



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2016

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

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE EL GRADO



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO





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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Vicente Sancho Tello Valls y María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia Estudi General

EQUIPO DE TRABAJO:

Área de Limnología, dirigida por Dr. Eduardo Vicente Pedrós, Catedrático de Ecología. Director del Estudio.

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

89.000,00 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE EL GRADO

AÑO DE EJECUCIÓN:

2016

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2016



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la presa del embalse de El Grado desde el punto de toma de muestras.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2016). Establecimiento de una metodología para el seguimiento del potencial ecológico vs. estado trófico de los embalses de la cuenca del Ebro. 212 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.



ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE.....	7
2.1. <i>Ámbito geológico y geográfico</i>	<i>7</i>
2.2. <i>Características morfométricas e hidrológicas</i>	<i>8</i>
2.3. <i>Usos del agua</i>	<i>9</i>
2.4. <i>Registro de zonas protegidas.....</i>	<i>9</i>
3. TRABAJOS REALIZADOS	10
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
4.1. <i>Características fisicoquímicas de las aguas</i>	<i>11</i>
4.2. <i>Hidroquímica del embalse.....</i>	<i>14</i>
4.3. <i>Fitoplancton y concentración de clorofila</i>	<i>15</i>
4.4. <i>Zooplancton.....</i>	<i>19</i>
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	21
6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	22
ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO	

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2015-2016.	9
Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.	10
Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH	11
Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto	12
Figura 5. Perfil vertical de la conductividad	13
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	16
Figura 7. Vista de la presa del embalse	28
Figura 8. Vista de la cola del embalse.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de El Grado	8
Tabla 2. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.	15
Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.	16
Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.	19
Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.	20
Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	21
Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de El Grado.	21
Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	22
Tabla 9. Combinación de los indicadores.	23
Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de El Grado.	23
Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR _t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015).	24
Tabla 12. Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	25
Tabla 13. Combinación de los indicadores.	25
Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (<i>PE_{norm}</i>) del embalse de El Grado.	26



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de El Grado durante los muestreos de 2016 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una consulta ágil y rápida del documento.

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del Grado trófico.
- Clasificación del “Potencial Ecológico experimental”, tras la aplicación de los indicadores biológicos, propuestos en la MEMORIA DEL ESTUDIO, y fisicoquímicos, propuestos en la Directiva Marco del Agua.
- Clasificación del “Potencial Ecológico normativo”, tras la aplicación de los indicadores biológicos y fisicoquímicos propuestos en la Directiva Marco del Agua.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

El embalse de El Grado está situado en el borde septentrional de la depresión terciaria del Ebro, concretamente dentro de la gran unidad geológica denominada “depresión media”.

En geología, el embalse de El Grado se sitúa sobre materiales Terciarios y Cuaternarios. Los materiales del terciario se componen de distintas facies como son areniscas, calizas, yesos, conglomerados, margas y lutitas. Existen depósitos pertenecientes al Cuaternario como conos de deyección, depósitos de ladera y coluviales, cantos y gravas en matriz areno - arcillosa, aluviales y fondos de valle, cantos y gravas redondeados, arenas y limos. También hay presencia de rocas volcánicas en la zona.

El embalse del El Grado se sitúa dentro del término municipal de El Grado, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Cinca.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de grandes dimensiones, de geometría regular y fusiforme.

La cuenca vertiente al embalse de El Grado tiene una superficie total de 213736,02 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 399,48 hm³. Tiene una profundidad media de 31,3 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 85 m.

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

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de El Grado.

Superficie de la cuenca	2375 km ²
Capacidad total N.M.N.	399,48 hm ³
Capacidad útil	240 hm ³
Aportación media anual	1350 hm ³
Superficie inundada	1273 ha
Cota máximo embalse normal	450 msnm

Tipo de clasificación: 11. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.

Se trata de un embalse monomítico. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno entre los 14 - 22 metros de profundidad. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 14 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 10,5 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de El Grado para el año hidrológico 2015-2016 fue de 3,47 meses.

