



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE EL GRADO
AÑO 2008



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

ENERO 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 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	6
4.1. Características fisicoquímicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	8
4.3. Fitoplacton y concentración de clorofila	9
4.4. Zooplancton	10
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	12
6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	13

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 2008 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 2008, correspondiente al año hidrológico 2007-2008).

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.

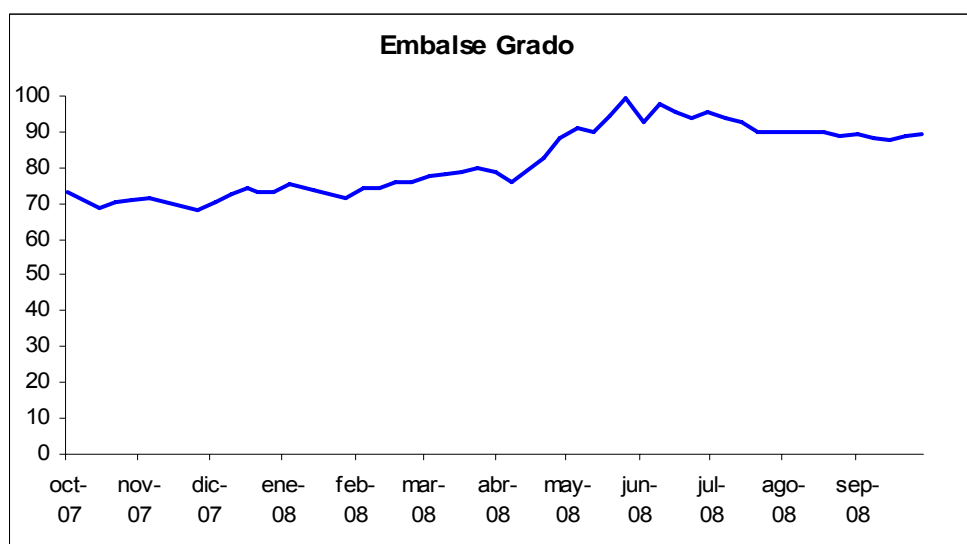
CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE EL GRADO

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 a los 4 metros de profundidad el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 16,00 metros de profundidad.

En la **Figura 1** se presentan los valores semanales del volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2007-2008.

Figura 1
VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2007-2008



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).

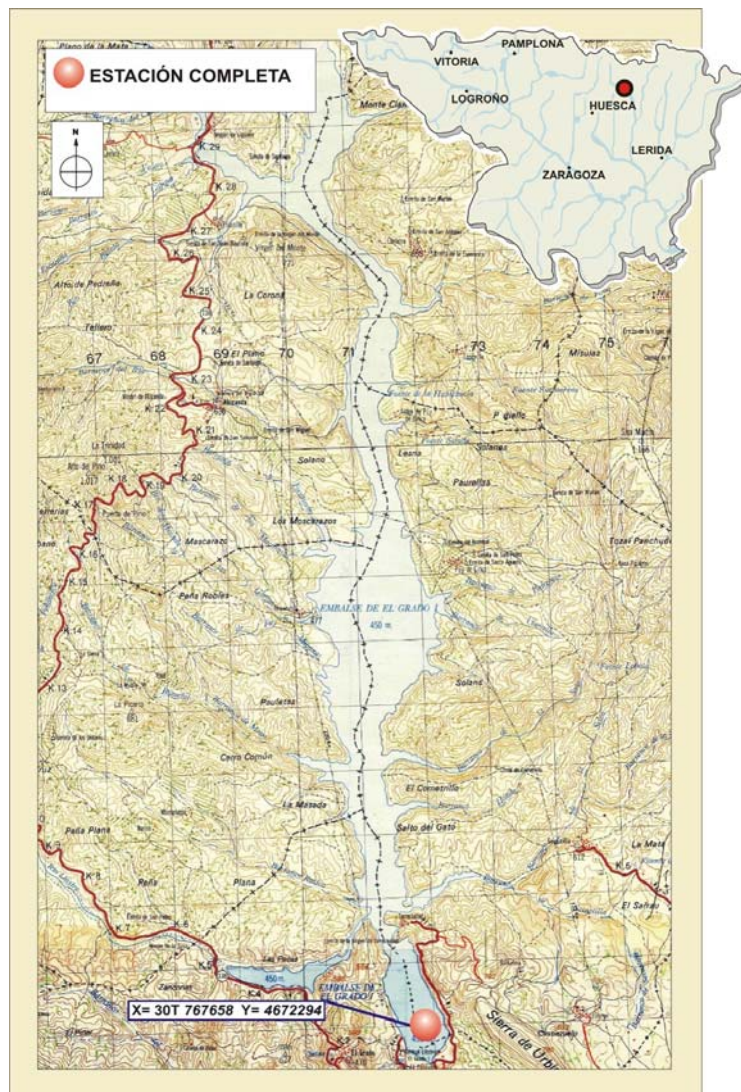
2.4. Registro de zonas protegidas

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. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa.

