



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 LANUZA

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	13
4.3.1. Cualidad bioindicadora	16
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	16
6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	17
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 Lanuza 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, físico-químicos e hidromorfológicos propuestos en la Directiva Marco de Aguas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico

La cuenca vertiente al embalse de Lanuza se sitúa en los Pirineos Centrales, en el límite con Francia, ocupando la parte Norte de la provincia de Huesca. En la cuenca predominan los materiales hercínicos, los depósitos cuaternarios de la cabecera del río Gállego y los batolitos granodioríticos del macizo de Panticosa.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1.978, se sitúa en la localidad de Lanuza, provincia de Huesca. Regula, principalmente, las aguas de los ríos Gállego y Aguas

Limpias, aunque también las de otros barrancos de menor entidad, entre los que destacan, por margen derecha, los barrancos Suscalar y Portet.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

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

La cuenca vertiente al embalse del Ebro tiene una superficie total de 11 716,31 ha. El embalse tiene una extensión de 111 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 25 hm³. Tiene una profundidad media de 22,5 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 69 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)	11 716,31
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	111
Longitud máxima del embalse (km)	2,8
Capacidad total (hm ³)	25
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	69
Profundidad media (m)	22,5
Perímetro en máximo nivel (km)	7
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	1283,5
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	1255; 1250; 1235,7

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. En el periodo estival se aprecian dos gradientes térmicos, uno superficial (3 m en verano de 2004, 7 m en verano de 2005) y otro en los últimos metros de profundidad (35 y 36 m para los veranos de 2004 y 2005, respectivamente). La capa fótica en el estío oscila entre los 5 y 6 metros de espesor.

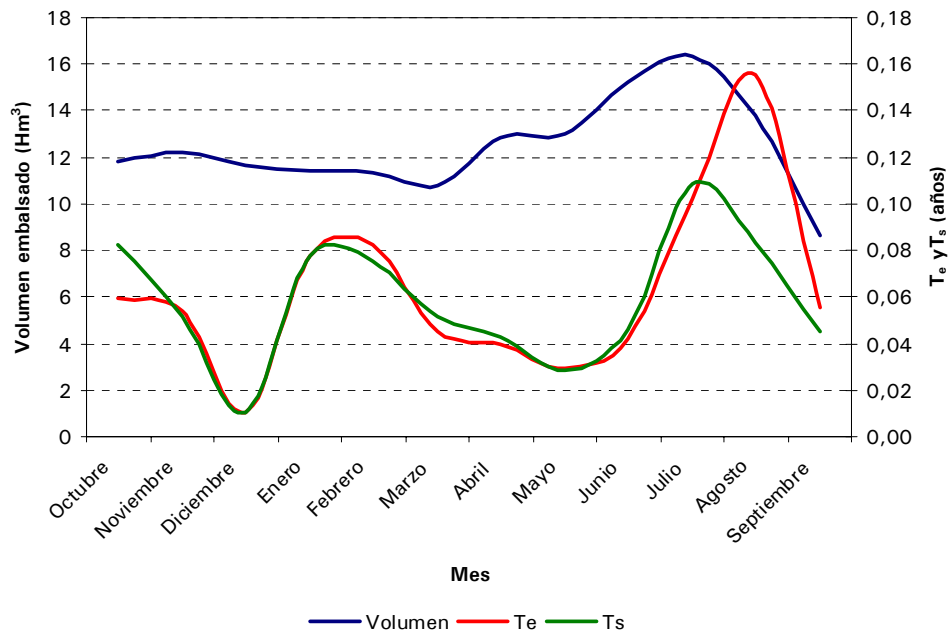
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2004-2005.

Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Año hidrológico 2004-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	11,79	12,10	16,88	0,08	0,06
Noviembre	12,21	19,60	18,63	0,05	0,05
Diciembre	11,69	94,85	94,18	0,01	0,01
Enero	11,39	12,45	12,45	0,08	0,08
Febrero	11,38	11,63	10,58	0,08	0,08
Marzo	10,81	17,80	20,18	0,05	0,05
Abril	12,85	24,48	26,40	0,04	0,04
Mayo	13,03	38,98	38,03	0,03	0,03
Junio	15,25	27,10	29,55	0,05	0,04
Julio	16,36	12,80	13,60	0,11	0,10
Agosto	13,81	14,03	7,55	0,08	0,16
Septiembre	8,61	15,73	12,73	0,05	0,06
Total anual	12,43	301,53	300,73	0,04	0,04

El tiempo de residencia del agua es muy bajo a lo largo de todo el año, adquiriendo la media anual un valor de 15 días. Los mínimos se obtienen en el mes de diciembre –4 días-; y los máximos en los meses de verano –julio y agosto-, alcanzando en julio, según las salidas, un valor de 1 mes, y en agosto, considerando las entradas, de prácticamente 2 meses.

¹ Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua


2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a la producción hidroeléctrica y, en menor medida, al riego. La principal actividad recreativa del embalse es la pesca deportiva, encontrándose prohibida la navegación a motor.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Lanuza 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*.

La cabecera del embalse limita con el LIC ES2410031 "Foz Escarrilla-Cucuraza". En éste área domina el pastizal subalpino en las zonas más altas, bajo las acumulaciones de derrubios provenientes de las zonas de cumbres. Conforme se desciende en altura, aparecen bosques mixtos caducifolios, dominados por *Quercus gr. cerrioides* y

combinados con prados de siega. Entre la fauna asociada a ecosistemas acuáticos se distingue el desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*) y la nutria (*Lutra lutra*).

