



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE EL GRADO
AÑO 2009



UTE DBO5, SL-ICA, SL-ENTECSA
C/MIGUEL MENÉNDEZ BONETA, 2 Puerta 8
28460 LOS MOLINOS (MADRID)
CIF: G-84535319

CONSULTOR:
UTE RED BIOLÓGICA EBRO

Oficinas UTE Madrid: c/ Miguel Menéndez Boneta 2-4, puerta 8
28460 Los Molinos, Madrid TF y FAX 91 855 00 29 E-mail: consultoria@ica1.e.telefonica.net

DICIEMBRE 2009

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE	2
2.1. Ámbito geológico y geográfico	2
2.2. Características morfológicas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
3. TRABAJOS REALIZADOS	5
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	6
4.1. Características físico-químicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	8
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4. Zooplancton	10
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	11
6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de El Grado durante los muestreos de 2009 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

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

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano 2009, correspondiente al año hidrológico 2008-2009).

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", 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 el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

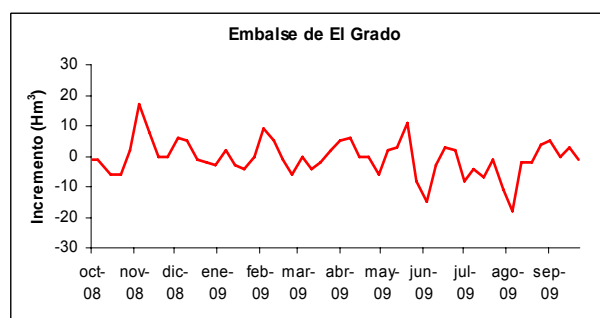
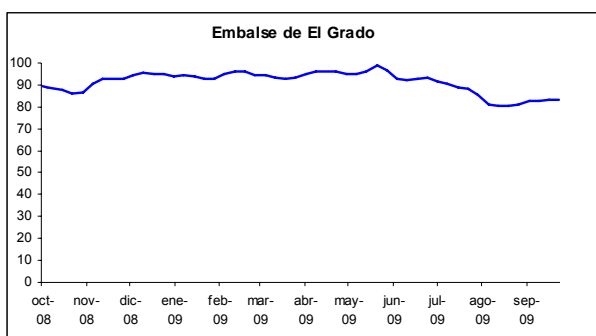
CUADRO 1
 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE EL GRADO

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

Se trata de un embalse monomítico. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno entre los 10-23 metros de profundidad el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 17,50 metros de profundidad. El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de El Grado para el año hidrológico 2008-2009 fue de 7 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2008-2009, así como los incrementos semanales en Hm³.

GRÁFICO 1
 VOLUMEN EMBALSADO (%) E INCREMENTOS SEMANALES (Hm³) DURANTE EL AÑO
 HIDROLÓGICO 2008-2009



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 en las inmediaciones de la presa (ver **Figura 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 21 de Junio de 2009, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fito y zooplancton.

