



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE BÚBAL
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
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	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
<u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u>	5
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	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
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	11
<u>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Búbal 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 (DMA).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

El embalse de Búbal se sitúa en el Pirineo central, en el Valle de Tena. Tres grandes moles conforman el Valle, al oeste la Sierra de la Partacua y al este Tendeñera y las montañas del Pirineo Axial. En términos geológicos, se encuentra situado sobre materiales del Paleozoico, como las pizarras ampelíticas. Además, se encuentran rocas carbonatadas de tipo calizas, areniscas y lutitas y depósitos aluviales, como gravas, arenas y limos (depósitos de glaciares, piedemonte y superficie). 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 de Búbal se sitúa en el corazón del Valle de Tena en el Pirineo de Huesca, dentro de los términos municipales de Biescas, Hoz de Jaca, Panticosa y Sallent de Gállego, en la provincia de Huesca. En sus orillas encontramos pequeños núcleos de población como Búbal, Hoz de Jaca, Saqués o El Pueyo de Jaca. Regula las aguas del río Gállego y recibe también las de los ríos Caldares y Aguilero.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de pequeñas dimensiones y de geometría alargada.

La cuenca vertiente al embalse de Búbal tiene una superficie total de 267.963,67 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 101,10 hm³. Caracterizado por una profundidad media de 22,8 m, mientras que la profundidad máxima es de 72,7 m.

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

CUADRO 1
 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE BÚBAL

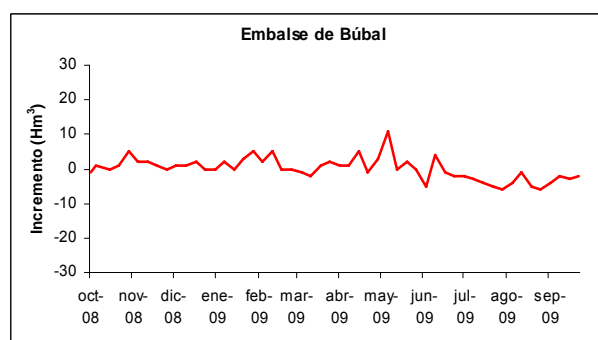
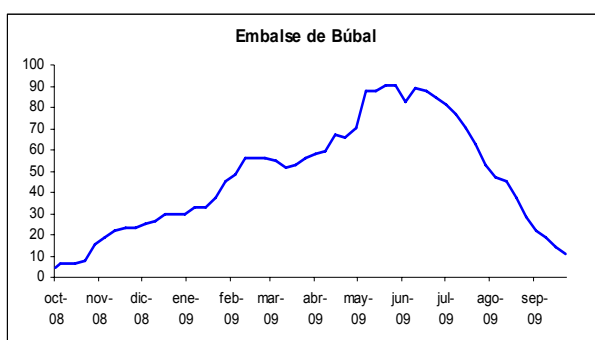
Superficie de la cuenca	2679,63 km ²
Capacidad total	101,10 hm ³
Capacidad útil	78,38 hm ³
Aportación media anual	1013 hm ³
Superficie inundada	443 ha
Cota máximo embalse normal	518,30 msnm

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea ubicado en la zona húmeda de la red principal. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno a los 6 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 20,75 metros de profundidad.

El tiempo de permanencia hidráulica media en el embalse de Búbal para el año hidrológico 2008-2009 fue de 0,14 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, a través del Canal Principal de Urgell, y al aprovechamiento hidroeléctrico. También se utiliza con fines recreativos (baño, navegación y sin restricciones para el remo, con limitaciones para la vela, y el motor y la pesca), aunque las escarpadas riberas que presenta el embalse limitan estos usos.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Búbal 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 sensibles bajo el marco de la Directiva 91/271/CEE.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa, así como una posible estación en el tributario en el caso de realizar análisis de los aportes (ver **Figura 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 19 de Julio 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.