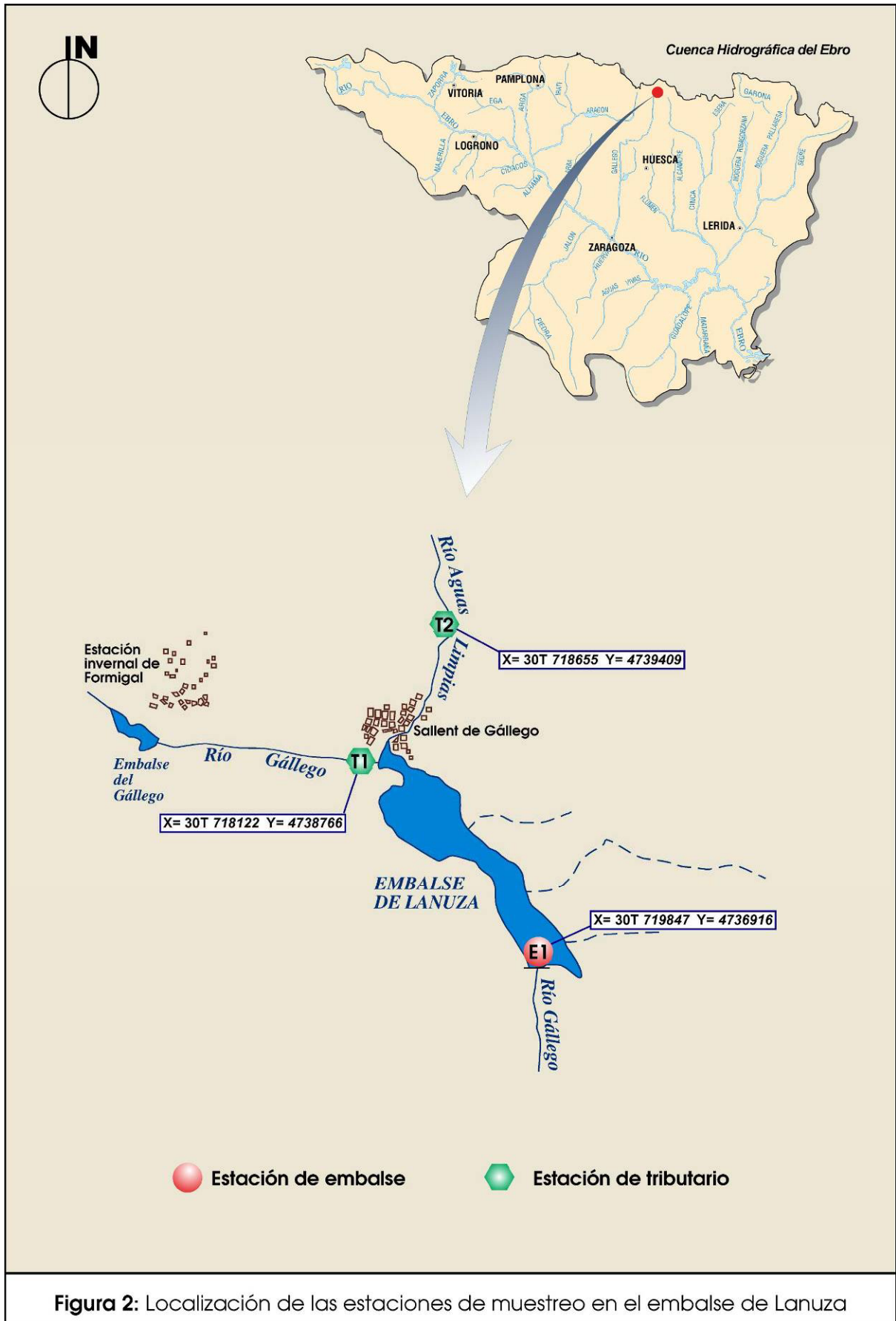
3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se han ubicado tres estaciones de muestreo, una en las inmediaciones de la presa (**E1**) y dos más en tributarios, la primera en el río Gállego (**T1**), antes de su ingreso al embalse, y la segunda en el río Aguas Limpias (**T2**), aguas arriba de Sallent de Gállego (**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	10/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	22/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	07/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	01/08/2005	Estratificación



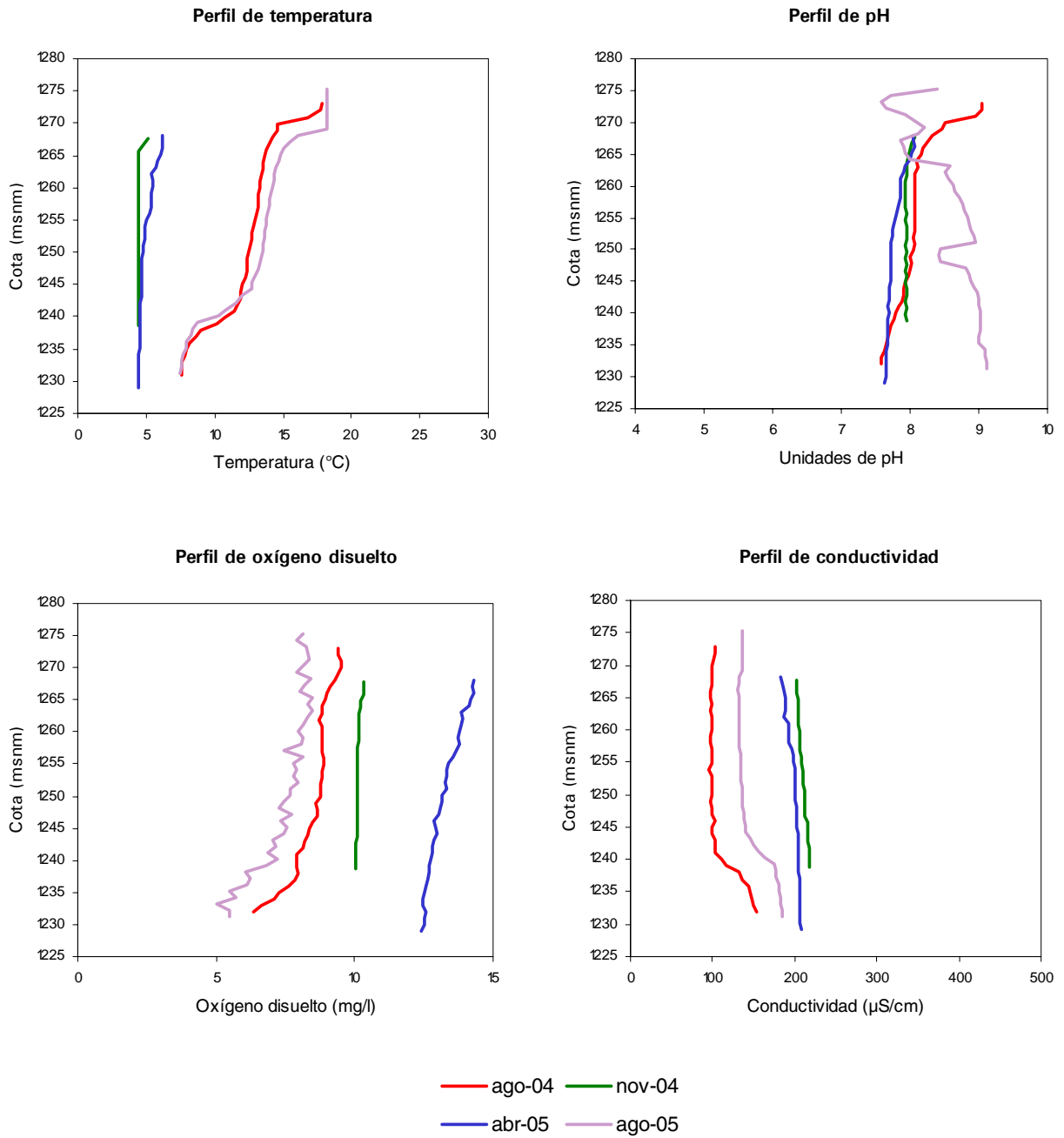
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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 baja, oscilando entre los 4,4 °C –mínimo invernal- y los 18,3 °C, -máximo registrado en el estío-. En la época estival la columna de agua presenta dos gradientes térmicos. El primero se localiza a 3 m de profundidad en verano de 2004 y a 7 m en verano de 2005; el segundo, situado en las capas más profundas, oscila entre los 35 y 36 metros de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,12 ud. El máximo alcanza un valor de 9,12 ud, mientras que el mínimo se sitúa en 7,57 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,1 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4 metros. El mínimo (0,9 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (3,6 m) se registra en agosto de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 9,67 mg/l O₂. El mínimo, 5,02 mg/l O₂ se registra en la campaña de agosto de 2005 a 40 metros de profundidad. El máximo (14,31 mg/l O₂) se da en primavera, donde la concentración media para toda la columna de agua se sitúa 13,21 mg/l O₂.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 162 μS/cm. El máximo alcanza un valor de 218 μS/cm, mientras que el mínimo se sitúa en 96 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 presentes en el embalse son moderadas, con unas concentraciones medias anuales de fósforo total y de nitrógeno inorgánico total de 0,029 mg/l P y 0,18 mg/l N, respectivamente.