Se ha realizado una campaña de muestreo el 6 de Julio de 2008. En esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.



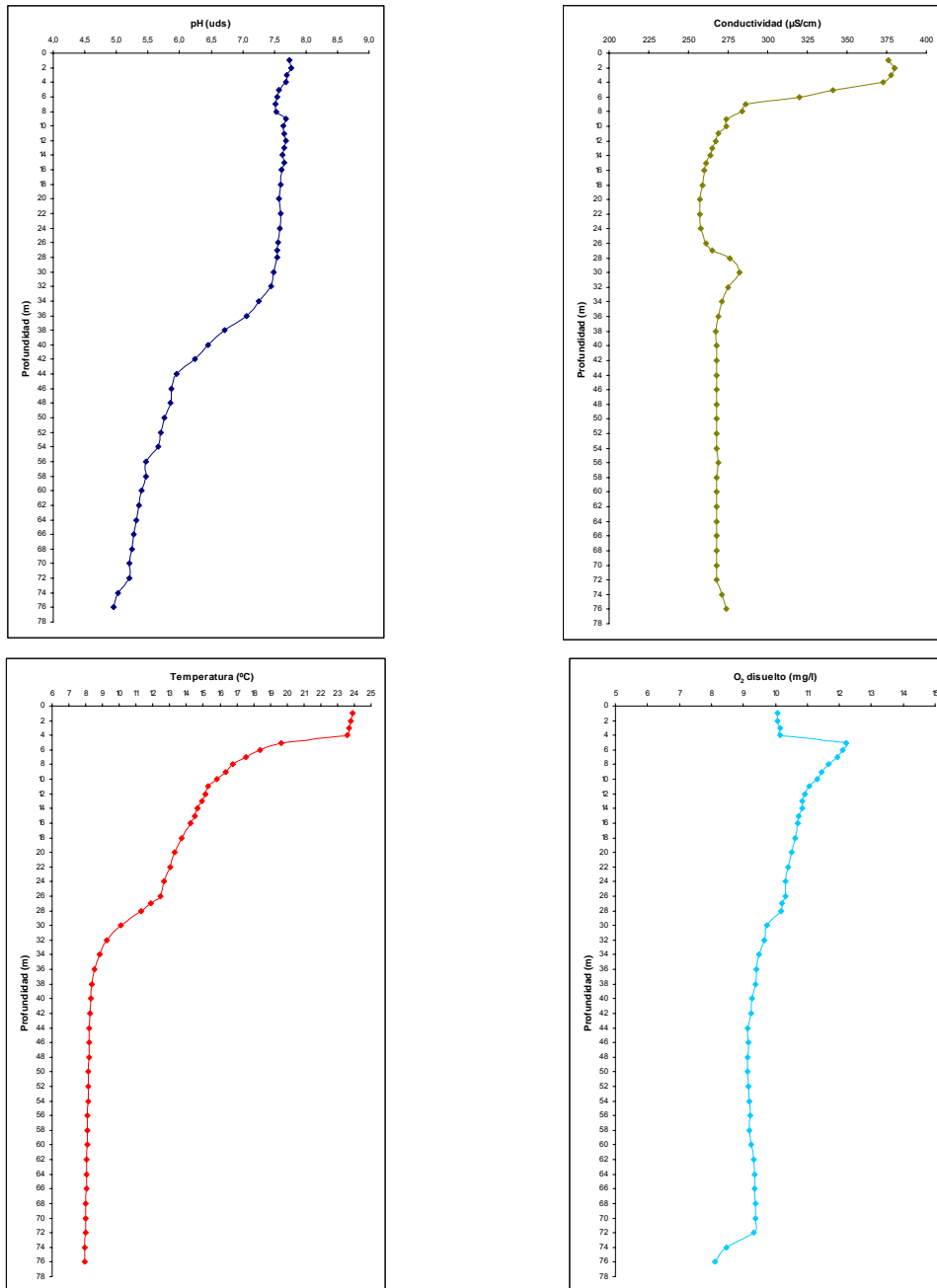
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 8,0 °C – en el fondo- y los 23,9 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2008) la termoclina se sitúa a 4 m de profundidad.
- El pH del agua en la superficie es de 7,74. En el fondo del embalse el valor del pH es de 4,96. Ambos valores coinciden con el máximo epilimnético estival y el mínimo hipolimnético estival registrados.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 6,40 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 16,00 metros.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 10,11 mg/L. En el hipolimnion, las condiciones de oxigenación son de 9,94 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L).
- La conductividad del agua es de 376 µS/cm en la superficie, donde el valor es máximo, y de 274 µS/cm en el fondo.

