
RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE BÚBAL



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna 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:

70.590,38 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE BÚBAL

AÑO DE EJECUCIÓN:

2015

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2015

REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la presa del embalse de Búbal desde la cola.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2015). Red de seguimiento de masas de agua muy modificadas en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. 208 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 físico-químicas 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>18</i>
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO.....	19
6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.....	21
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 2015-2014.	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. Fotografía de la cola del embalse	27
Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse.	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Búbal	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.....	18
Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	19
Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	20
Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Búbal.....	20
Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	21
Tabla 9. Combinación de los indicadores.	22
Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Búbal.....	22
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).	23
Tabla 12. Parámetros, rangos del RECT y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	24
Tabla 13. Combinación de los indicadores.....	24
Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Búbal.	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Búbal durante los muestreos de 2015 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 2015, correspondiente al año hidrológico 2014-2015).

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 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 Gallego, 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 la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse

Tabla 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

Tipo de clasificación: 7. Monomítico, calcáreo, de zona húmeda, perteneciente a ríos de cabecera y tramo alto, con temperatura media anual menor de 15 °C.

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea ubicado en la zona húmeda de la red principal. En el momento del muestreo, no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 17,0 metros de profundidad determinado tanto con el medidor fotoeléctrico como con el Disco de Secchi.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Búbal para el año hidrológico 2014-2015 fue de 1,11 meses.

En la figura 1 se presentan los valores del volumen embalsado y salida media diaria correspondientes al año hidrológico 2014-2015.

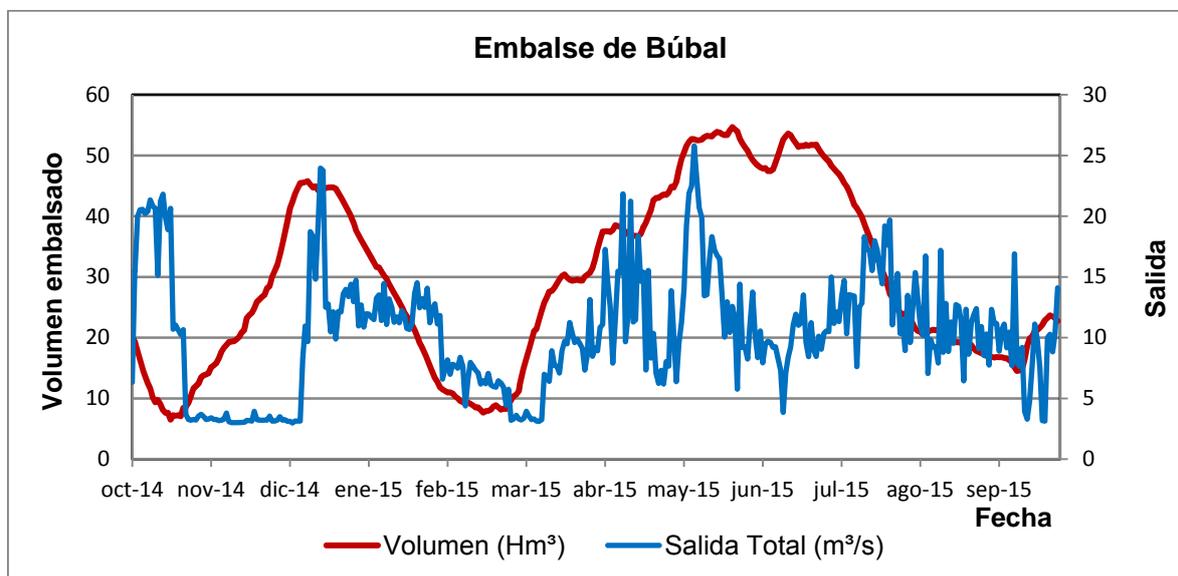


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2015-2014.

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 (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 21 de Julio de 2015, 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 fitoplancton y zooplancton.