Las mayores concentraciones de fósforo total se dan en el periodo de mezcla (invierno y primavera), presentando un máximo invernal de 0,052 mg/l P. La concentración estival oscila entre 0,011 y 0,012 mg/l P. Los ortofosfatos mantienen la misma pauta, exceptuando que el valor máximo -0,033 mg/l P- se localiza en primavera.

El nitrógeno inorgánico total (NIT) presenta su máximo en primavera con una concentración de 0,23 mg/l N, en la época estival la concentración ronda los 0,2 mg/l N, mientras que el mínimo invernal se sitúa en 0,07 mg/l N. Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 83\%$), siendo las proporciones de amonio y nitritos moderadas ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 8\%$ $\text{NO}_2/\text{NIT} = 9\%$). Cabe citar que la concentración de nitritos obtenida en las muestras de fondo de invierno y en la superficial de primavera, superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03 \text{ mg/l NO}_2$), con unas concentraciones de 0,062 y 0,035 mg/l NO_2 , respectivamente.

Los tributarios aportan al embalse una alta concentración de nutrientes, siendo el tributario principal, río Gállego, el que presenta mayores concentraciones de fósforo total y nitrógeno inorgánico total. Los valores medios de fósforo total, obtenidos en el periodo de estudio, han sido de 0,44 mg/l P para el río Gállego y de 0,13 mg/l P para el río Aguas Limpias. La evolución temporal pone de manifiesto que durante la época estival los nutrientes sufren un acusado incremento debido, posiblemente, al aumento poblacional que, en ésta época, sufren la población de Sallent de Gállego y la estación invernal de Formigal.

- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en los tributarios, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,8 y 5,6 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente.
- Las aguas embalsadas son poco mineralizadas, obteniéndose un valor para el catión predominante, calcio, de 22,6 mg Ca/l.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes. Embalse

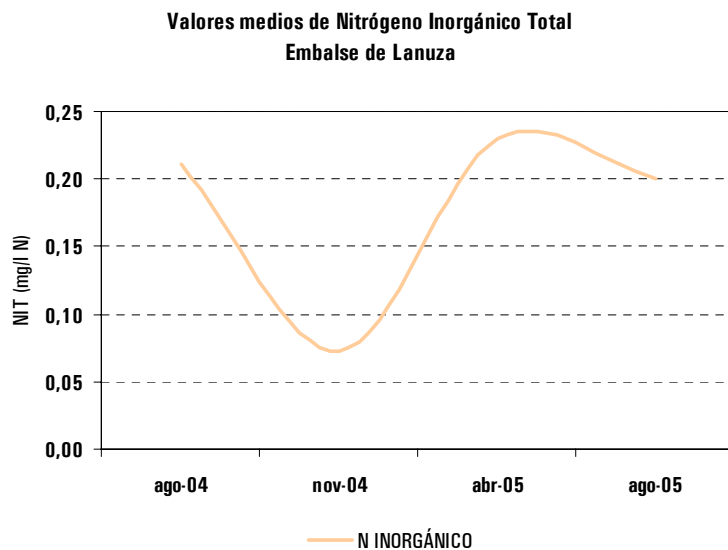
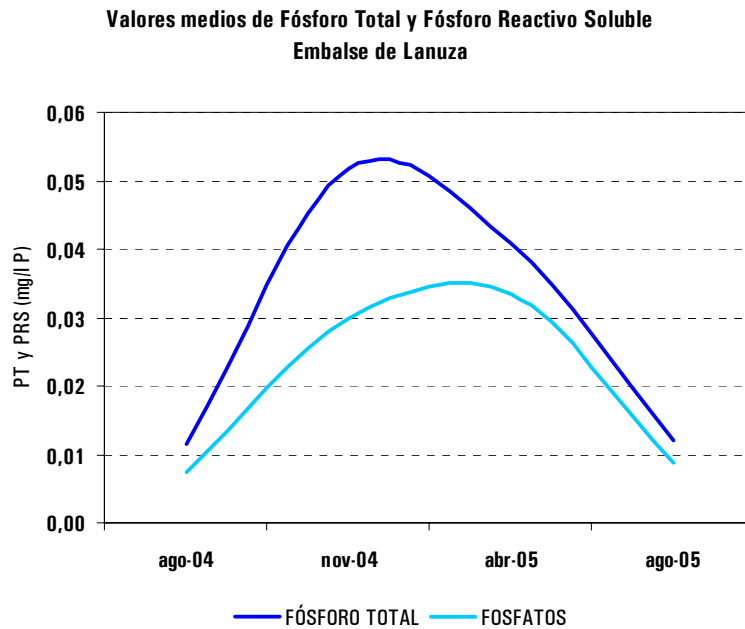


Figura 5: Comparación de la concentración de nutrientes entre tributarios.
Valores medios anuales