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

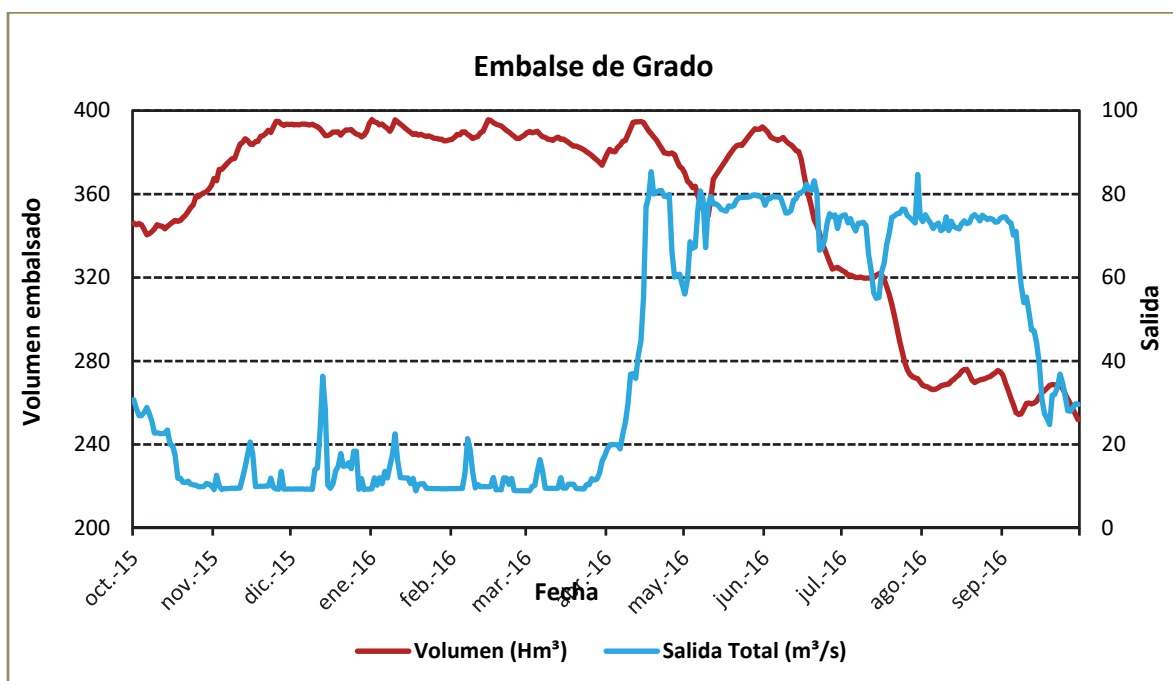


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2015-2016.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, producción hidroeléctrica y abastecimiento a la población. La navegación está permitida (sin restricciones para el remo y vela, con limitaciones para la navegación a motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de El Grado forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, dentro de la categoría de zonas de extracción de agua para consumo humano.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo junto a la presa lateral al este de la principal, debido a que la cota embalsada no permitía la navegación por el mismo (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 9 de Agosto de 2016, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y el la transparencia en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada y otras puntuales para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