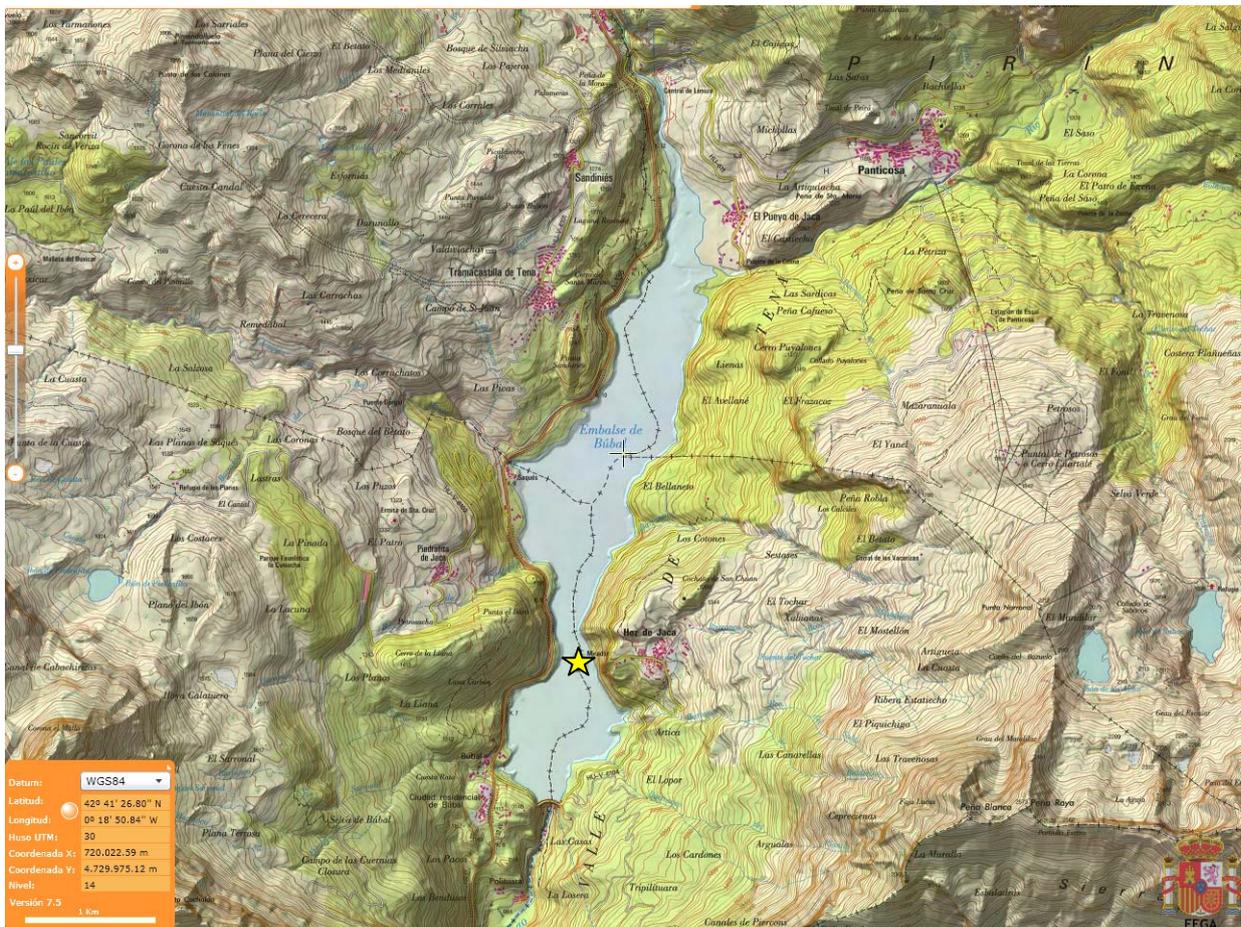
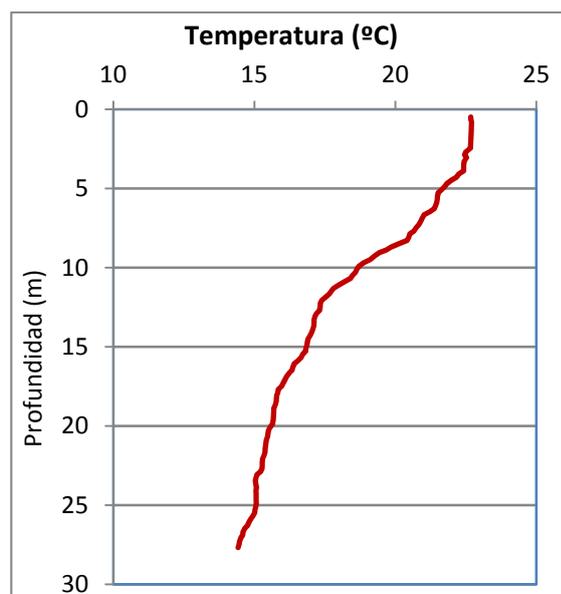