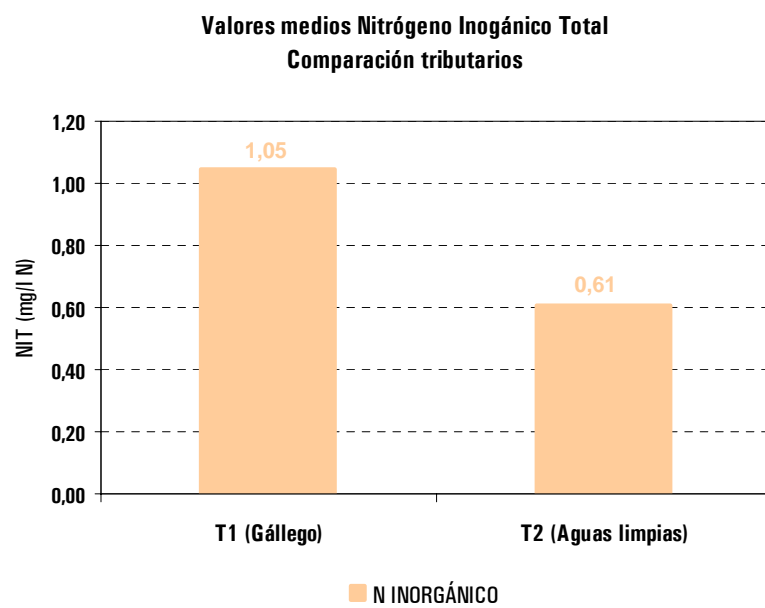
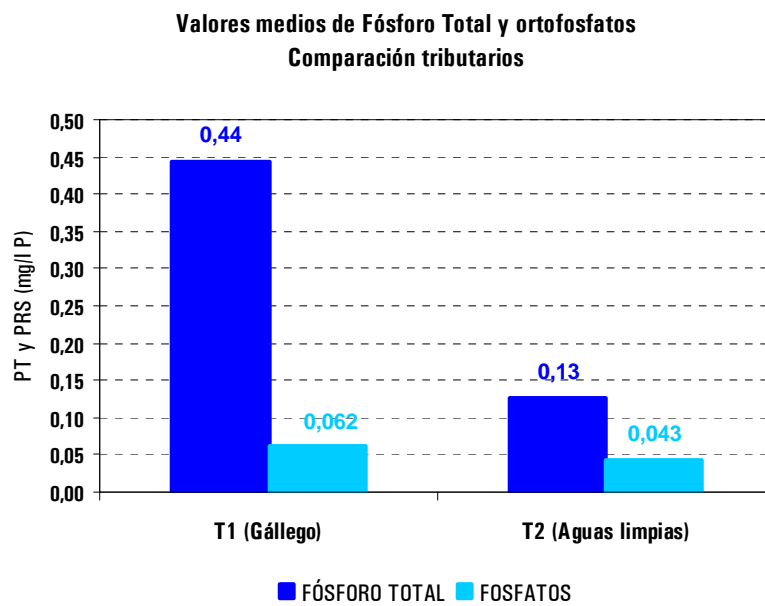
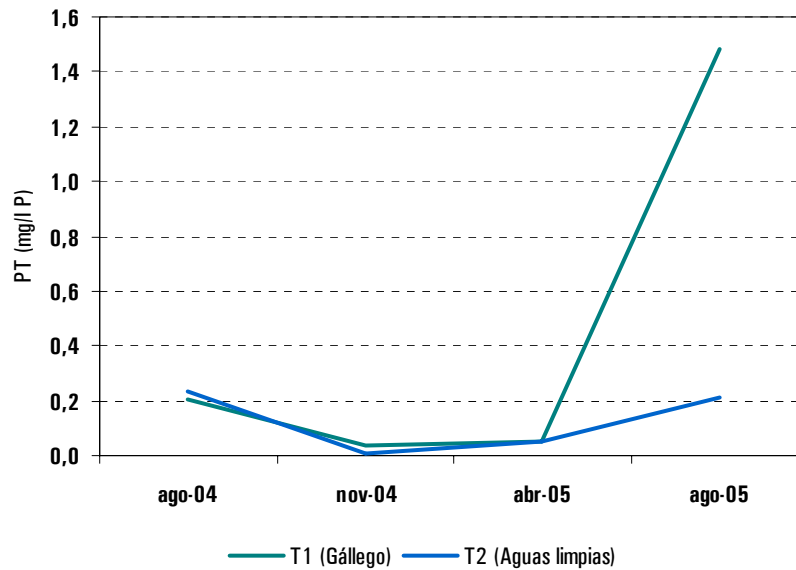
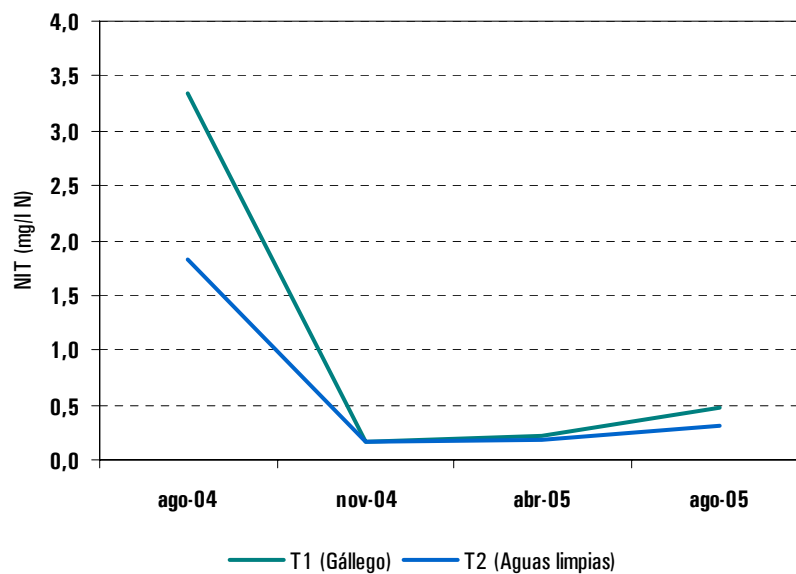