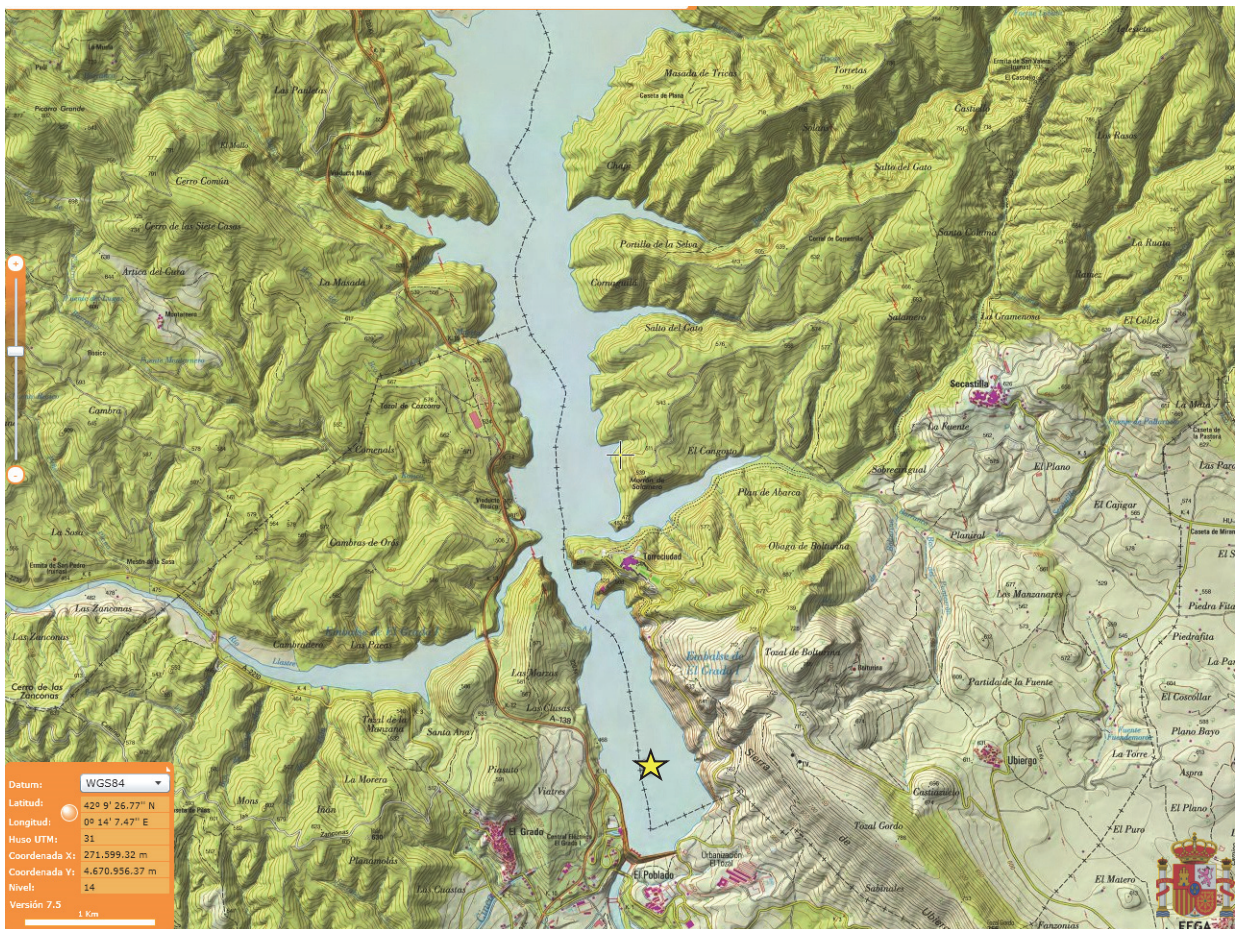
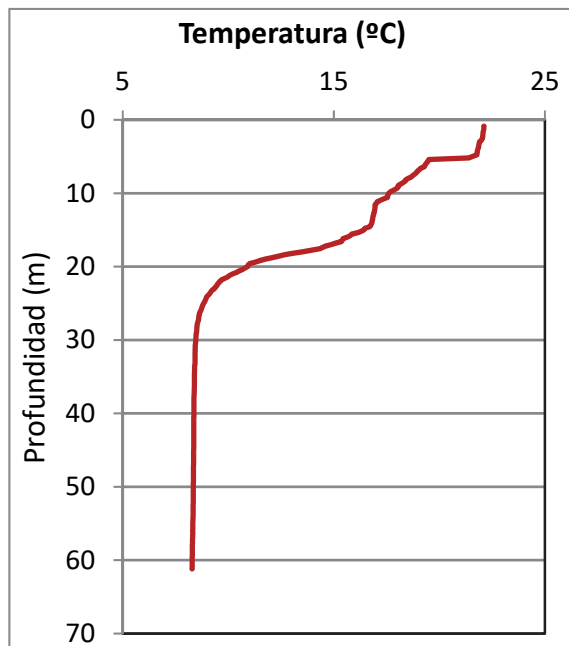


