



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

---

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON  
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO  
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:  
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS  
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL  
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE  
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

---

**EMBALSE DE BÚBAL**

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</b>	<b>1</b>
2.1. <b>Ámbito geográfico</b>	<b>1</b>
2.2. <b>Características morfométricas e hidrológicas</b>	<b>2</b>
2.3. <b>Usos del agua</b>	<b>4</b>
2.4. <b>Registro de zonas protegidas</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>4</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>7</b>
4.1. <b>Características físico-químicas de las aguas</b>	<b>7</b>
4.2. <b>Hidroquímica del embalse</b>	<b>9</b>
4.3. <b>Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores</b>	<b>11</b>
4.3.1. <b>Cualidad bioindicadora</b>	<b>14</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>14</b>
<b>6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>15</b>
<b>ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS</b>	
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	
<b>APÉNDICE 1. FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE</b>	

---

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Búbal y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidráulicos, físico-químicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Definición del “Potencial Ecológico”, tras la aplicación de indicadores biológicos y físico-químicos propuestos en la Directiva Marco de Aguas.

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE**

### **2.1. Ámbito geográfico**

El embalse de Búbal se sitúa aguas abajo del embalse de Lanuza, de manera que el ámbito geográfico de la cuenca vertiente es el mismo y puede describirse como situado en los Pirineos Centrales, en el límite con Francia, ocupando la parte Norte de la provincia de Huesca. En la cuenca predominan los materiales hercínicos y los depósitos cuaternarios de la cabecera del río Gállego.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1971, se sitúa en el municipio Hoz de Jaca, provincia de Huesca. Regula, principalmente, las aguas de los ríos Gállego y Caldarés, aunque también la de otros barrancos de menor entidad.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de dimensiones moderadas que presenta, en términos generales, una morfología regular, a excepción del estrechamiento situado en la zona de cabecera, cerca de la localidad de Hoz de Jaca.

La cuenca vertiente al embalse de Búbal tiene una superficie total de 29 797,67 ha, de las cuales 4 450 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 234 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 63,3 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 27 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 75 m. En el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

**Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas**

Superficie de la cuenca total (ha)	29 797,67
Superficie de la cuenca parcial (ha)	29 797,67
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	4 450
Superficie del embalse (ha)	234
Longitud máxima del embalse (km)	5.1
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	63,3
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	75
Profundidad media (m)	27
Perímetro en máximo nivel (km)	13
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	1085
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	1080; 1045; 1041; 1035

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. La termoclina en el verano de 2004 se sitúa a 7 metros de profundidad, mientras que en verano de 2005 se aprecian varios gradientes térmicos situados a 6, 12 y 15 metros de profundidad. La capa fótica en el estío oscila entre 3 y 5 metros de espesor.

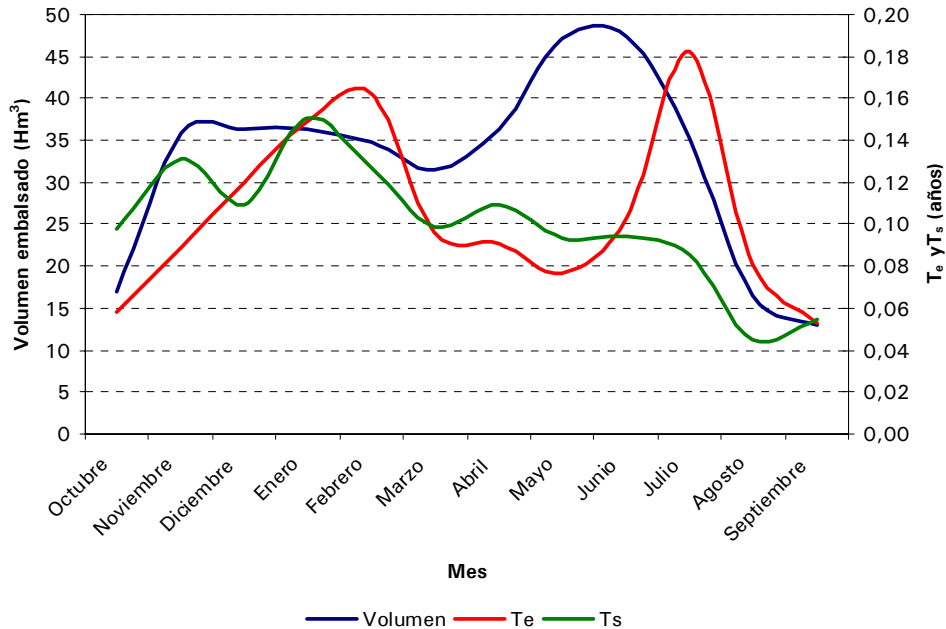
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al año hidrológico 2001-2005.

**Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Año hidrológico 2001-2005**

<b>BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL</b>					
<b>Periodo</b>	<b>Volumen</b>	<b>Salidas totales</b>	<b>Entradas Totales</b>	<b>Ts</b>	<b>Te</b>
<b>2001-2005</b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>años</b>	<b>años</b>
Octubre	17,04	14,75	24,98	0,10	0,06
Noviembre	35,94	22,45	33,23	0,13	0,09
Diciembre	36,28	28,23	25,66	0,11	0,12
Enero	36,35	20,45	20,75	0,15	0,15
Febrero	34,75	21,08	16,43	0,13	0,16
Marzo	31,60	27,15	27,90	0,10	0,10
Abril	36,43	27,48	33,13	0,11	0,09
Mayo	47,11	42,93	52,50	0,09	0,08
Junio	47,38	41,33	37,65	0,09	0,10
Julio	35,26	35,00	16,45	0,09	0,18
Agosto	16,61	31,28	17,35	0,05	0,08
Septiembre	12,89	19,25	19,95	0,06	0,05
<b>Total anual</b>	<b>32,30</b>	<b>331,36</b>	<b>325,96</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>

El tiempo de residencia anual del agua es bajo, en torno a 2 meses. Los mínimos -del orden de 18 días- se obtienen en los meses de agosto y septiembre, según las entradas y salidas, respectivamente. En términos generales los máximos se dan en invierno donde el tiempo de residencia ronda los 50 días.

<sup>1</sup> Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

**Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua**


### 2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a la producción hidroeléctrica y al riego. La principal actividad recreativa en el embalse es la pesca, estando prohibida la navegación a motor, ya que sus aguas están clasificadas de protección especial por su interés piscícola o ecológico (Normas de navegación en ríos de montaña de la CHE).