GRÁFICO 1
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE EL GRADO



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total en el muestreo, ha sido de 9,8 $\mu\text{g P /L}$.
- La concentración de nitrógeno total (N) se sitúa en 0,38 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito) tomó un valor de 0,07 mg N /L.
- La concentración de amonio resultó inferior al límite de detección (0,1 mg NH_4 /L)
- La concentración de sílice tomó un valor de 3,5 mg SiO_2 /L.

4.3. Fitoplacton y concentración de clorofila

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

- 9 Bacillariophyceae
- 5 Dynophyta
- 5 Chrysophyceae
- 5 Chryptophyta
- 1 Euglenophyta
- 1 Chlorophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2008, está caracterizada la diatomea *Cyclotella radiosa* (Grunow), que representa un 20% de la densidad total, seguida de los clorófitos *Pedinomonas* sp y clorófica forma bacilar (5x3 µm) con 16 % y 14% respectivamente. Destacan también los crisófitos *Dinobryon bavaricum* Imhof y *Rhodomonas minuta* Skuja con 11% de la densidad total cada uno. Les sigue el criptófito *Rhodomonas lacustris* Pascher & Rutter con un 10%.

Respecto al biovolumen total en la muestra dominan los dinófitos, destacando *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) en la muestra integrada, con un 40%, seguido de *Peridinium willei* (Huitfeldt-Kaas) con un 18%.

El grupo de las bacilariofíceas es el que presenta mayor diversidad de especies con 9; seguido de los criptófitos, dinófitos y crisófitos; todos ellos con 5 especies cada uno. Los grupos menos representados son los clorófitos y euglenófitos, con una única especie cada uno.

La concentración de clorofila durante el muestreo fue de de 0,50 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de El Grado se han identificado un total de 9 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 6 Rotifera
- 2 Cladocera
- 1 Copepoda

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	06/07/2008
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	GRA	
PROFUNDIDAD	m	16,00	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	96,50	
BIOMASA TOTAL	µg/L	22,60	
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		ROTIFERA	
individuos/L		93,00	
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Synchaeta kitina</i>	
individuos/L		55,20	
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		CLADOCERA	
µg/L		17,90	
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>	
µg/L		16,50	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2008, está caracterizada por la densidad del rotífero *Synchaeta kitina*, con un 57% de la densidad total.

Respecto a la biomasa, cabe destacar: el cladocero *Daphnia longispina* con un 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. 82).

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	9,8	Oligotrófico
CLOROFILA A	0,5	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	6,4	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	228,3	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,5	ULTRAOLIGOTROFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el fósforo total (PT) y la densidad algal indican un estado 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 es **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. 131).

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
		Indice fitoplanctonique I _{pl}	0-20	20-40	40-60	60-80	>80
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
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
	Elemento combinado	TSI	<20	20-40	40-60	60-80	>80
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			4-5	3-3, 9 9	<3		

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

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 4 elementos es igual o superior a 4, se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema

(AS.FUN). Si no se alcanzan los 3 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)	228,3	BUENO
		Clorofila a (µg/L)	0,5	OPTIMO
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	0,2	BUENO
		Indice Planctonique (I _{PL})	50,0	MODERADO
		Phytoplankton Assemblage Index (Q)	4,2	OPTIMO
INDICADOR BIOLÓGICO			4,2	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	6,4	OPTIMO
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/LO ₂)	9,9	OPTIMO
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	9,8	BUENO
	Elemento combinado	TSI	30,2	BUENO
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,5	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO			BUENO	

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

Se han considerado 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. 137).

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)	5,20	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	3,72	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	1,00	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias (Q)	1,00	Bueno
INDICADOR BIOLÓGICO			2,75	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	4,50	BUENO
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	0,27	MALO
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	10,2	MODERADO
	Elemento combinado	TSI	37,31	BUENO
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,00	AS-FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			ÓPTIMO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO