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

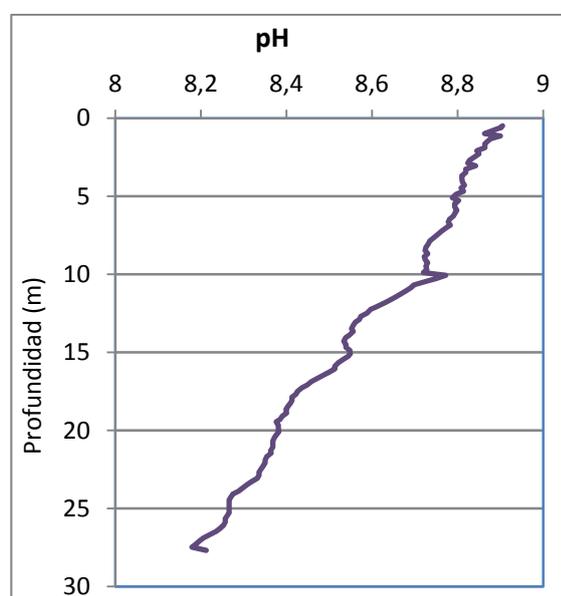
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

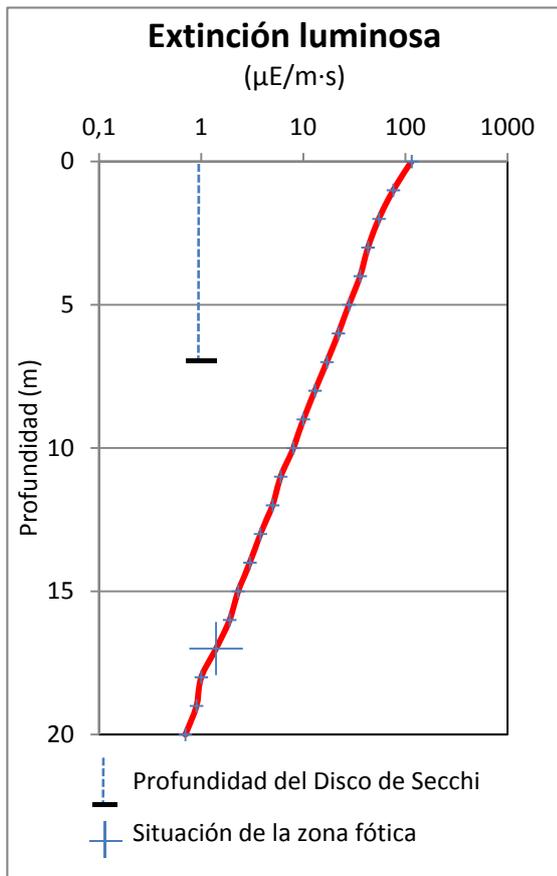


La temperatura del agua oscila entre los 14,6 °C – en el fondo- y los 22,67 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2015) no existe termoclina.