### 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 *Zonas de uso recreativo*, encontrándose censada la zona de baño denominada "Biescas. Embalse de Búbal. Club Náutico"

## 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

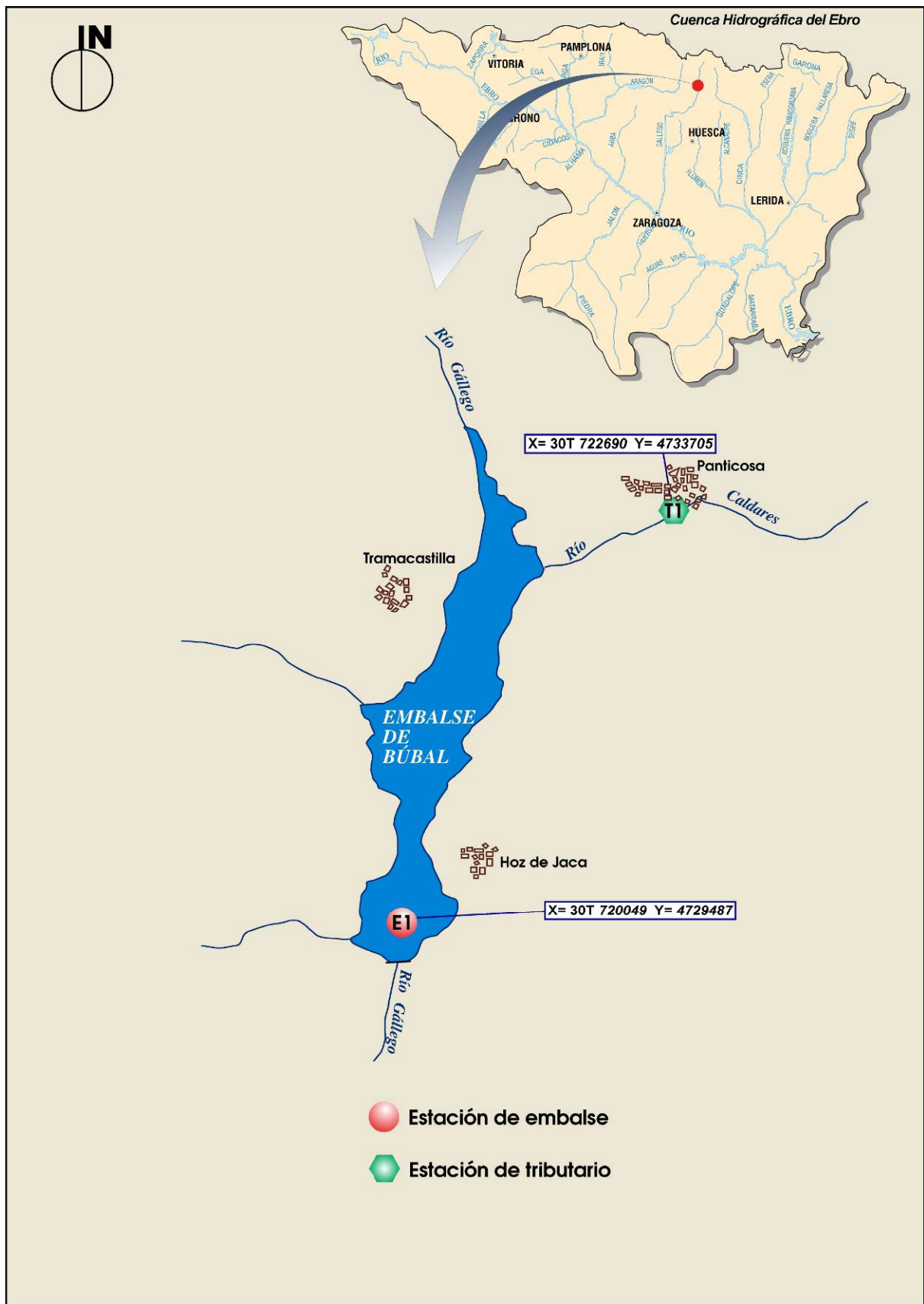
Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) y otra en el río Caldarés (**T1**), en las proximidades de la

localidad de Panticosa (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

**Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo**

1ª Campaña	12/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	22/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	07/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	02/08/2005	Estratificación



**Figura 2:** Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Búbal



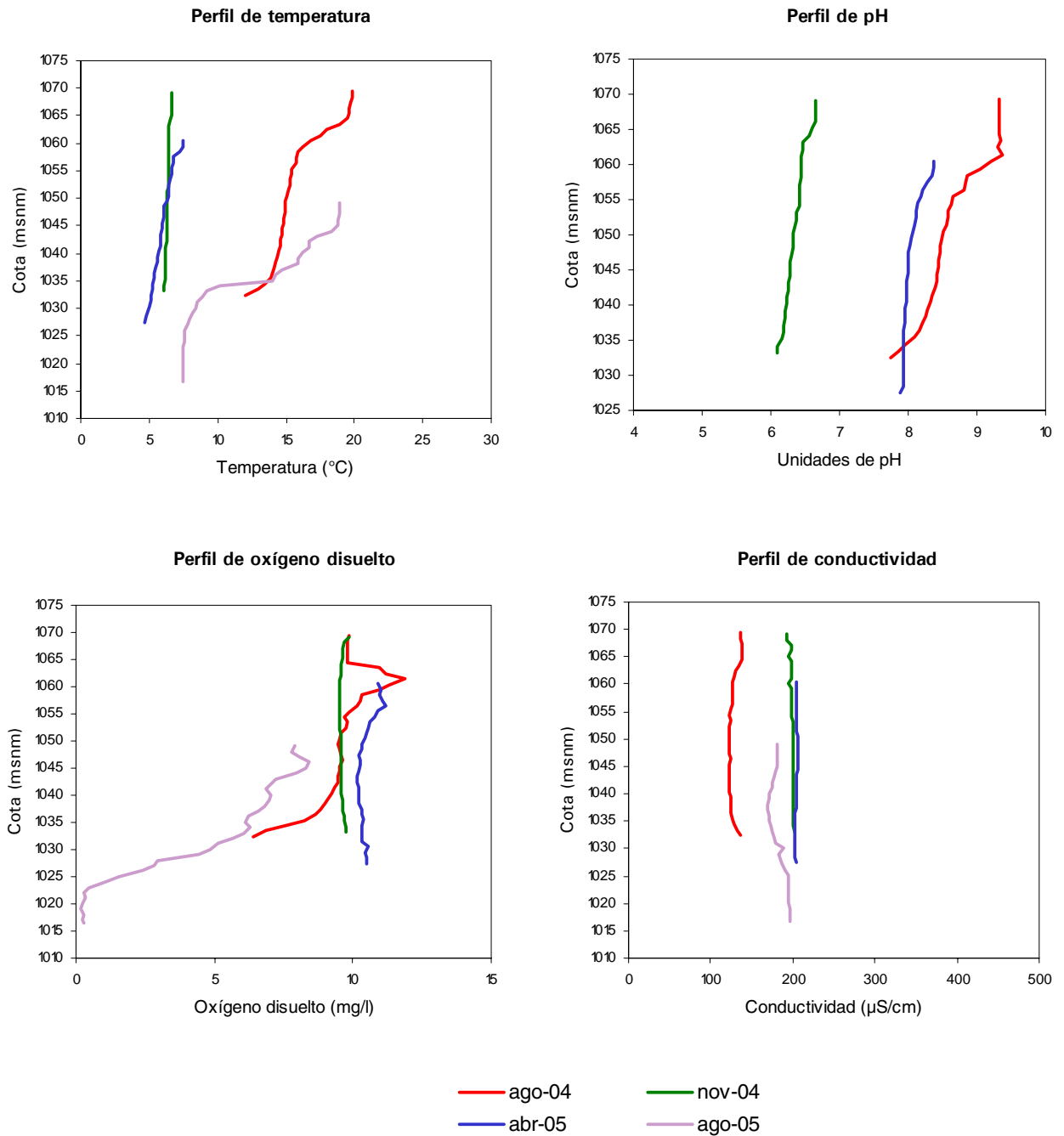
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 4,71°C -mínimo primaveral- y los 19,86°C, -máximo registrado en el estío-. En verano de 2004 la termoclina se localiza a 6 metros de profundidad, mientras que en verano de 2005 se detectan varios gradientes térmicos localizados a 7, 12 y 15 metros, siendo éste último el más acusado -3,92°C-.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,23 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,37 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,75 ud. Cabe citar que en verano de 2005 no se obtuvieron registros de éste parámetro por fallo en la sonda multiparamétrica.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 1,8 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 3 metros. El mínimo (1 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (3,1 m) se obtiene en agosto de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 8,60 mg/l O<sub>2</sub>. Tan sólo se detectan condiciones anóxicas en verano de 2005, en los últimos ocho metros de profundidad. No obstante, en términos generales, el hipolimnion presenta unas buenas condiciones de oxigenación, alcanzando la media hipolimnética estival un valor de 6,8 mg/l O<sub>2</sub>.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 178 µS/cm. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores históricos de este ámbito.

**Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse**



#### 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas. El fósforo total presenta un valor medio para el periodo estudiado, y para toda la columna de agua, de 0,022 mg/l P. Los valores oscilan entre 0,01 mg/l P -mínimo estival- y 0,03 mg/l P -máximo primaveral-. Los ortofosfatos han mantenido la misma pauta que el fósforo total, localizándose el mínimo en verano de 2004 -0,005 mg/l P-

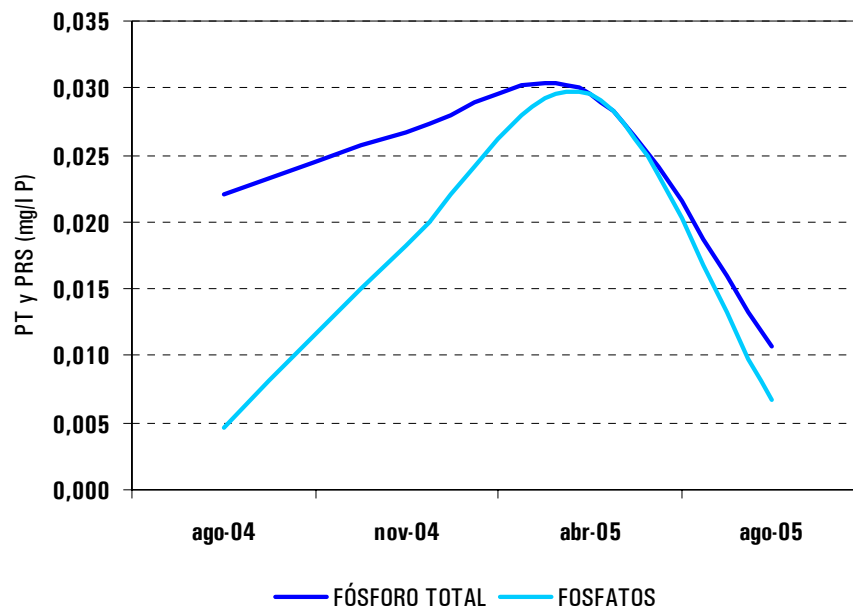
La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,2 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la predominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 74\%$ ), siendo la proporción de amonio alta ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 22\%$ ) y la de nitritos pequeña ( $\text{NO}_2/\text{NIT} = 4\%$ ). La máxima concentración de NIT -0,28 mg/l N- se sitúa en primavera, mientras que el mínimo -0,13 mg/l N- se da en invierno.

La concentración de nutrientes aportada por el río Caldarés (T1) se encuentra en rangos moderados, obteniéndose unas concentraciones medias anuales de 0,017 mg/l P y 0,40 mg/l N, para el fósforo y el nitrógeno inorgánico total, respectivamente.

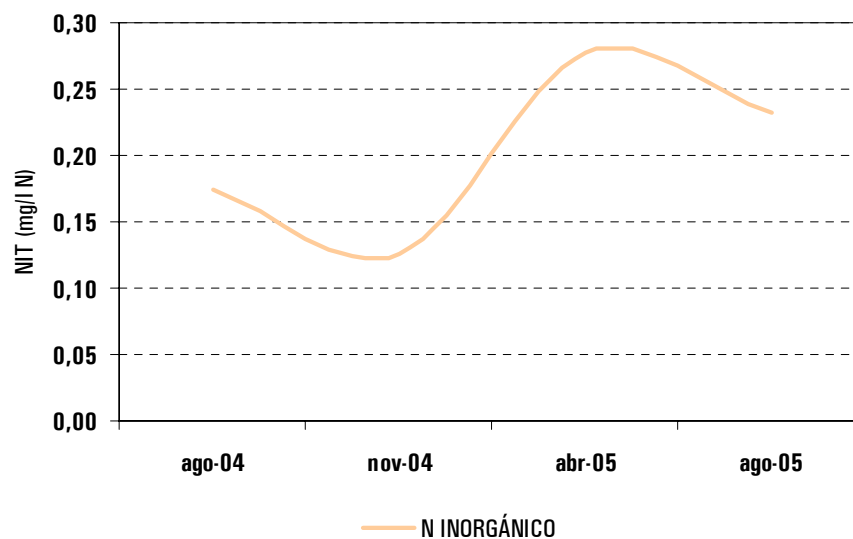
- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en el tributario, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 1,4 y 9,0 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , para la  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ , respectivamente.
- Las aguas embalsadas se encuentran poco mineralizadas, con una concentración de calcio, catión predominante, de 25,1 mg Ca/l.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes

**Valores medios de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Soluble  
Embalse de Búbal**



**Valores medios de Nitrógeno Inorgánico Total  
Embalse de Búbal**



#### 4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

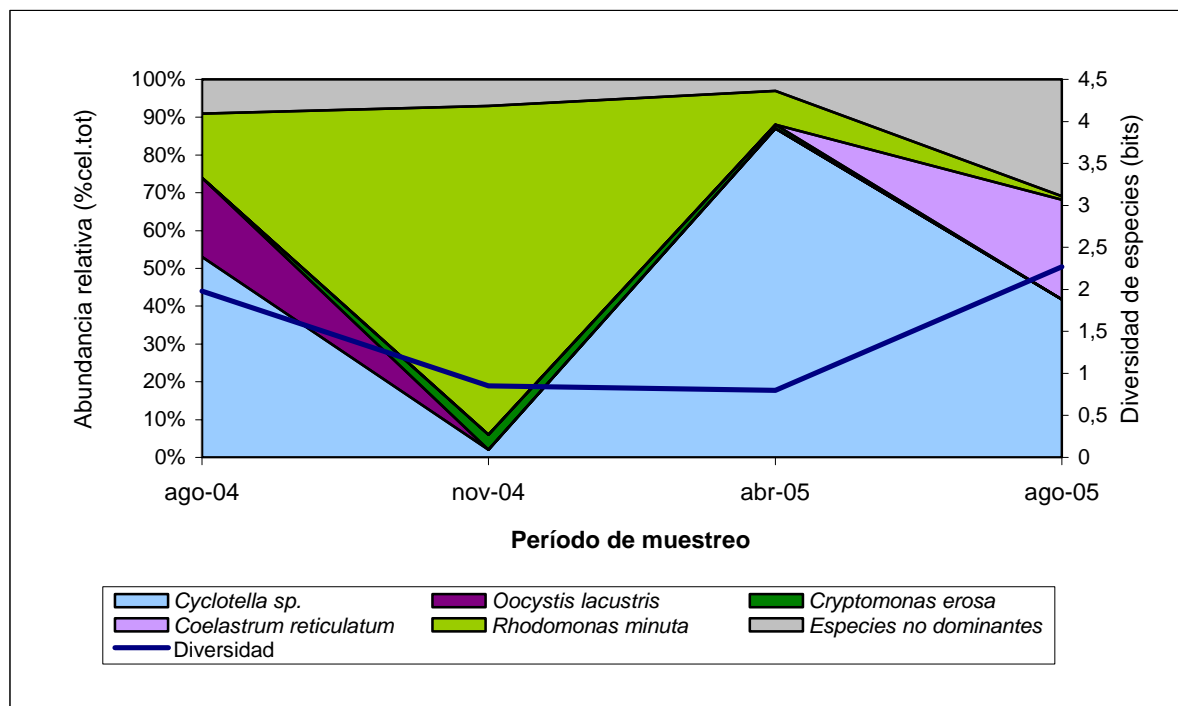
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 43 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 14 diatomeas
- 2 cianobacterias
- 12 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 4 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 1 euglenofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 5 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

**Figura 5: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal**



La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

Durante el primer periodo estival se registran valores de densidad algal bajos -540 cel/ml-. En este periodo dominan las diatomeas y entre ellas destaca la población de *Cyclotella sp.* que representa el 50% de la densidad total. El principal grupo acompañante son las clorofíceas debido a la relativa abundancia de *Oocystis lacustris*, frecuente en medios mesotróficos bien iluminados.

En el invierno la comunidad fitoplanctónica se mantiene con un valor de densidad semejante -542 cel/ml-. El crecimiento de las criptofíceas desplaza a las diatomeas y clorofíceas y se establece como grupo dominante ya que representa el 97% de la población. La criptofíceas con mayor abundancia en este periodo es *Rhodomonas minuta*.

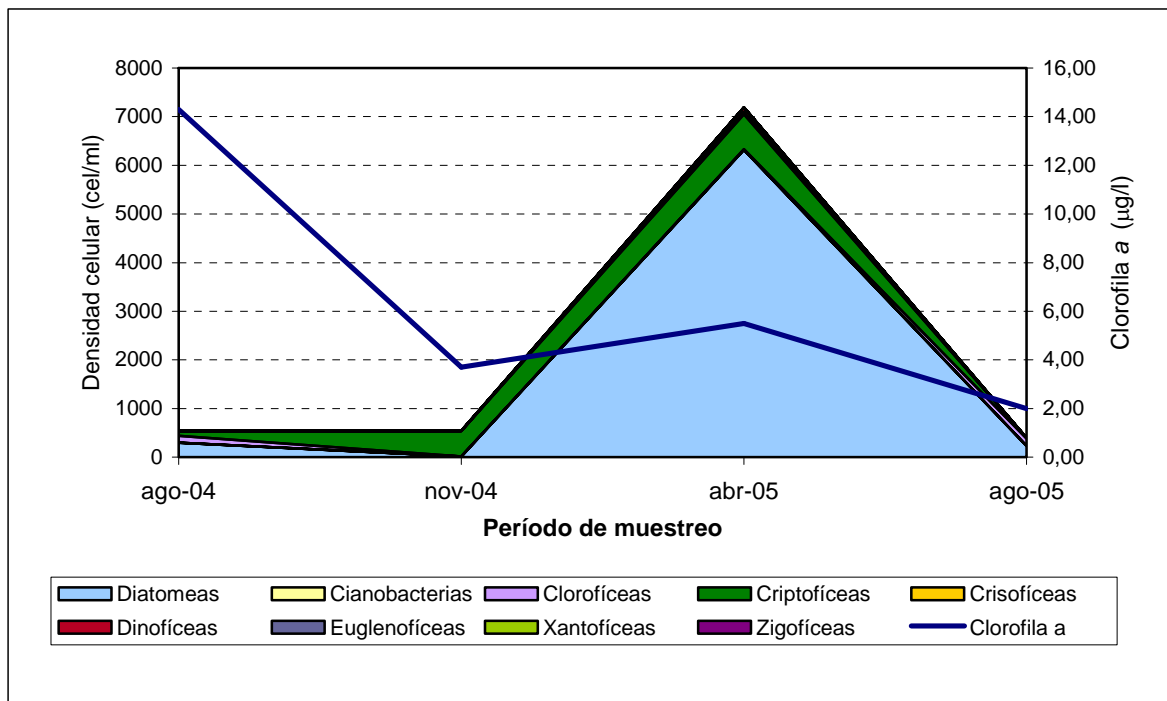
En el periodo primaveral, se produce un fuerte crecimiento poblacional y se registra el máximo valor de densidad algal -7.196 cel/ml-. En este periodo la comunidad fitoplanctónica presenta la misma composición que en el estío, es decir, domina la diatomea *Cyclotella sp.* -representa el 87% de la comunidad- y la criptofíceas

*Rhodomonas minuta* es la principal especie acompañante. El valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver se hace mínimo -0,80 bits- debido a la fuerte dominancia *Cyclotella sp.*

En verano de 2005 la densidad de la comunidad algal se reduce hasta cuantificarse el mínimo anual -393 cel/ml-. Todos los grupos algales han decrecido excepto las clorofíceas que incrementan su abundancia al mejorar las condiciones de luz y temperatura. Aunque la diatomea *Cyclotella sp.* ha tenido un retroceso importante, se mantiene como dominante representando el 47% de la densidad total. La clorofícea *Coelastrum reticulatum* se identifica como principal especie acompañante. La distribución de abundancias entre las especies identificadas determina el máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -2,27 bits-.