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

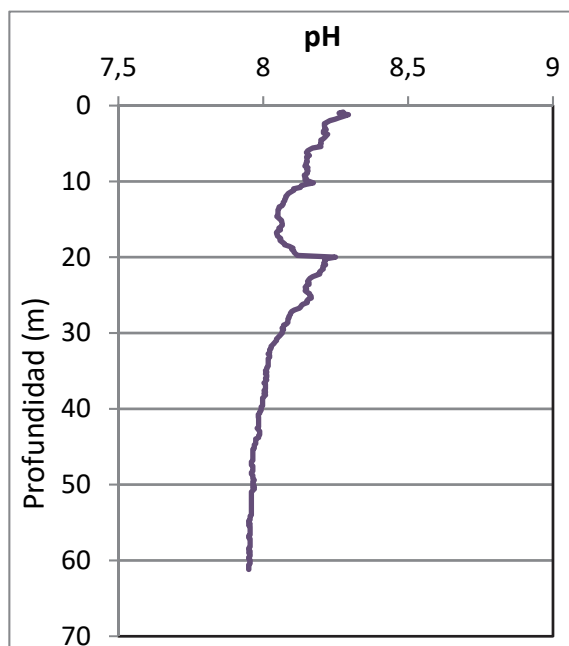
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

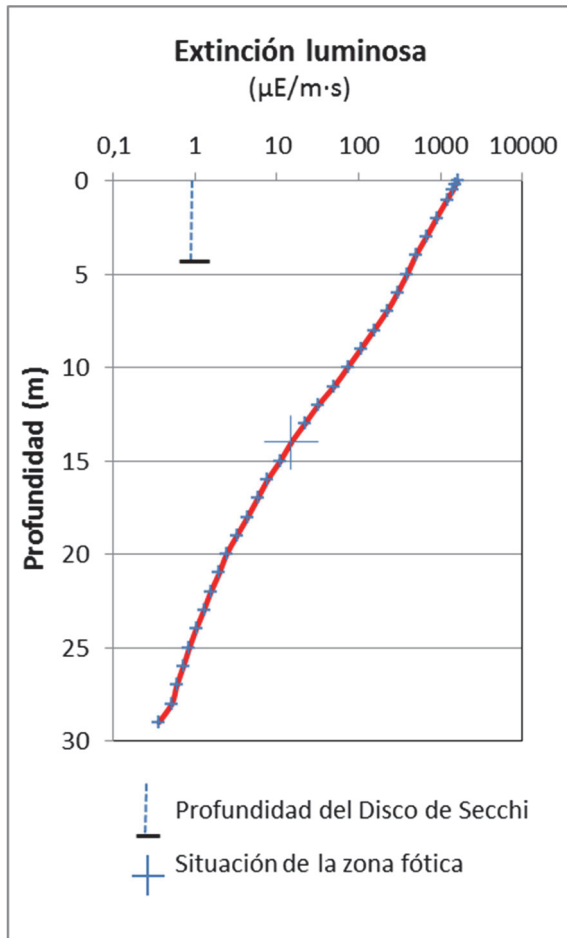


La temperatura del agua oscila entre los 8,30 °C – en el fondo- y los 22,11 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2016) la termoclina se sitúa entre los 14 – 22 metros de profundidad.



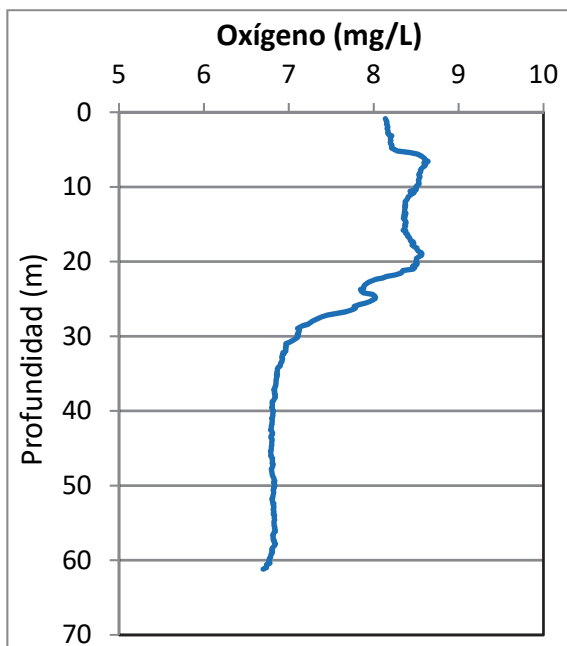
El pH en superficie es de 8,26. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,96. Ambos valores coinciden respectivamente con el máximo y el mínimo valor de pH medidos de la columna de agua. Se observa un aumento de pH en el metalimnion.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