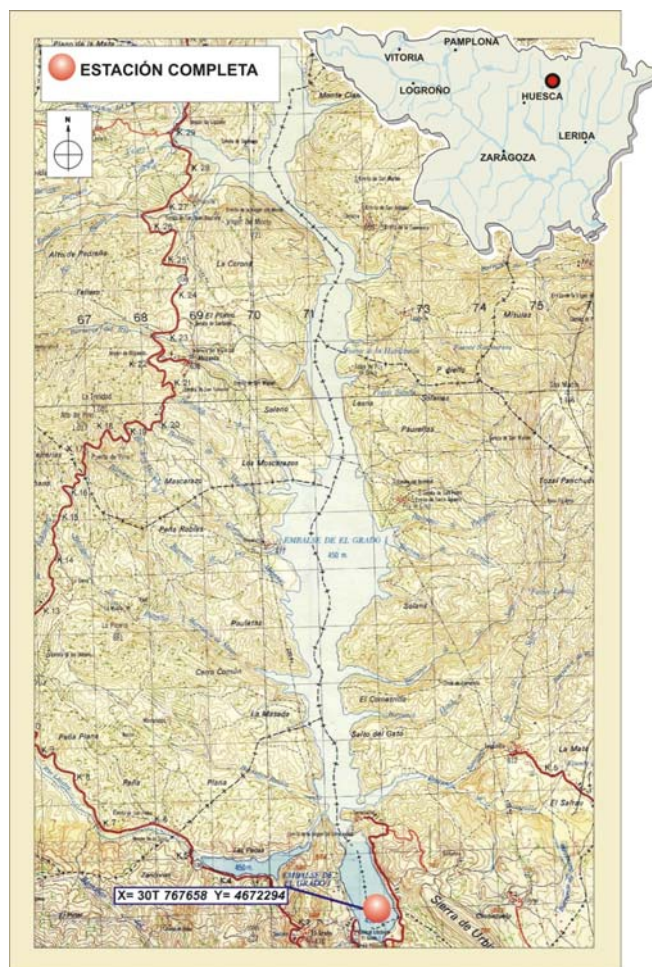


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

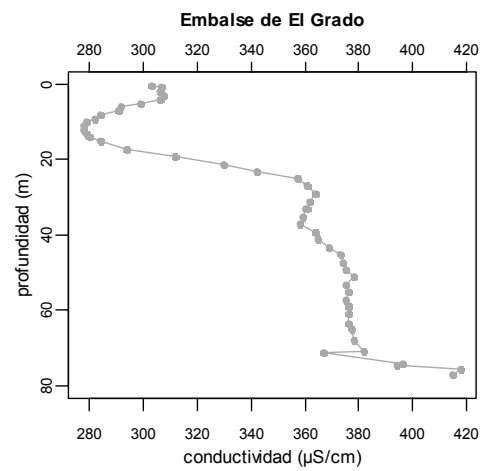
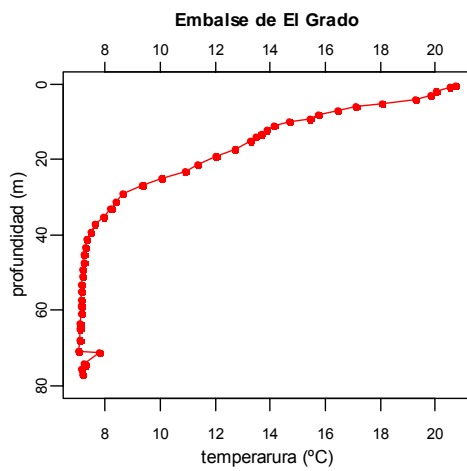
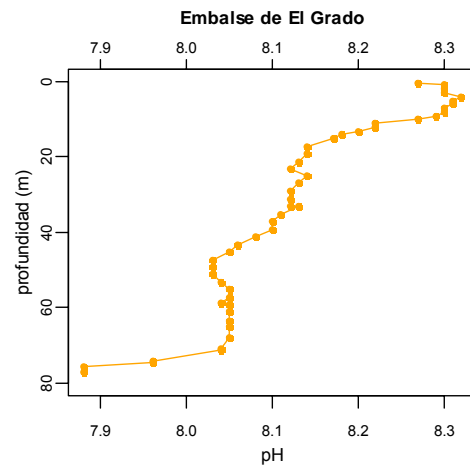
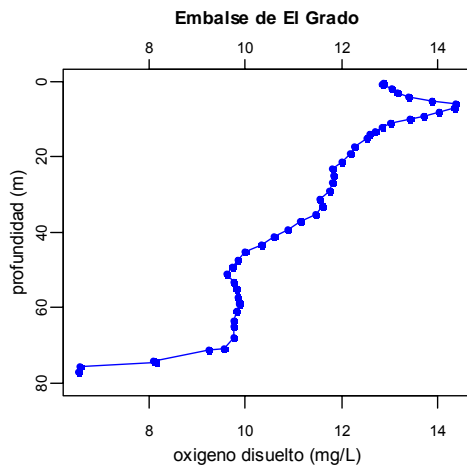
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 7,17 °C – en el fondo- y los 20,75 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2009) la termoclina se sitúa entre los 10 y los 23 m de profundidad.
- El pH del agua en la superficie es de 8,27. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,88. Este último valor coincide con el mínimo hipolimnético estival, el máximo epilimnético estival se sitúa a 4 m, tomando un valor de 8,32.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 7 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 17,50 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,91 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 13,55 mg/L. En el hipolimnion, las condiciones de oxigenación son de 10,00 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L).
- La conductividad del agua es de 303 µS/cm en la superficie, donde el valor es máximo, y de 415 µS/cm en el fondo.