La evolución temporal de la densidad algal, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila *a*, se representa en el siguiente gráfico:

**Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas**



La evolución de la biomasa, medida como concentración de clorofila *a*, y la densidad algal es muy semejante a la evolución observada en el embalse aguas arriba de Búbal, el

embalse de Lanuza. En agosto de 2004 se registra un valor muy elevado de biomasa - 14,30  $\mu\text{g/l}$ - para la reducida densidad algal cuantificada -540 cel/ml-. Al igual que ocurría en el embalse de Lanuza, el origen de este desajuste puede ser la gran cantidad de clorofila *a* inactiva procedente de una proliferación algal que tuvo lugar en el período anterior. Durante los siguientes periodos de estudio la correspondencia entre biomasa y densidad algal es buena y se mantienen en valores mesotróficos.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora



1. *Oocystis lacustris*

La evolución de la biomasa, densidad algal y composición de la comunidad del embalse de Búbal es muy semejante a la evolución del embalse situado aguas arriba, Lanuza. Las características de esta evolución se describen a continuación: en verano la densidad fitoplanctónica es reducida y dominan las diatomeas céntricas (*Cyclotella sp.*) y clorofíceas (*Oocystis lacustris*, *Coelastrum microporum*), en invierno prolifera *Rhodomonas minuta* y en primavera

hay un pico poblacional protagonizado por la diatomea céntrica *Cyclotella sp.* Esta sucesión informa del grado trófico medio del embalse de Búbal.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de Búbal, como **mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE, tanto el parámetro causal básico (PT) como el de respuesta clorofila *a*, sitúan al embalse en rangos de mesotrofia. El máximo rango, eutrofia, se obtiene con la transparencia, considerando tanto el valor mínimo como la media anual.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila *a*, del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como mesotrófico.



**Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices**

Índice	Definición criterio	Rango	2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	22	<b>EUTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	2.168	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	14,3	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	6,4	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	22	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	1,8	<b>MESO-EUTRÓF.</b>
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	2.168	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	6,4	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	22	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	149	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	1,8	<b>E. AVANZADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	6,4	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	14,3	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	22	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; 6-3; 3-1.5; < 1.5	1,8	<b>EUTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,0	<b>EUTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	51	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	49	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	47	<b>MESOTRÓFICO</b>

## 6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO- se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de Búbal es **BUENO**.

EMBALSE DE BÚBAL

Indicadores	Elementos	Parámetros	CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
			Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	2.168	5	3,0	3,0	0,82
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	6,4	3			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	0	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	1,8	2	3,3	3,0	0,82
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,7	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	22,2	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

EQR	CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO				
	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
EQR	1-0,95	0,95-0,80	0,80-0,60	0,60-0,40	0,40-0

**ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	BÚBAL (BU)	<b>CAMPAÑA:</b>	1
<b>COT. MAX:</b>	1085	<b>NIVEL:</b>	1069,41
Estación:	E1	Profundidad:	37
Fecha:	12/08/2004	Hora:	13:10
Disco Secchi (m):	3,1	Capa fótica (m):	5,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	1069	19,86	9,32	9,84	108,10	136	310	88
1	1068	19,82	9,32	9,82	107,60	137	313	89
2	1067	19,75	9,33	9,80	107,30	138	318	90
3	1066	19,60	9,33	9,82	107,30	138	321	90
4	1065	19,57	9,33	9,83	107,30	138	323	90
5	1064	19,51	9,33	9,83	107,30	139	327	90
6	1063	18,94	9,36	10,98	118,30	135	331	88
7	1062	17,95	9,31	11,17	117,80	131	333	85
8	1061	17,48	9,37	11,86	123,90	129	338	84
9	1060	16,84	9,22	11,31	116,60	127	335	83
10	1059	16,24	9,05	10,98	111,80	127	332	83
11	1058	15,92	8,87	10,32	104,40	126	327	82
12	1057	15,81	8,84	10,28	103,70	127	329	83
13	1056	15,79	8,81	10,17	102,60	126	329	82
14	1055	15,46	8,65	9,84	98,60	124	324	81
15	1054	15,43	8,63	9,68	96,90	123	325	80
16	1053	15,26	8,58	9,80	97,80	124	312	81
17	1052	15,25	8,58	9,74	97,20	123	315	80
18	1051	15,13	8,55	9,59	95,40	122	318	79
19	1050	15,05	8,52	9,51	94,40	122	317	79
20	1049	14,94	8,48	9,48	93,90	123	319	80
21	1048	14,93	8,47	9,54	94,50	123	321	80
22	1047	14,91	8,47	9,56	84,70	123	324	80
23	1046	14,86	8,45	9,66	95,50	124	324	81
24	1045	14,77	8,44	9,51	93,90	123	326	80
25	1044	14,71	8,41	9,52	93,80	123	325	80
26	1043	14,68	8,41	9,47	93,30	123	327	80
27	1042	14,62	8,39	9,45	92,90	123	327	80
28	1041	14,57	8,36	9,32	91,60	123	327	80
29	1040	14,46	8,33	9,25	90,60	123	327	80
30	1039	14,36	8,29	9,12	89,20	124	326	81
31	1038	14,26	8,25	8,98	87,70	124	325	81
32	1037	14,15	8,21	8,82	85,80	125	324	81
33	1036	14,06	8,16	8,64	84,00	125	323	81
34	1035	13,86	8,09	8,26	79,90	126	320	82
35	1034	13,40	7,95	7,57	72,40	129	315	84
36	1033	12,94	7,85	6,86	65,10	133	311	86
37	1032	12,06	7,75	6,42	59,80	137	308	89

<b>TRIBUTARIO:</b>	Río Caldarés	<b>CAMPAÑA:</b>	1
Estación:	BUT1	Cod. Est.:	BU1T1
Fecha:	11/08/2004	Hora:	10:54

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	10,59	8,70	10,51	95,50	124	260	81

<b>EMBALSE:</b>	BÚBAL (BU)	<b>CAMPAÑA:</b>	2
<b>COT. MAX:</b>	1085	<b>NIVEL:</b>	1069,15
Estación:	E1	Profundidad:	36
Fecha:	22/11/2004	Hora:	13:10
Disco Secchi (m):	1	Capa fótica (m):	1,7