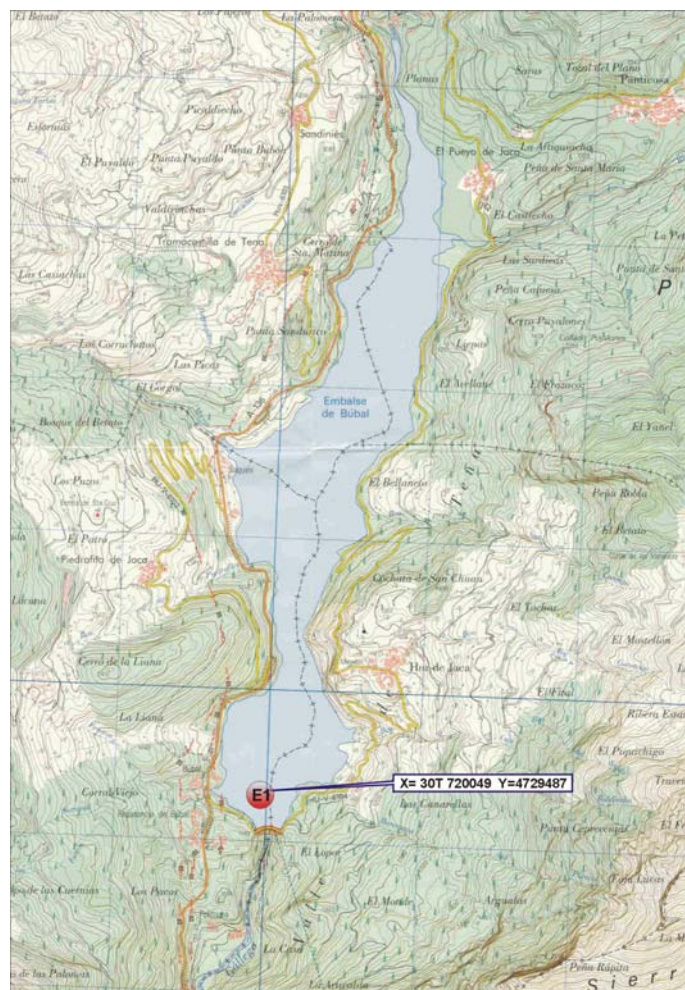


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse

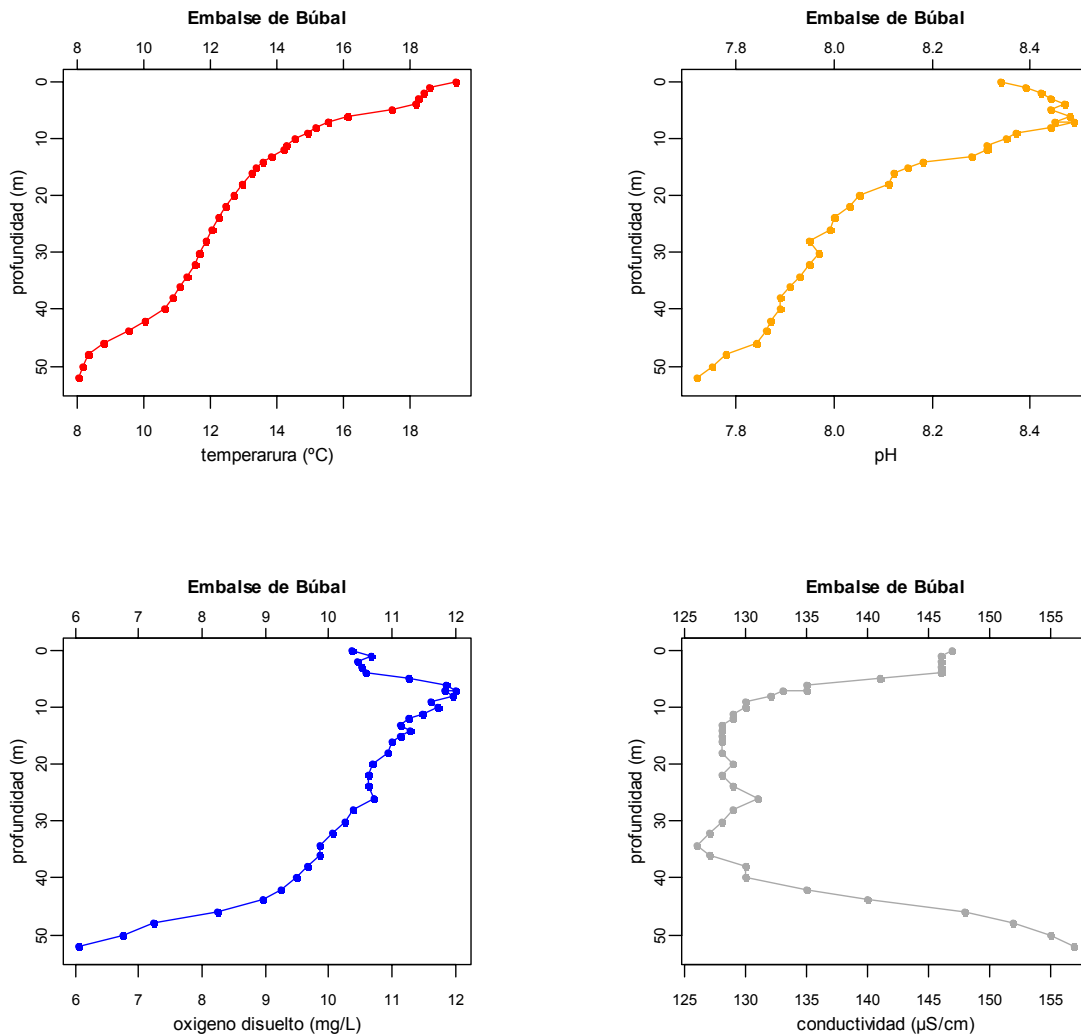
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 8,0 °C – en el fondo- y los 19,4 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2009) la termoclina se sitúa a 6 metros de profundidad.
- El pH del agua en la superficie es de 8,34. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,72. Ambos valores coinciden con el máximo epilimnético estival y el mínimo hipolimnético respectivamente.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) de 8,30 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 20,75 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,39 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 10,63 mg/L. En el hipolimnion la concentración media alcanza 10,20 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L).
- La conductividad del agua es de 147 µS/cm en la superficie (donde es máxima) y de 157 µS/cm en el fondo del embalse.