GRÁFICO 2
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE EL GRADO



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2009 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 17,01 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 16,09 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,32 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,27 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) resultó inferior al límite de detección (0,1 mg N/L).
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,91 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,6 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 16 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Bacillariophyceae
- 3 Dinophyta
- 3 Chrysophyceae
- 3 Chryptophyta
- 3 Chlorophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de clorofíceas (40%). Entre las especies más abundantes, encontramos la clorofícea *Pedinomonas* sp (25% de la densidad total). En cuanto al porcentaje de biovolumen total, destacan los dinófitos, con un 73%. El dinófito *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin proporciona gran parte del biovolumen total (40,1%).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de las bacilariofíceas es el mejor representado, con 4 especies.

La concentración de clorofila durante el muestreo fue de de 0,73 µg/L.

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:

- 6 Rotífera
- 2 Cladocera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 2**)

CUADRO 2
 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

EMBALSE DE EL GRADO		FECHA DE MUESTREO	21/06/2009
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	GRA	
PROFUNDIDAD	m	17,00	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	53	
BIOMASA TOTAL	µg/L	8	
CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		ROTÍFERA (96%)	
individuos/L		51	
ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		<i>Synchaeta kitina</i> (58%)	
individuos/L		30	
CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		CLADÓCERA (63%)	
µg/L		5	
ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i> (49%)	
µg/L		4	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la densidad del rotífero *Synchaeta kitina*, con un 58% de la densidad total y el cladócero *Daphnia longispina* (73% de la biomasa total) En cuanto a diversidad de especies, el grupo de rotíferos es el mejor representado, con 6 especies.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 3** para los valores medios en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 120).

CUADRO 3
 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 ($\mu\text{g/L}$) en	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 4** 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.

CUADRO 4
 DIAGNOSTICO DEL ESTADO TROFICO DEL EMBALSE DE EL GRADO

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	17,01	Mesotrófico
CLOROFILA A	0,73	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	7,00	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	235	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,25	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el fósforo total (PT) indica un estado de mesotrofia y la densidad algal de oligotrofia. Mientras que los resultados obtenidos según la transparencia (DS) y la concentración de clorofila a clasifican al embalse como ultraoligotrófico. El estado trófico final para el embalse de El Grado se ha propuesto como **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerando los indicadores especificados en el **Cuadro 5**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 157).

CUADRO 5

PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	<100	100-10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
		<i>Trophic Index (TI)</i>	<2,06	2,06-2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	>4,2	3,4-4,2	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			4, 2 -5	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	1-1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad 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)			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento fitoplancton y zooplancton.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es

igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el estado fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 6** 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.

CUADRO 6

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE EL GRADO.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	235	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	0,73	Óptimo
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	0,30	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,28	Óptimo
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,72	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,63	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	5,3	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	3,8	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			4,3	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	7,00	Óptimo
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/LO ₂)	10,00	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	17,0	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,3	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO				ÓPTIMO

b) Aproximación normativa (PE_{norm})

Se han considerando los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase bueno-moderado (B/M), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en el **Cuadro 7**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 163).

CUADRO 7

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO (VR_t) Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE POTENCIAL ECOLÓGICO (B/M, BUENO-MODERADO) DE LOS INDICADORES DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD DE EMBALSES (ORDEN ARM 2656).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR _t	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2	9,5	0,21
			Biovolumen mm ³ /L	0,36	1,9	0,19
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,1	10,6	0,97
			Porcentaje de cianobacterias	0	9,2	0,91
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 8** 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 estado fisicoquímico.

CUADRO 8

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE EL GRADO.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	0,73	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,30	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	0,15	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias	0,00	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	7,00	Óptimo
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	10,00	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	17,0	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,3	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			ÓPTIMO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Técnico de campo realizando mediciones



Foto 3: Panorámica del embalse



Foto 4: Presa del embalse El Grado