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	1069	6,66	8,06	9,86	80,80	193	154	125
1	1068	6,64	7,99	9,67	79,10	193	155	125
2	1067	6,65	7,98	9,65	78,90	199	156	129
3	1066	6,64	7,98	9,65	78,80	199	157	129
4	1065	6,61	7,97	9,62	78,50	194	158	126
5	1064	6,56	7,96	9,60	78,30	199	158	129
6	1063	6,47	7,97	9,60	78,10	199	159	129
7	1062	6,46	7,96	9,56	77,70	199	159	129
8	1061	6,45	7,96	9,54	77,60	199	160	129
9	1060	6,45	7,96	9,54	77,50	194	161	126
10	1059	6,45	7,97	9,53	77,50	199	162	129
11	1058	6,44	7,96	9,53	77,50	199	162	129
12	1057	6,43	7,96	9,54	77,50	199	162	129
13	1056	6,43	7,97	9,53	77,50	199	163	129
14	1055	6,42	7,96	9,54	77,50	199	164	129
15	1054	6,41	7,96	9,54	77,50	199	164	129
16	1053	6,38	7,96	9,54	77,40	200	164	130
17	1052	6,37	7,96	9,54	77,40	200	165	130
18	1051	6,35	7,96	9,55	77,40	200	165	130
19	1050	6,33	7,96	9,56	77,40	200	165	130
20	1049	6,33	7,95	9,55	77,40	200	165	130
21	1048	6,32	7,96	9,56	97,50	200	166	130
22	1047	6,31	7,96	9,57	77,50	200	167	130
23	1046	6,28	7,96	9,58	77,50	200	167	130
24	1045	6,27	7,96	9,59	77,60	200	167	130
25	1044	6,27	7,96	9,60	77,70	200	168	130
26	1043	6,26	7,96	9,60	77,60	200	168	130
27	1042	6,25	7,96	9,60	77,60	200	169	130
28	1041	6,24	7,95	9,60	77,60	201	168	131
29	1040	6,23	7,95	9,60	77,60	201	169	131
30	1039	6,22	7,96	9,61	77,70	201	169	131
31	1038	6,21	7,96	9,62	77,80	201	170	131
32	1037	6,19	7,96	9,65	77,90	201	170	131
33	1036	6,18	7,96	9,67	78,10	201	170	131
34	1035	6,16	7,97	9,72	78,30	201	171	131
35	1034	6,10	7,97	9,73	78,40	201	172	131
36	1033	6,10	7,97	9,74	78,50	202	172	131

<b>TRIBUTARIO:</b>	Río Caldarés	<b>CAMPAÑA:</b>	2
Estación:	BUT1	Cod. Est.:	BU2T1
Fecha:	22/11/2004	Hora:	14:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	6,14	8,23	9,90	79,90	270	162	176





## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**



<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU1</b>		
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>12/08/2004</b>		
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1085</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>1069</b>		
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1T</b>	<b>E1F</b>	<b>T1</b>
PROFUNDIDAD	m	1	7	21	
COTA	msnm	1068	1062	1048	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,5	1,4	1,4	0,1
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	64,3	62,1	55,0	102,2
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,6	1,4	0,5	0,5
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	3,9	16,0	16,0	3,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,020	0,023	0,023	0,005
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,016	0,012	0,014	0,016
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,29	0,29	0,68	0,25
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,01	0,05	0,10	0,00
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,04	0,08	0,00
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,28	0,25	0,60	0,25
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,44	0,44	0,67	0,67
NITRATOS	mg N/l	0,10	0,10	0,15	0,15
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,100	0,016	0,028	0,006
NITRITOS	mg N/l	0,030	0,005	0,009	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,13	0,15	0,24	0,15
CALCIO	mg Ca/l	26,1	25,7	23,6	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	3,0	2,8	2,2	
SODIO	mg Na/l	1,1	1,3	1,0	
POTASIO	mg K/l	0,2	0,3	0,3	
CLORUROS	mg Cl/l	0,5	0,5	0,5	
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	6,3	12,2	8,3	
SULFUROS	mg S <sup>2-</sup> /l			0,001	
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	1,06	1,12	2,15	
CLOROFILA a	µg/l	14,3			

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b> BU2			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b> 22/11/2004			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1085</b>	<b>NIVEL:</b> 1069			
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>	<b>T1</b>
PROFUNDIDAD	m	1	18	36	
COTA	msnm	1068	1051	1033	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,0			0,6
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	70,3			100,8
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,4			0,5
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0			4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,017	0,018	0,045	0,007
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,051	0,053	0,064	0,022
FOSFATOS	mg P/l	0,017	0,017	0,021	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,42	0,26	0,28	0,20
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,01	0,01	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,41	0,25	0,27	0,19
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,46	0,58	0,46	1,78
NITRATOS	mg N/l	0,10	0,13	0,10	0,40
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,020	0,024	0,034	0,006
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,007	0,010	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,12	0,14	0,12	0,41
CLOROFILA a	µg/l	3,7			

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO: BU3</b>			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA: 07/04/2005</b>			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1085</b>	<b>NIVEL: 1060</b>			
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>	<b>T1</b>
PROFUNDIDAD	m	1	17	32	
COTA	msnm	1059	1043	1028	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,9			1,4
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	78,3			81,0
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,2			0,7
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	7,9			7,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,030	0,031	0,028	0,036
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,091	0,094	0,087	0,082
FOSFATOS	mg P/l	0,030	0,031	0,028	0,027
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,37	0,47	0,62	0,59
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,04	0,05	0,19	
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,04	0,15	0,00
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,34	0,43	0,47	0,59
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,85	0,90	0,86	0,58
NITRATOS	mg N/l	0,19	0,20	0,19	0,13
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,024	0,022	0,020	0,006
NITRITOS	mg N/l	0,007	0,007	0,006	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,23	0,25	0,35	0,13
CLOROFILA a	µg/l	5,5			

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU4</b>		
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>02/08/2005</b>		
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>1085</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>1049</b>		
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>	<b>T1</b>
PROFUNDIDAD	m	1	16	32	
COTA	msnm	1048	1033	1017	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	19,2			2,0
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,1			0,4
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,1			7,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,007	0,006	0,020
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,026	0,021	0,015	0,046
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,005	0,015
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,49	0,18	0,23
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,07	0,10	0,04	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,08	0,03	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,11	0,41	0,15	0,21
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,88	0,72	0,67	3,82
NITRATOS	mg N/l	0,20	0,16	0,15	0,86
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,038	0,021	0,007	0,016
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,006	0,002	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,25	0,19	0,89
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,000	
CLOROFILA a	µg/l	2,0			