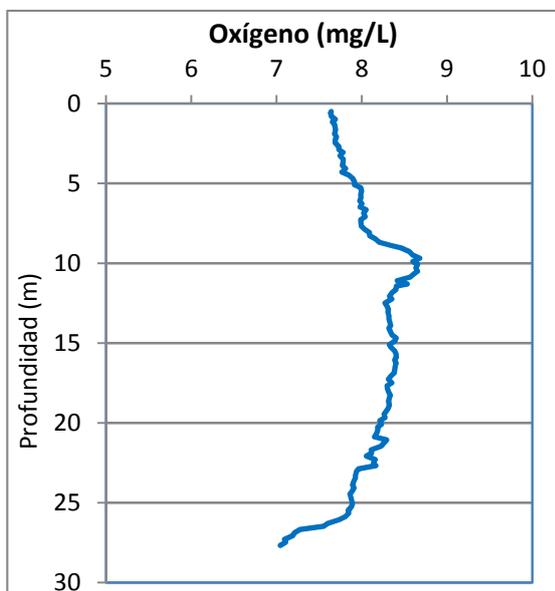
El pH del agua en superficie es 8,90. En el fondo del embalse el valor del pH es de 8,20 correspondiendo con el valor más bajo del perfil vertical.

Figura 3. Perfiles verticales de la temperatura y el pH.



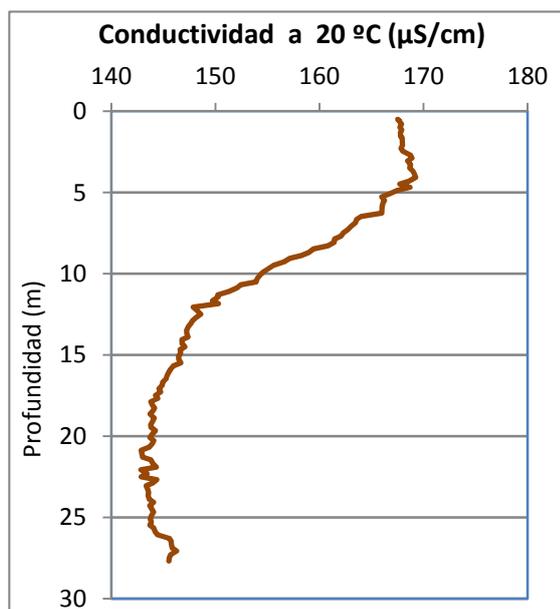
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 7,0 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 17,5 metros. El valor registrado mediante medidor de PAR ha sido muy similar a éste.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada de 16 m de profundidad) fue de 1,18 UAF.



Las condiciones de oxigenación en el epilimnion alcanzan una concentración media de 8,12 mg/L. La concentración de oxígeno en el hipolimnion es de 8,01 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas ($<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$).

Figura 4. Perfiles verticales de la extinción luminosa y el oxígeno disuelto.



La conductividad del agua es de 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y un valor de 145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del embalse.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2015 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 3,11 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,97 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,17 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,08 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,017 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,07 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,85 meq/L

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 23 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

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

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2:

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cél./ml	677
BIOVOLUMEN TOTAL	µm ³ /ml	170445
Diversidad Shannon-Wiener		2,69
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Chrysophyceae
Nº células/ml		421
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Stichogloea doederleinii</i>
Nº células/ml		216
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Cryptophyceae
µm³/ml		62778
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Stichogloea doederleinii</i>
µm³/ml		44274

La concentración de clorofila fue de 1,30 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada (profundidad señalada en la figura con una línea roja). Se observa en el perfil medido por fluorimetría un máximo a 10 m de profundidad de 1,68 $\mu\text{g/L}$.