Figura 6: Evolución temporal de nutrientes. Tributarios

**Evolución temporal del fósforo total.
Tributarios del embalse de Lanuza**



**Evolución temporal del nitrógeno inorgánico total.
Tributarios del embalse de Lanuza**



4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

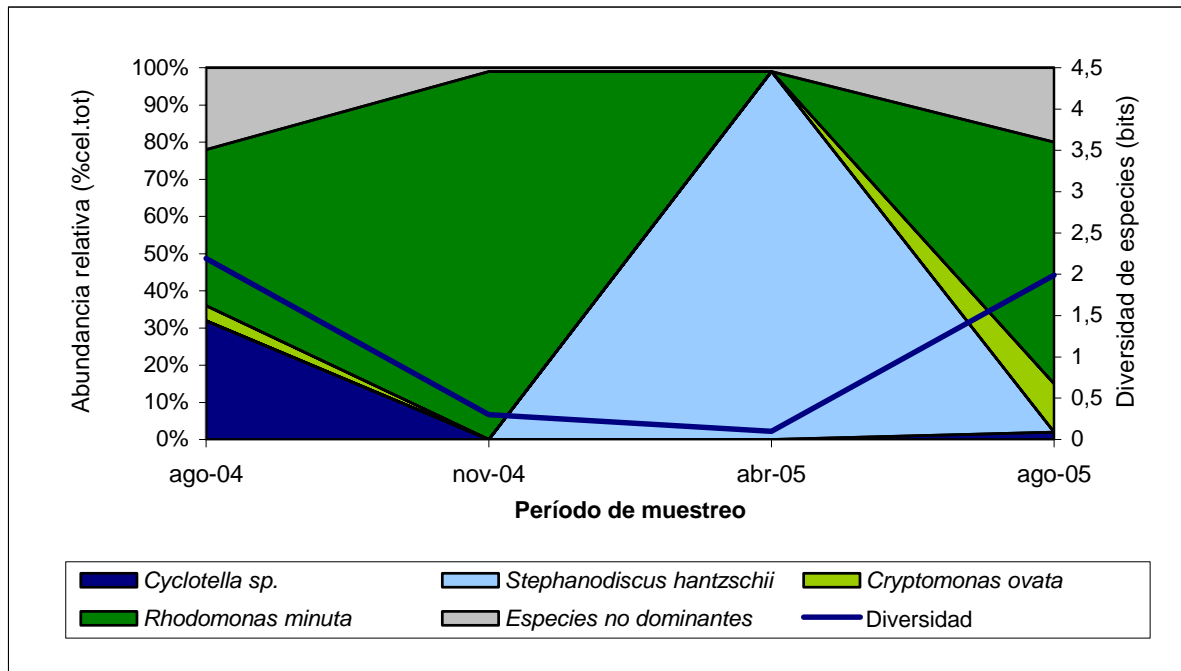
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 46 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 19 diatomeas
- 14 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 1 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 2 zigofíceas

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 7: 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 verano, se registra la mínima densidad anual fitoplanctónica -333 cel/ml- y la mayor parte de la comunidad está compuesta por dos especies, la diatomea *Cyclotella sp.* y la criptofícea *Rhodomonas minuta*. A pesar de identificar un reducido número de especies -11 especies algales- la ausencia de grandes diferencias en la distribución de abundancias determina que el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver sea el máximo durante el periodo de estudio -2,19 bits-.

En invierno la comunidad fitoplanctónica continúa con valores reducidos de densidad - 354 cel/ml-. Destaca el crecimiento de la criptofícea *Rhodomonas minuta* que se establece como dominante representando el 97% de la densidad total.

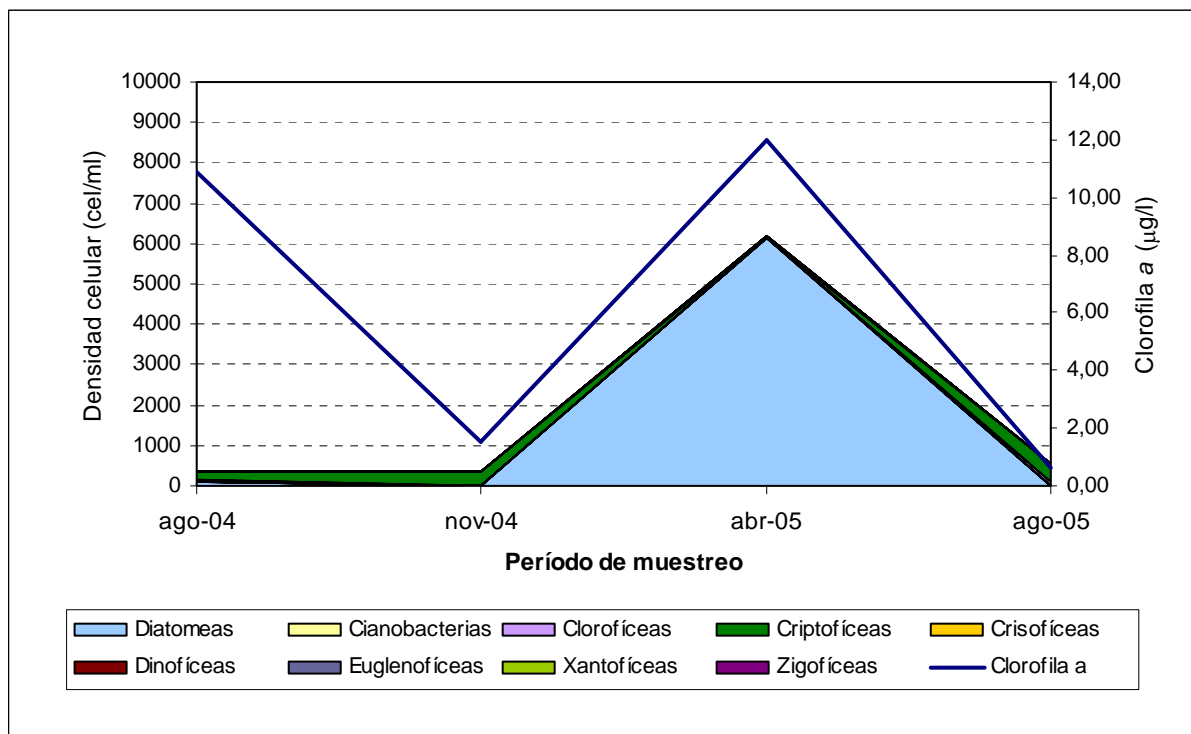
Durante la época primaveral se produce un fuerte crecimiento de las poblaciones algales hasta registrarse el máximo valor de densidad fitoplanctónica -6.149 cel/ml-. Cualitativamente, la comunidad está dominada por la diatomea *Stephanodiscus hantzschii* cuya población representa el 99% de la comunidad algal del estanque. La abundancia de la criptofícea *Rhodomonas minuta* se reduce drásticamente hasta ser

meramente presencial. Esta situación conlleva la obtención del mínimo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -0,10 bits-.

En el segundo periodo estival disminuye la densidad algal hasta cuantificarse valores semejantes al periodo estival del año anterior -563 cel/ml-. Las criptofíceas que decrecieron en primavera, vuelven a proliferar, de forma que este periodo representan el 85% de la densidad celular total. La especie más abundante vuelve a ser *Rhodomonas minuta*.

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 8: Evolución temporal por clases taxonómicas



En agosto de 2004 se registra un valor muy elevado de biomasa medido como clorofila *a* -10,90 µg/l- para la reducida densidad algal cuantificada -333 cel/ml-. Para confirmar el origen de este desajuste habría que medir el porcentaje de clorofila *a* inactiva, ya que existe la posibilidad de que gran parte de esta clorofila sea inactiva y proceda de una proliferación algal del período anterior. Durante los siguientes periodos de estudio la

correspondencia entre biomasa y densidad algal es buena y se mantienen en valores mesotróficos.