### **ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>12/08/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1085</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,1</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1069</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>5,3</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1068	
CLOROFILA a	µg/l	14,30	
Población total	n° cel/ml	540	
Diversidad (H)	Bits	1,98	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	296	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	146	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	93	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	3	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Amphora sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	286	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	10	
<i>Coelastrum microporum</i>	Clorofícea	15	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	10	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	111	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	93	
<i>Dinobryon sp.</i>	Crisofícea	2	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	2	

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>22/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1085</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1069</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>1,7</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1068	
CLOROFILA a	µg/l	3,70	
Población total	n° cel/ml	542	
Diversidad (H)	Bits	0,85	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	13	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	2	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	525	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	13	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	24	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	8	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	20	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	472	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>07/04/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1085</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,7</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1060</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>2,9</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1059	
CLOROFILA a	µg/l	5,50	
Población total	n° cel/ml	7.196	
Diversidad (H)	Bits	0,80	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	6.320	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	10	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	716	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	49	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	100	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	6.264	
<i>Cymbella minuta</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	49	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Elakatothrix genevensis</i>	Clorofícea	2	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	40	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	6	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	11	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	2	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	22	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	635	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	6	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	42	
<i>Stelexomonas sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Gymnodinium fuscum</i>	Dinofícea	23	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	77	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	



<b>EMBALSE:</b>	<b>BÚBAL</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BU4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>02/08/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>1085</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,5</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>1049</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>2,6</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	1048	
CLOROFILA a	µg/l	2,00	
Población total	n° cel/ml	393	
Diversidad (H)	Bits	2,27	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	229	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	148	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	12	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Amphora sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella bodanica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	181	
<i>Cymbella tumidula</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Diatoma vulgaris</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	40	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Oscillatoria sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Asterococcus sp.</i>	Clorofícea	7	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Clorofícea	115	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	20	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	4	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	7	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Panorámica del embalse. Verano de 2004 (12/08/2004)



Panorámica del embalse. Verano de 2005 (02/08/2005)





Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Primavera de 2005 (07/04/2004)



Río Caldarés, tributario principal del embalse de Búbal. Verano de 2005 (01/08/2005)

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**





**Datos generales de embalse**

Fecha actualización: Junio de 2006

**EMBALSE: BÚBAL**

**CÓDIGO: BU**

**LOCALIZACIÓN:**

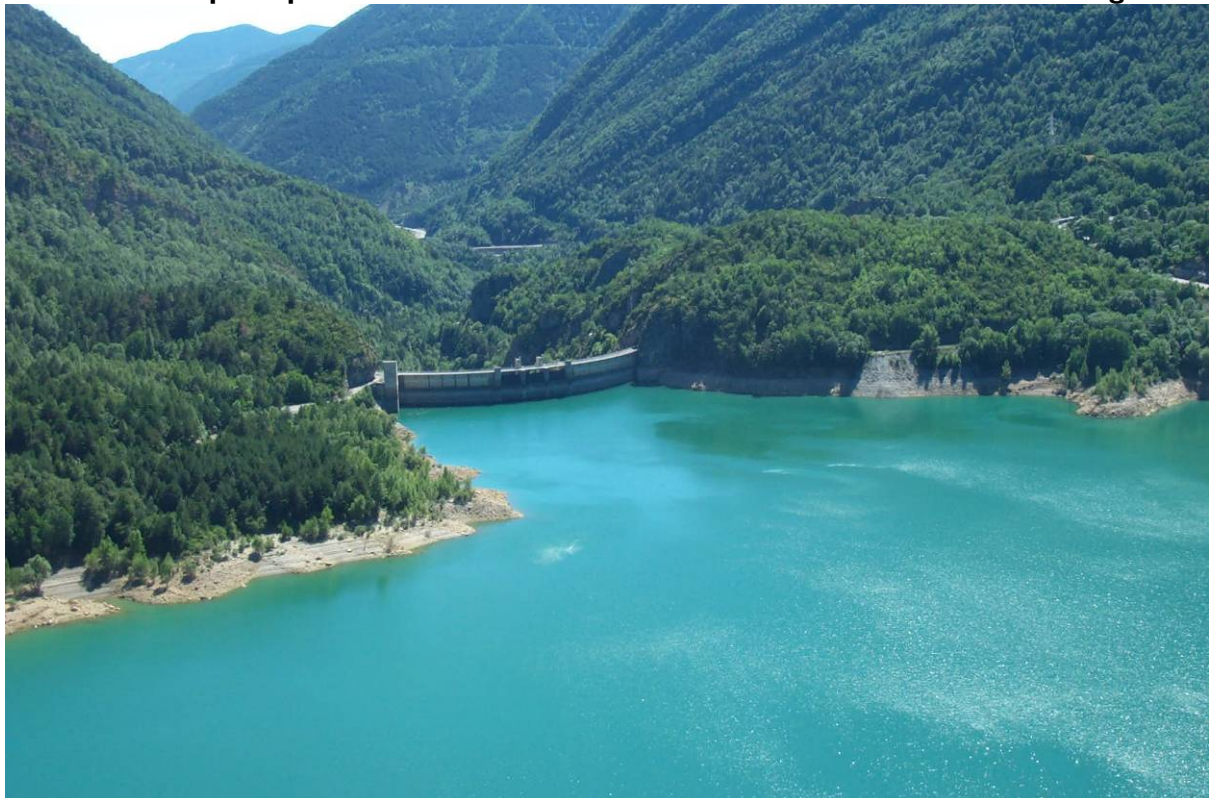
Autonomía: Aragón  
Provincia: Huesca  
Municipio: Hoz de Jaca



Situación en C.H.Ebro

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:**

<b>Tributario principal:</b>	<b>Río Gállego</b>	<b>Otros tributarios:</b>	<b>Río Caldarés</b>
<b>Año de terminación:</b>	<b>1971</b>	<b>Propietario:</b>	<b>Estado</b>
<b>Cuenca a la que pertenece:</b>	<b>Gállego</b>	<b>Altitud (msnm):</b>	<b>1.085</b>
<b>Capacidad total (hm<sup>3</sup>):</b>	<b>64</b>	<b>Capacidad útil (hm<sup>3</sup>):</b>	<b>-</b>
<b>Longitud máxima (km):</b>	<b>5,1</b>	<b>Perímetro (km):</b>	<b>13</b>
<b>Profundidad máxima (m):</b>	<b>75</b>	<b>Profundidad media (m):</b>	<b>23,9</b>
<b>Usos principales:</b>	<b>Hidroeléctrico</b>	<b>Otros usos:</b>	<b>Riego</b>