GRÁFICO 2
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE BÚBAL



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 20,27 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 3,40 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,58 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,31 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 3,30 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,2 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 18 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 7 Bacillariophyceae
- 5 Cryptophyta
- 3 Chrysophyceae
- 2 Dinophyta
- 1 Chlorophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de bacilariofíceas (47%) y criptófitas (39%). Entre las especies más abundantes, encontramos la criptofita *Cryptomonas ovata* Ehr. (22% de la densidad total) y la bacilariofícea *Cyclotella radiosa* Grunow (14%). En cuanto al porcentaje de biovolumen total, destacan los dinófitos, con un 59% y los criptófitos, con un 28%. El dinófito *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) proporciona gran parte del biovolumen total (52%).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de bacilariofíceas es el mejor representado, con 7 especies.

La concentración de clorofila fue de 0,14 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Búbal se han identificado un total de 6 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Rotífera
- 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 BÚBAL		FECHA DE MUESTREO	19/07/2009
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	BUB	
PROFUNDIDAD	m	20,0	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	30	
BIOMASA TOTAL	µg/L	21	
CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		COPÉPODA (45%)	
individuos/L		13	
ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		<i>Cyclops abyssorum</i> (44%)	
individuos/L		13	
CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		CLADÓCERA (70%)	
µg/L		15	
ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i> (70%)	
µg/L		15	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por el copépodo *Cyclops abyssorum*, con un 44% de la densidad total y el cladócero *Daphnia longispina* con un 70% de biomasa total en la muestra. En cuanto a diversidad de especies, el grupo de rotíferos es el mejor representado, con 3 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 ($\mu\text{g/L}$) 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

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 BUBAL

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	20,27	Mesotrófico
CLOROFILA A	0,14	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	8,30	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	137	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,25	ULTRAOLIGOTRÓFICO

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

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (PEexp)

Se han considerado 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 mínima de los elementos 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 BUBAL.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	137	Bueno
		Clorófila a (µg/L)	0,14	Óptimo
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	0,24	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,81	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,78	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,34	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	4,9	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	4,6	Bueno
INDICADOR BIOLÓGICO			4,0	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	8,30	Óptimo
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/LO ₂)	10,21	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	20,3	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,2	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{Exp}				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. 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 BUBAL.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	0,14	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,24	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	0,63	Bueno
		Porcentaje de cianobacterias	0,00	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			2,75	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	8,30	Óptimo
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	10,21	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	20,3	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,2	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			ÓPTIMO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Presa del embalse de Búbal.



Foto 2: Vista general del embalse



Foto 3: Toma de muestra fitoplancton



Foto 4: Panorámica del embalse