4.3.1. Calidad bioindicadora



Stephanodiscus hantzschii

Las asociaciones de especies fitoplanctónicas identificadas en el embalse a lo largo del año nos informan de un medio léntico mesotrófico con episodios de eutrofia. La comunidad algal en verano se caracteriza por tener un tamaño poblacional reducido caracterizado por diatomeas céntricas (*Cyclotella sp.*) y criptofíceas (*Rhodomonas minuta*),

en invierno prolifera *Rhodomonas minuta* y en primavera hay un pico poblacional protagonizado por la

diatomea céntrica *Stephanodiscus hantzschii*, indicadora de medios con alta carga de nutrientes.

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 Lanuza como **meso-eutrófico**.

Prácticamente la totalidad de los índices contrastados sitúan al embalse en niveles de mesotrofia. Tan sólo teniendo en cuenta el valor la transparencia -parámetro de respuesta- la catalogación se situaría en rangos de eutrofia.

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 >	29	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	1.850	OLIGOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	12,0	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	6,2	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	29	MESO-EUTRÓF.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,1	MESO-EUTRÓF.
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	1.850	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	6,2	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	29	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	115	E. MODERADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,1	E. AVANZADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	6,2	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	12,0	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	29	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,1	EUTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	0,9	EUTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	49	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	48	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	51	MESOTRÓFICO

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 Lanuza es **BUENO**.

EMBALSE DE LANUZA

			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
			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	1.854	5	3,0	3,0	0,82
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	6,2	3			
		Cianofíceas pot. 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	2,1	2	3,3	3,0	0,82
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	9,8	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	29,0	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: LANUZA (LA)			CAMPAÑA: 4					
COT. MAX: 1284			NIVEL: 1275					
Estación:		E1	Profundidad:		39,3			
Fecha:		01/08/2005	Hora:		13:15			
Disco Secchi (m):		2,8	Capa fótica (m):		4,8			
Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	1275	18,23	8,40	8,14	85,80	137	253	89
1	1274	18,24	7,72	7,92	83,30	136	166	88
2	1273	18,25	7,57	8,26	87,70	137	159	89
3	1272	18,25	7,65	8,29	88,40	137	165	89
4	1271	18,25	7,92	8,36	87,60	137	184	89
5	1270	18,26	8,06	8,12	86,20	137	193	89
6	1269	18,26	8,20	7,88	83,70	137	203	89
7	1268	16,10	8,12	8,44	85,40	133	200	86
8	1267	15,56	7,85	8,19	82,20	132	186	86
9	1266	15,11	7,90	8,01	79,70	131	189	85
10	1265	14,85	7,92	8,47	83,20	132	190	86
11	1264	14,68	7,99	8,32	82,00	132	195	86
12	1263	14,50	8,57	8,50	83,40	132	229	86
13	1262	14,40	8,52	8,29	79,70	132	226	86
14	1261	14,30	8,56	8,11	79,20	133	229	86
15	1260	14,20	8,62	7,98	77,80	132	232	86
16	1259	14,14	8,66	8,11	79,70	132	235	86
17	1258	14,06	8,71	8,06	78,90	133	239	86
18	1257	13,98	8,77	7,43	76,90	133	243	86
19	1256	13,93	8,80	8,13	78,70	134	245	87
20	1255	13,80	8,83	7,76	75,00	134	248	87
21	1254	13,73	8,86	7,93	76,40	134	523	87
22	1253	13,66	8,88	7,81	75,20	135	252	88
23	1252	13,61	8,92	7,94	76,00	135	254	88
24	1251	13,54	8,96	7,66	73,80	136	257	88
25	1250	13,49	8,45	7,69	73,70	136	228	88
26	1249	13,37	8,43	7,46	72,70	137	228	89
27	1248	13,29	8,44	7,28	70,10	137	229	89
28	1247	13,18	8,82	7,71	73,40	138	251	90
29	1246	12,93	8,87	7,32	69,30	139	254	90
30	1245	12,71	8,89	7,58	70,70	140	256	91
31	1244	12,72	8,94	7,45	70,00	141	260	92
32	1243	12,04	8,98	7,05	65,30	146	263	95
33	1242	11,54	8,99	7,14	65,40	150	265	98
34	1241	10,84	9,01	6,85	61,80	156	267	101
35	1240	10,26	9,02	7,19	63,60	164	268	107
36	1239	8,72	9,03	6,79	58,30	175	271	114
37	1238	8,39	9,03	6,03	51,40	178	272	116
38	1237	8,26	9,02	6,21	52,80	178	272	116
39	1236	7,98	9,01	6,09	50,60	180	272	117
40	1235	7,88	9,01	5,50	46,30	181	273	118
41	1234	7,72	9,09	5,70	44,50	182	278	118
42	1233	7,59	9,10	5,02	43,20	183	277	119
43	1232	7,53	9,11	5,46	44,80	184	280	120
44	1231	7,48	9,12	5,46	44,20	185	271	120

TRIBUTARIO: Gállego **CAMPAÑA:** 4

Estación: LAT1 Cod. Est.: LA4T1
 Fecha: 01/08/2005 Hora: 17:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S mg/l
1	-	14,25	8,41	8,25	80,60	304	185	198

Aguas
TRIBUTARIO: Limpias **CAMPAÑA:** 4

Estación: LAT2 Cod. Est.: LA4T2
 Fecha: 01/08/2005 Hora: 17:45

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S mg/l
1	-	11,38	8,33	9,30	85,60	153	181	99

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO: LA1				
CAMPAÑA:	1	FECHA: 10/08/2004				
COTA MÁXIMA:	1284	NIVEL: 1273				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1T	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	3	41		
COTA	msnm	1272	1270	1232		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,1	0,2	1,0	1,0	0,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	41,5	42,0	62,9	146,5	33,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,1	0,7	0,8	2,6	3,0
DQO	mg O ₂ /l	3,9	7,8	7,8	7,8	7,8
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,025	0,005	0,004	0,203	0,237
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,041	0,016	0,012	0,520	0,384
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,005	0,004	0,170	0,125
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,23	0,34	0,58	0,50	1,74
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,06	0,13	0,19	0,00	2,24
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,10	0,15	0,00	1,74
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,19	0,24	0,43	0,50	0,00
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,08	0,23	1,13	13,47	0,33
NITRATOS	mg N/l	0,02	0,05	0,26	3,04	0,08
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,012	0,012	0,014	0,983	0,031
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,004	0,299	0,009
N INORGÁNICO	mg N/l	0,07	0,15	0,41	3,34	1,82
CALCIO	mg Ca/l	20,4	19,9	27,6		
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	1,0	1,0	2,2		
SODIO	mg Na/l	0,8	0,8	1,4		
POTASIO	mg K/l	0,2	0,2	0,4		
CLORUROS	mg Cl ⁻ /l	0,5	0,5	0,5		
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /l	7,1	6,7	6,8		
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,001		
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	0,46	0,03	1,42		
CLOROFILA a	µg/l	10,9				