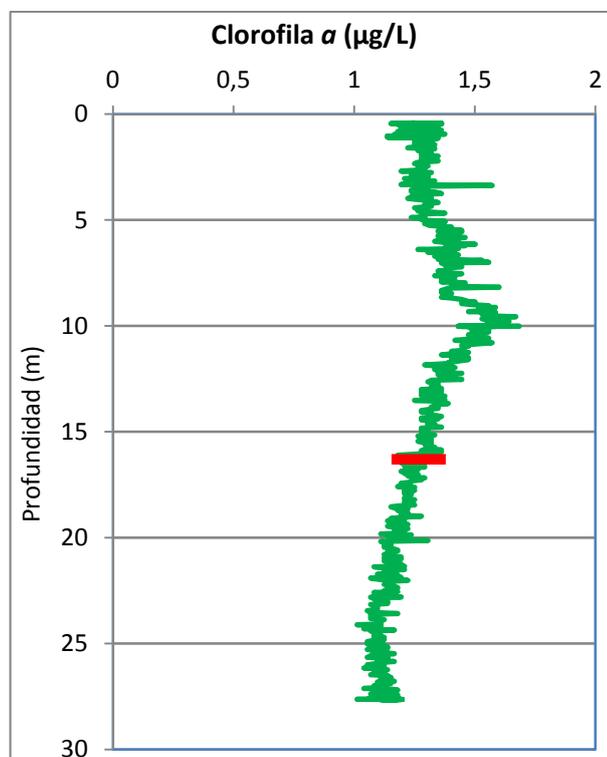


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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, muestran los resultados de 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/			
CYCLCOMT0	<i>Cyclotella comta</i> (=Lindavia comta)	6	970	1
CYCLRADI0	<i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa)	3	1.202	1
MELOVARI0	<i>Melosira varians</i>			1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
ACHNMINU0	<i>Achnanthes minutissimum</i> (=Achnanthes minutissima)	5	118	
ASTEFORM0	<i>Asterionella formosa</i>			1
FRAGIGEN0	<i>Fragilaria</i> sp.	2	597	
NITZRECT0	<i>Nitzschia recta</i>			1
FRAULACU2	<i>Ulnaria acus</i> (=Fragilaria ulna var. acus)	2	5.003	1

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	(1 al 5)
	CHRYSTOPHYCEAE			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	198	6.348	
DINODIVE0	<i>Dinobryon divergens</i>	1	143	1
OCHROGEN0	<i>Ochromonas</i> sp.	6	4.375	
STICDOED0	<i>Stichogloea doederleinii</i>	216	44.274	5
	SYNUROPHYCEAE			
MALLMINU0	<i>Mallomonas minuta</i>			1
	CHLOROPHYTA			
COELASTR0	<i>Coelastrum astroideum</i>			2
CRUCRECT0	<i>Crucigeniella rectangularis</i>			1
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.	11	1.979	
DICTYGEN0	<i>Dictyosphaerium</i> sp.			1
ELAKGELA0	<i>Elakathrix gelatinosa</i>	1	35	2
LOBOPLAN0	<i>Lobocystis planctonica</i> (=Dictyosphaerium palnctonicum)	2	172	
MONOKOMA0	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	2	70	
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	13	2.849	
PANDMORU0	<i>Pandorina morum</i>			1
PEDIBORY0	<i>Pediastrum boryanum</i>			1
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	2	20	
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>			2
	CYANOBACTERIA			
PSEUDGEN0	<i>Pseudanabaena</i> sp.			1
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	9	22.581	
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	22	12.558	
CRYPOVAT0	<i>Cryptomonas ovata</i>	8	10.973	
CRYPROST0	<i>Cryptomonas rostratiformis</i> (=Cryptomonas curvata)	2	7.422	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris	69	5.757	
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)	96	3.487	
	DINOPHYCEAE			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	1	35.881	1
	EUGLENOPHYCEAE			
EUGLAGILO0	<i>Euglena agilis</i>	1	3.629	1
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	17	7.890	
	TOTALES CHRYSTOPHYCEAE	421	55.141	
	TOTALES CHLOROPHYTA	29	5.125	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	207	62.778	
	TOTALES DINOPHYCEAE	1	35.881	
	TOTALES EUGLENOPHYCEAE	1	3.629	
	TOTALES ALGAS	677	170.445	

