° células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

Tabla A2. Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

Tabla A3. Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

Tabla A4. Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT (μg)	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> ($\mu\text{g/L}$)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

Tabla A5. Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

Cálculo para clorofila a:

$$\text{RCE} = [(1/\text{Chla Observado}) / (1/\text{Chla Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para biovolumen:

$$\text{RCE} = [(1/\text{biovolumen Observado}) / (1/\text{biovolumen Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$\text{RCE} = [(400 - \text{IGA Observado}) / (400 - \text{IGA Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$\text{RCE} = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

Tabla A6. Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

Tabla A7. Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado *IGA*, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice *IGA* se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

<i>Cr</i>	Criptófitos	<i>Cia</i>	Cianobacterias
<i>Cc</i>	Crisófitos coloniales	<i>D</i>	Dinoflageladas
<i>Dc</i>	Diatomeas coloniales	<i>Cnc</i>	Crisófitos no coloniales
<i>Chc</i>	Clorococales coloniales	<i>Chnc</i>	Clorococales no coloniales
<i>Vc</i>	Volvocales coloniales	<i>Dnc</i>	Diatomeas no coloniales

En cuanto al IGA, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

Tabla A8. Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

Donde:	BVOL _{CIA}	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL _{CHR}	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL _{MIC}	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL _{WOR}	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL _{TOT}	Biovolumen total de fitoplancton

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

Tabla A9. Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango Tipo 12	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango Tipo 13	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{trans}). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

Tabla A10. Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Tabla A11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B^+/M , Bueno o superior-Moderado; M/D , Moderado-Deficiente; D/M , Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

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

Adicional informe estado embalse de Llauset 2004-2005

Demarcación Hidrográfica del Ebro

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores físicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

Tabla A12. Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

Tabla A13. Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O ₂)	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

Tabla A14. Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

Tabla A15. Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA_MA), como máximo admisible (NCA_CMA) o en la biota (NCA_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

Tabla A17. Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

Tabla A18. Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE LLAUSET

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

Tabla A19. 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> ($\mu\text{g/L}$)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
VALOR PROMEDIO	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

En la tabla A20a 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 para la campaña de muestreo de 2004.

Tabla A20a. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Llauset 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	2,00	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	8,00	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,70	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	146	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,25	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como ultraoligotrófico; la transparencia como ultraoligotrófico; la concentración de clorofila *a* como ultraoligotrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Llauset en 2004 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

En la tabla A20b 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 para la campaña de muestreo de 2005.

Tabla A20b. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Llauset 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	14,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	11,00	Ultraoligotrófico
COLOROFLA <i>a</i>	0,70	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	42	Ultraoligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,50	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como ultraoligotrófico; la concentración de clorofila *a* como ultraoligotrófico y la densidad algal como ultraoligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Llauset en 2005 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LLAUSET

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

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 A21 y A22.

Tabla A21. 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 <i>a</i> (µg/L)	≥ 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143	
		Biovolumen algal (mm ³ /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	
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 sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

Tabla A22. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico (PE)
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

En la tabla A23a se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2004.

Tabla A23a. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Llauset 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0,70	3,00	2,40	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	8,00			Muy Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,37			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	2,00			Muy Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				2		BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO O SUPERIOR			
ESTADO FINAL				BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Llauset para el año 2004 es de nivel 2, **BUENO**.

En la tabla A23b se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2005.

Tabla A23b. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Llauset 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,70	3,00	2,40	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	11,00	Muy Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	8,60	Muy Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	14,00	Moderado			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Llauset para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.