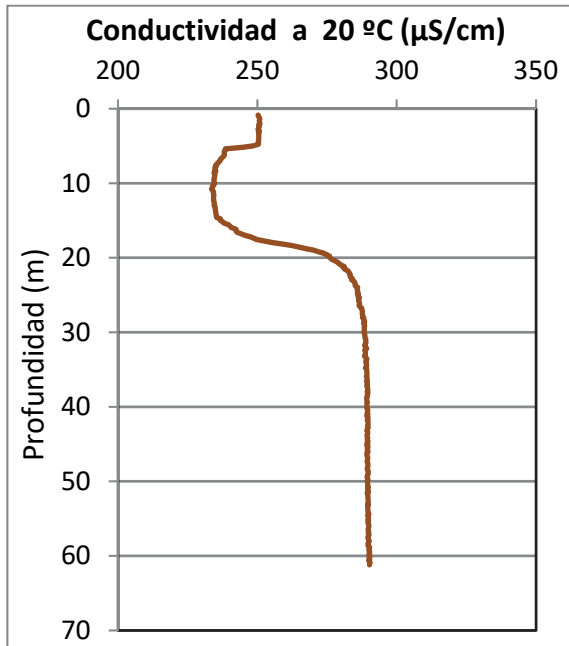
La transparencia del agua registrada en la lectura del disco de Secchi (DS) es de 4,2 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 10,5 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 14 m, por lo que a efectos de muestreo se considera ese espesor de columna de agua.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 14 m de profundidad) fue de 2,31 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en la zona epilimnética alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,38 mg/L. Mientras que en el hipolimnion la concentración media es de 7 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L).

Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto.



La conductividad del agua es de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo, observándose un aumento a la profundidad de la termoclina.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.



4.2. Hidroquímica del embalse

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

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 2,74 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,81 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,31 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,16 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,059 mg NH_4/L .
- La concentración de sílice tomó un valor de 3,15 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,36 meq/L.



4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 29 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	6
CHRYSOPHYCEAE	6
CHLOROPHYTA	6
CYANOBACTERIA	1
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	5
EUGLENOPHYCEAE	1

La estructura de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2 y la composición detallada en la tabla 3.

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cel./ml	741,41
BIOVOLUMEN TOTAL	µm³/ml	232081
Diversidad Shannon-Wiener		3,56
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		261,51
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Cyclotella delicatula</i>
Nº células/ml		216,21
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Chrysophyceae
µm³/ml		74504
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Ochromonas</i> sp.
µm³/ml		52781

La concentración de clorofila fue de 0,81 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada (profundidad señalada en la figura 6 con una línea roja). Se observa en el perfil medido por fluorimetría que hay un valor máximo en la zona epilimnética, sobre los 10 m de profundidad.