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO: LA2				
CAMPAÑA:	2	FECHA: 22/11/2004				
COTA MÁXIMA:	1284	NIVEL: 1268				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	15	29		
COTA	msnm	1267	1253	1239		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	8,4			17,8	0,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	62,5			104,7	95,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,8			1,3	0,8
DQO	mg O ₂ /l	4,0			4,0	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,018	0,035	0,102	0,036	0,004
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,049	0,068	0,159	0,049	0,013
FOSFATOS	mg P/l	0,016	0,022	0,052	0,016	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,41	0,35	0,55	0,32	0,26
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,40	0,35	0,53	0,30	0,25
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,42	0,28	0,00	0,62	0,46
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,06	0,00	0,14	0,10
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,021	0,026	0,062	0,019	0,001
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,008	0,019	0,006	0,000
N INORGÁNICO	mg N/l	0,11	0,08	0,04	0,16	0,11
CLOROFILA a	µg/l	1,5				

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO: LA3				
CAMPAÑA:	3	FECHA: 07/04/2005				
COTA MÁXIMA:	1284	NIVEL: 1268				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	28	38		
COTA	msnm	1267	1240	1230		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,0			8,2	0,6
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	63,8			115,1	86,7
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,0			1,2	1,1
DQO	mg O ₂ /l	4,0			4,0	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,027	0,049	0,047	0,053	0,051
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,082	0,113	0,112	0,130	0,106
FOSFATOS	mg P/l	0,027	0,037	0,037	0,042	0,035
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,38	0,61	0,58	5,31	0,35
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,04	0,08	0,02	0,08	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,06	0,01	0,06	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,35	0,55	0,57	5,25	0,32
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,78	0,94	0,73	0,63	0,68
NITRATOS	mg N/l	0,18	0,21	0,17	0,14	0,15
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,035	0,030	0,024	0,035	0,010
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,009	0,007	0,011	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,22	0,29	0,18	0,22	0,18
CLOROFILA a	µg/l	12,0				

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO: LA4				
CAMPAÑA:	4	FECHA: 01/08/2005				
COTA MÁXIMA:	1284	NIVEL: 1275				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	22	43		
COTA	msnm	1274	1253	1232		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,5			1306,7	147,0
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,5			3,0	0,4
DQO	mg O ₂ /l	8,1			7,9	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,016	0,008	0,012	1,482	0,213
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,032	0,012	0,037	0,057	0,020
FOSFATOS	mg P/l	0,010	0,004	0,012	0,019	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,49	0,45	0,27	0,25
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,21	0,06	0,05	0,35	0,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,16	0,04	0,04	0,27	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,29	0,45	0,41	0,00	0,23
NITRATOS	mg NO ₃ /l	0,41	0,67	0,44	0,67	1,27
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,15	0,10	0,15	0,29
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,013	0,032	0,016	0,163	0,035
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,010	0,005	0,050	0,011
N INORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,20	0,14	0,47	0,32
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,000		
CLOROFILA a	µg/l	0,6				

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO:	LA 1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	10/08/2004
COTAMAX:	1284	D. SECCHI:	3,6
NIVEL:	1273	C.FÓTICA:	6,1
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1272	
CLOROFILA a	µg/l	10,90	
Población total	n° cel/ml	333	
Diversidad (H)	Bits	2,19	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	108	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	34	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	191	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOFICEA	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>	Bacillariofícea	108	
<i>Ankistrodesmus convolutus</i>	Clorofícea	8	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	24	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	17	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	14	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	17	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	141	

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO:	LA2
CAMPAÑA:	2	FECHA:	22/11/2004
COTAMAX:	1284	D. SECCHI:	0,9
NIVEL:	1268	C.FÓTICA:	1,5
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1267	
CLOROFILA a	µg/l	1,50	
Población total	n° cel/ml	354	
Diversidad (H)	Bits	0,30	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	8	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	1	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	344	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	5	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	342	
<i>Dinobryon sp.</i>	Crisofícea	1	

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO:	LA3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	07/04/2005
COTAMAX:	1284	D. SECCHI:	1,1
NIVEL:	1268	C.FÓTICA:	1,8
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1267	
CLOROFILA a	µg/l	12,00	
Población total	n°cel/ml	6.165	
Diversidad (H)	Bits	0,10	
Clase BACILLARIOFICEA	n°cel/ml	6.131	
Grupo CIANOBACTERIA	n°cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n°cel/ml	11	
Clase CRIPTOFICEA	n°cel/ml	7	
Clase CRISOFICEA	n°cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n°cel/ml	16	
Clase EUGLENOVICEA	n°cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n°cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n°cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	6	
<i>Diatoma mesodon</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Diatoma sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia amphibia</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Bacillariofícea	6.113	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	11	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	5	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	2	
<i>Peridinium umbonatum</i>	Dinofícea	14	

EMBALSE:	LANUZA	CÓDIGO:	LA4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	01/08/2005
COTAMAX:	1284	D. SECCHI:	2,8
NIVEL:	1275	C.FÓTICA:	4,8
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1274	
CLOROFILA a	µg/l	0,60	
Población total	n° cel/ml	563	
Diversidad (H)	Bits	1,99	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	18	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	60	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	481	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	2	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	12	
<i>Cymbella cistula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptotenella</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	12	
<i>Eudorina elegans</i>	Clorofícea	1	
<i>Kirchneriella sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Pandorina morum</i>	Clorofícea	7	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	31	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	23	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	17	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	76	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	365	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	1	
<i>Zygnema sp.</i>	Zigofícea	1	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (10/08/2004)



Detalle de la presa. Primavera de 2005 (07/04/2005)



Vista panorámica del embalse desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (01/08/2005)



Río Gállego, tributario principal del embalse de Lanuza. Verano de 2004 (10/08/2004)



Río Aguas Limpias, tributario secundario del embalse de Lanuza. Invierno de 2004 (22/11/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