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

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

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Búbal se han identificado un total de 15 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 3 Copepoda
- 9 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	12,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	440,19
BIOMASA TOTAL	µg/L	86,29
Diversidad Shannon-Wiener		1,92
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		393,27
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Synchaeta kitina</i>
individuos/L		272,31
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		56,46
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia cucullata</i>
µg/L		36,92
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 26 m
CLADÓCEROS: 7,20 %	COPÉPODOS: 13,19 %	ROTÍFEROS: 79,51 %

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>	1,54	2,00	0,28
CHYDSPHA0	<i>Chydorus sphaericus</i>			0,28
DAPHCUCU0	<i>Daphnia cucullata</i>	12,31	36,92	4,15
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>	4,62	17,54	2,49
	COPÉPODOS			
CYCLVICI0	<i>Cyclops vicinus</i>	0,58	1,31	1,11
EUDIVULG0	<i>Eudiaptomus vulgaris</i>	4,81	3,38	2,21
CYCLOPFAM	Ciclópido	23,08	4,15	9,97
	ROTÍFEROS			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	12,31	0,77	1,11
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	0,19	0,14	0,28
KERACOCO0	<i>Keratella cochlearis</i>	73,85	3,69	28,79
LECALUNI0	<i>Lecane lunaris</i>	0,19	0,01	0,03
PLOEHUDS0	<i>Ploesoma hudsoni</i>	0,38	0,35	0,28
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	26,15	1,33	13,29
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>	7,69	1,00	1,11
SYNCGRAN0	<i>Synchaeta grandis</i>	0,19	0,07	0,03
SYNCKITI0	<i>Synchaeta kitina</i>	272,31	13,62	34,33
SYNCPECT0	<i>Synchaeta pectinata</i>			0,28
	Total Cladóceros	18,46	56,46	7,20
	Total Copépodos	28,46	8,85	13,29
	Total Rotíferos	393,27	20,98	79,51
	Total	440,19	86,29	100

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 6 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.

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	> 4,2	3,4 – 4,2	2,6 – 3,4	1,8 – 2,6	< 1,8

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 Búbal.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	3,11	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	1,30	Oligotrófico
DISCO SECCHI	7,00	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	677	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,5	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, fósforo total (PT) y transparencia (DS) indican un estado de ultraoligotrofia. Mientras que clorofila *a* y la densidad algal clasifican al embalse como oligotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de BÚBAL ha resultado ser **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO 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 <i>a</i> (µg/L)	< 2,5	2,5-8	8,0-25	>25	
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	< 0,5	0,5-2	2-8	>8	
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	> 3	2-3	1-2	<1	
		<i>Trophic Index (TI)</i>	< 2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25	
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	> 3,4	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8	
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	< 6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2		
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			>3,4	2,6 - 3,4	1,8 - 2,6	< 1,8	
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		
			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(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 Físicoquímico	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 Búbal.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	677	Bueno o superior
		Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	1,30	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm^3/L)	0,17	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,30	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,37	Moderado
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,27	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	8,05	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	5,29	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO			3,7	BUENO o SUPERIOR
Físicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	7,00	Muy bueno
	Oxigenación	O_2 hipolimnética ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	8,07	Muy bueno
	Nutrientes	Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	3,11	Muy bueno
INDICADOR FÍSICOQUÍMICO			5,0	MUY BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO o SUPERIOR

b) Aproximación normativa (PEnorm)

Se han considerando 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a (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			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

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 Búbal.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	1,30	2,01	1,71	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,17	4,46	3,16	Bueno o superior
			Media				2,43
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	0,62	1,000	1,00	Bueno o superior
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	0,00	1,00	1,00	Bueno o superior
			Media				1,00
Media global						1,72	
INDICADOR BIOLÓGICO						1,72	BUENO o SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	7,00			Muy bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	8,07			Muy bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	3,11			Muy Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO						5,0	MUY BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				BUENO o SUPERIOR			

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la cola del embalse



Figura 8. Vista del punto de acceso