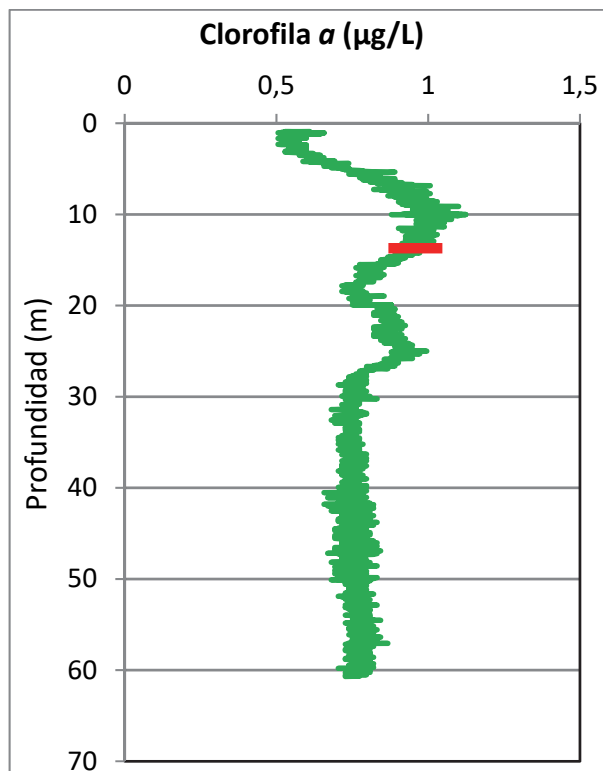


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

La composición de la población fitoplanctónica de la muestra integrada de la zona fótica indicando su abundancia y biovolumen, y la densidad cualitativa de la muestra integrada de fitoplancton del muestreo vertical con red de plancton, se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	(1 al 5)
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
CYCLCYCLO	<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	39,83	16938,70	2
CYCLDELI0	<i>Cyclotella delicatula</i> (=Lindavia delicatula)	216,21	33283,06	
CYCLRADIO	<i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa)	2,84	6452,84	1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
ASTEFORM0	<i>Asterionella formosa</i>	1,31	945,02	3
DIPLOVAL0	<i>Diploneis ovalis</i>	0,33	566,97	
FRAGCAPU0	<i>Fragilaria capucina</i>			1
FRAGIGEN0	<i>Fragilaria</i> sp.	0,98	295,32	1
FRAGULNA0	<i>Ulnaria ulna</i> (=Fragilaria ulna)			1



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
	CHRYSTOPHYCEAE			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	56,90	1820,72	
DINOBAVA0	<i>Dinobryon bavaricum</i>	2,84	495,66	2
DINODIVE0	<i>Dinobryon divergens</i>	56,90	9913,12	3
DINOSERT0	<i>Dinobryon sertularia</i>	62,59	8921,81	4
KEPHLITTO	<i>Kephyrion littorale</i>	11,38	572,00	
OCHROGEN0	<i>Ochromonas</i> sp.	79,66	52781,60	
	CHLOROPHYTA			
CLOSACIRO	<i>Closteriopsis acicularis</i>			1
COENHIND0	<i>Coenochloris hindakii</i>	42,67	1429,99	1
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.	17,07	3065,55	
CHLOGLAR0	<i>Chlorolobion glareosum</i>	8,53	223,44	
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	8,53	107,25	
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	11,38	381,33	
TETRMEDIO	<i>Tetraedron mediocris</i>	2,84	139,65	
	CYANOBACTERIA			
APHAGRAC0	<i>Aphanizomenon gracile</i>	18,70	2203,46	1
PSEUDGEN0	<i>Pseudanabaena</i> sp.			1
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	8,53	20400,12	1
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>	5,69	7930,50	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis (=Rhodomonas) lacustris</i>	65,43	8839,14	1
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)</i>	5,69	246,28	
	DINOPHYCEAE			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,33	14352,51	1
GYMNHV0	<i>Gymnodinium helveticum</i>	0,33	3247,20	
GYMNUBER0	<i>Gymnodinium uberrimum</i>			1
KATODGEN0	<i>Katodinium</i> sp.	5,69	4075,48	
PERIUMBO0	<i>Peridinium umbonatum (=Parvodinium umbonatum)</i>	4,59	18184,34	1
WOLOCORO0	<i>Woloszynskia coronata</i>	1,97	7009,84	
	EUGLENOPHYCEAE			
EUGLAGILO	<i>Euglena agilis</i>	1,64	7258,96	



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	(1 al 5)
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	261,51	58481,91	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	270,26	74504,90	
	TOTALES CHLOROPHYTA	91,04	5347,20	
	TOTALES CYANOBACTERIA	18,70	2203,46	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	85,35	37416,03	
	TOTALES DINOPHYCEAE	12,91	46869,38	
	TOTALES EUGLENOPHYCEAE	1,64	7258,96	
	TOTALES ALGAS	741,41	232081,84	

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

Clases de abundancia	% de presencia
1	<9
2	10-24
3	25-60
4	61-99
5	>99

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de El Grado se han identificado un total de 8 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 1 Cladocera
- 1 Copepoda
- 8 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 4:

Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	15,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	19,23
BIOMASA TOTAL	µg/L	14,29
Diversidad Shannon-Wiener		1,91
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cladóceros
individuos/L		11,15
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Ceriodaphnia pulchella</i>
individuos/L		11,15
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		13,38
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Ceriodaphnia pulchella</i>
µg/L		13,38
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 30 m
CLADÓCEROS: 26,15 %	COPÉPODOS: 16,79 %	ROTÍFEROS: 57,06 %