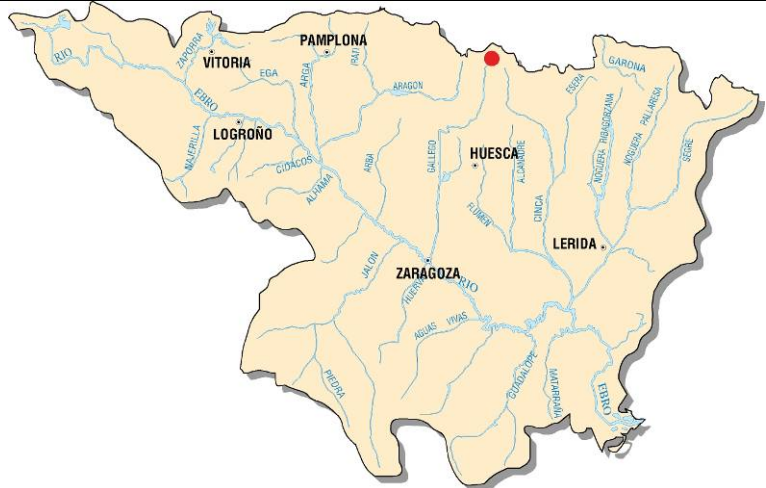
Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: LANUZA

CÓDIGO: LA

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Huesca
Municipio: Lanuza



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Tributario principal:	Río Gállego	Otros tributarios:	Aguas Limpias
Año de terminación:	1978	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Gállego	Altitud (msnm):	1.283,5
Capacidad total (hm³):	17	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	2,8	Perímetro (km):	7
Profundidad máxima (m):	17,5	Profundidad media (m):	69
Usos principales:	Hidroeléctrico	Otros usos:	Riego



Panorámica del embalse (22/11/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Nº Plano/s 1:50.000: 145



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
LANUZA		Meso-Eutro	Bueno
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 10/08/2004
Tª superficie (°C): 17,81	pH superficie (ud): 9,05	Conductividad superficie (µS/cm): 104
Tª fondo (°C): 7,56	pH fondo (ud): 7,59	Conductividad fondo (µS/cm): 153
Tª T1 (°C): 18,95	pH T1 (ud): 8,96	Conductividad T1 (µS/cm): 454
Tª T2 (°C): 10,32	pH T2 (ud): 8,34	Conductividad T2 (µS/cm): 87
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,6	6,1
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 3
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador:	Fecha de muestreo: 22/11/2005
Tª superficie (°C): 5,11	pH superficie (ud): 8,08	Conductividad superficie (µS/cm): 202
Tª fondo (°C): 4,41	pH fondo (ud): 7,95	Conductividad fondo (µS/cm): 218
Tª T1 (°C): 3,57	pH T1 (ud): 8,29	Conductividad T1 (µS/cm): 394
Tª T2 (°C): 7,25	pH T2 (ud): 8,22	Conductividad T2 (µS/cm): 261
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	0,9	1,5
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 07/04/2005
Tª superficie (°C): 6,19	pH superficie (ud): 8,04	Conductividad superficie (µS/cm): 183
Tª fondo (°C): 4,45	pH fondo (ud): 7,63	Conductividad fondo (µS/cm): 208
Tª T1 (°C): 7,00	pH T1 (ud): 8,22	Conductividad T1 (µS/cm): 306
Tª T2 (°C): 8,15	pH T2 (ud): 7,83	Conductividad T2 (µS/cm): 202
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,05	1,8
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 01/08/2005
Tª superficie (°C): 18,23	pH superficie (ud): 8,40	Conductividad superficie (µS/cm): 137
Tª fondo (°C): 7,48	pH fondo (ud): 9,12	Conductividad fondo (µS/cm): 185
Tª T1 (°C): 14,25	pH T1 (ud): 8,41	Conductividad T1 (µS/cm): 304
Tª T2 (°C): 11,38	pH T2 (ud): 8,33	Conductividad T2 (µS/cm): 153
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,8	4,8
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 7
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 10/08/2004				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	LAEIS	LAELIT	LAEIF	LATI	LAT2
PROFUNDIDAD	m	1	3	41		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,025	0,005	0,004	0,203	0,237
FOSFATOS	mg P/l	0,013	0,005	0,004	0,170	0,125
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,23	0,34	0,58	0,50	1,74
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,10	0,15	0,00	1,74
NITRATOS	mg N/l	0,02	0,05	0,26	3,04	0,08
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,004	0,004	0,299	0,009
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	10,9				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	333				
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas				Nº células/ml: 191	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>				Nº células/ml: 141	

2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 22/11/2004				
PARÁMETRO	UNIDAD	LAEIS	LAEIM	LAEIF	LATI	LAT2
PROFUNDIDAD	m	1	15	29		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,018	0,035	0,102	0,036	0,004
FOSFATOS	mg P/l	0,016	0,022	0,052	0,016	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,41	0,35	0,55	0,32	0,26
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,06	0,00	0,14	0,10
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,008	0,019	0,006	0,000
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,5				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	354				
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas				Nº células/ml: 344	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>				Nº células/ml: 342	

3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/04/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	LAEIS	LAEIM	LAEIF	LATI	LAT2
PROFUNDIDAD	m	1	28	38		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,027	0,049	0,047	0,053	0,051
FOSFATOS	mg P/l	0,027	0,037	0,037	0,042	0,035
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,38	0,61	0,58	5,31	0,35
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,06	0,01	0,06	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,18	0,21	0,17	0,14	0,15
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,009	0,007	0,011	0,003
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	12,0				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	6 165				
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas				Nº células/ml: 6 131	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>				Nº células/ml: 6 113	

4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 01/08/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	LAEIS	LAEIM	LAEIF	LATI	LAT2
PROFUNDIDAD	m	1	22	43		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,016	0,008	0,012	1,482	0,213
FOSFATOS	mg P/l	0,010	0,004	0,012	0,019	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,49	0,45	0,27	0,25
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,16	0,04	0,04	0,27	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,15	0,10	0,15	0,29
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,010	0,005	0,050	0,011
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	0,60				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	563				
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas				Nº células/ml: 481	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>				Nº células/ml: 365	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LANUZA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Lanuza 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 de la Mancha (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:

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

Cálculo para biovolumen:

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

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

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

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

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

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 <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 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

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FISICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos 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 LANUZA

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 Lanuza 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	24,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	3,60	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	10,90	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	333	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

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

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 Lanuza 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	4,00	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	2,80	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,60	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	563	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,75	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como ultraoligotrófico; la transparencia como mesotrófico; 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 Lanuza en 2005 ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LANUZA

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 Lanuza 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	10,90	0,18	0,52	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO				2		MODERADO	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,60			Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,37			Muy Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	24,00			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 Lanuza para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A 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 Lanuza 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,60	3,33	2,64	Bueno o Superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
POTENCIAL ECOLÓGICO							
Indicador	Elementos	Indicador	Valor				PE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,80				Moderado
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,26				Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,00				Muy Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

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