La composición detallada de la población zooplanctónica presente en la muestra cuantitativa de zooplancton indicando la densidad y biomasa, y el porcentaje de las especies presentes en la muestra integrada de la red vertical, se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

CÓDIGO	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
TAXÓN	ZOOPLANCTON	Ind./L	mg/L	%
	CLADÓCEROS			
BOSMLONG0	<i>Bosmina longirostris</i>			0,05
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	11,15	13,38	22,38
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>			1,86
DIAPBRAC0	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>			1,86
	COPÉPODOS			
CYCLABYS0	<i>Cyclops abyssorum</i>			0,01
CYCLOPFAM	Ciclópido	2,31	0,35	16,78
	ROTÍFEROS			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	2,69	0,17	1,86
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	0,38	0,29	0,93
COLPELA0	<i>Collotheca pelagica</i>	1,92	0,06	14,92
GASTSTYLO	<i>Gastropus stylifer</i>			1,86
KELLOLON1	<i>Kellicotia longispina longispina</i>	0,19	0,01	0,09
KERACOCHO	<i>Keratella cochlearis</i>			1,86
LECALUNA0	<i>Lecane luna</i>	0,19	0,01	
PLOETRUN0	<i>Ploesoma truncatum</i>			9,32
POLYDOLIO	<i>Polyarthra dolichoptera</i>			14,92
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>			7,46
POMPSULC0	<i>Pompholyx sulcata</i>	0,38	0,02	0,09
SYNCOBLO0	<i>Synchaeta oblonga</i>			3,73
	Total Cladóceros	11,15	13,38	26,15
	Total Copépodos	2,31	0,35	16,79
	Total Rotíferos	5,77	0,56	57,06
	Total	19,23	14,29	100

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 6, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ($\mu\text{g P/L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
VALOR PROMEDIO FINAL	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

En la tabla 7 se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final.

Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de El Grado.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	2,74	Ultraoligotrófico
CLOROFILA a	0,81	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	4,20	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	741	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	1,5	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, los parámetros de fósforo total (PT) y concentración de clorofila a sitúan al embalse en rangos de ultraoligotrofia. Mientras que los resultados obtenidos según la transparencia (DS) y la densidad algal clasifican el embalse como oligotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de EL GRADO ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (PEexp)

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 8, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.

Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	< 10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵	
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	< 2,5	2,5-8	8,0-25	>25	
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	< 0,5	0,5-2	2-8	>8	
		Phytoplankton Assemblage Index (Q)	> 3	2-3	1-2	<1	
		Trophic Index (TI)	< 2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25	
		Phytoplankton Trophic Index (PTI)	> 3,4	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8	
	Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
Zooplancton	Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			< 2,6	2,6 - 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2	
Indicador	Elementos	Parámetros	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O ₂ (mg O ₂ /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			Muy bueno	Bueno	Moderado		
			< 1,6	1,6 – 2,4	> 2,4		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento de menor puntuación (fitoplancton o zooplancton) o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene asignando la calificación del elemento de menor puntuación o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico experimental final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 9:

Tabla 9. Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 10 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de El Grado.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	741	Bueno o superior
		Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0,81	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,23	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,69	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,82	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,26	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	5,85	Bueno o superior
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	9,72	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO			4,0	DEFICIENTE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,20	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,00	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,74	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			2,0	BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{Exp}				DEFICIENTE

b) Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B+/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas 11 y 12, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015).

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

Tabla 12. Parámetros, rangos del RECT 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 final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 13:

Tabla 13. Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 14 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PE_{norm}*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.



Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (*PE_{norm}*) del embalse de El Grado.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,81	3,22	2,56	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,23	3,27	2,42	Bueno o superior
			Media			2,49	
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,14	1,001	1,03	Bueno o superior
			Porcentaje de cianobacterias	0,95	0,99	0,99	Bueno o superior
			Media			1,01	
Media global						1,75	
INDICADOR BIOLÓGICO						1,75	BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,20			Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,00			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,74			Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO						2,0	BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				BUENO O SUPERIOR			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse



Figura 8. Vista de la cola del embalse