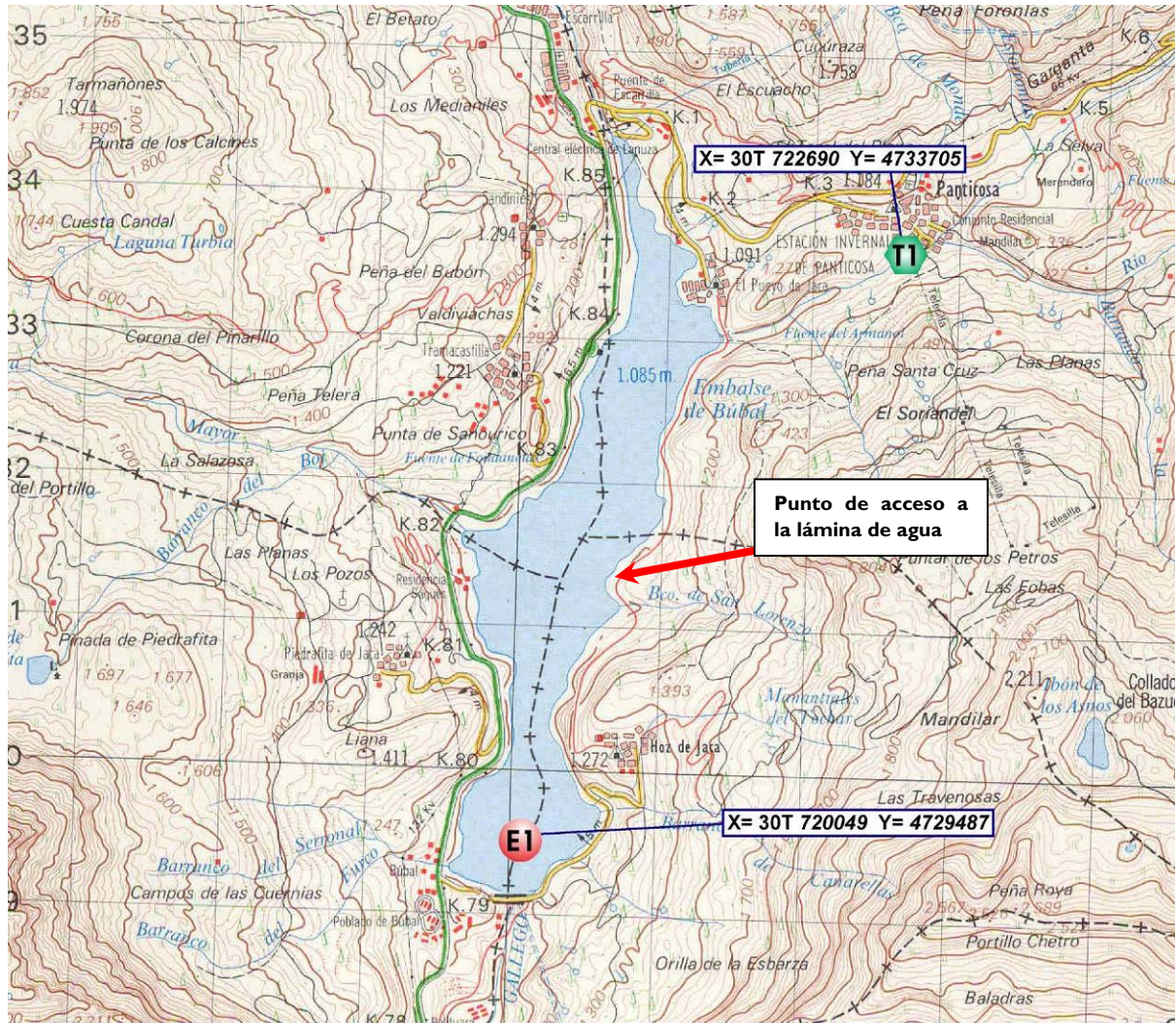


Panorámica del embalse (12/08/2004)





**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Plano/s 1:50.000: 145



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD**

		<b>GRADO TRÓFICO</b>	<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>
	<b>BÚBAL</b>	<b>Mesotrófico</b>	<b>Bueno</b>
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)**

<b>1ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: Erika González		Fecha de muestreo: 12/08/2004
Tª superficie (°C): 19,86	pH superficie (ud): 9,32	Conductividad superficie (µS/cm): 136	
Tª fondo (°C): 12,06	pH fondo (ud): 7,75	Conductividad fondo (µS/cm): 137	
Tª TI (°C): 10,59	pH TI (ud): 8,70	Conductividad TI (µS/cm): 124	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	3,1	5,3	
Termoclina:		Profundidad (m): 7	
Condiciones anóxicas:		Grosor capa anóxica (m): -	
<b>2ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: Erika González		Fecha de muestreo: 22/11/2004
Tª superficie (°C): 6,66	pH superficie (ud): 8,06	Conductividad superficie (µS/cm): 193	
Tª fondo (°C): 6,10	pH fondo (ud): 7,97	Conductividad fondo (µS/cm): 202	
Tª TI (°C): 6,14	pH TI (ud): 8,23	Conductividad TI (µS/cm): 270	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	1	1,7	
Termoclina: No		Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	
<b>3ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: Erika González		Fecha de muestreo: 07/04/2005
Tª superficie (°C): 7,46	pH superficie (ud): 8,38	Conductividad superficie (µS/cm): 204	
Tª fondo (°C): 4,71	pH fondo (ud): 7,89	Conductividad fondo (µS/cm): 204	
Tª TI (°C): 8,71	pH TI (ud): 8,36	Conductividad TI (µS/cm): 206	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	1,7	2,9	
Termoclina: No		Profundidad (m): -	
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -	
<b>4ª CAMPAÑA</b>	Muestreador: Erika González		Fecha de muestreo: 02/08/2005
Tª superficie (°C): 18,90	pH superficie (ud): -	Conductividad superficie (µS/cm): 180	
Tª fondo (°C): 7,47	pH fondo (ud): -	Conductividad fondo (µS/cm): 197	
Tª TI (°C): 13,26	pH TI (ud): -	Conductividad TI (µS/cm): 202	
Transparencia			
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-	
EI	1,5	2,6	
Termoclina: Si		Profundidad (m): 12	
Condiciones anóxicas: Si		Grosor capa anóxica (m): 8	





**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS:** (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 12/08/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	BUEIS	BUEIT	BUEIF	BUTI
PROFUNDIDAD	m	1	7	21	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,020	0,023	0,023	0,005
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,29	0,29	0,68	0,25
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,04	0,08	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,10	0,10	0,15	0,15
NITRITOS	mg N/l	0,030	0,005	0,009	0,002
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	14,3			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	540			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 296	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 286	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 22/11/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	BUEIS	BUEIM	BUEIF	BUTI
PROFUNDIDAD	m	1	18	36	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,017	0,018	0,045	0,007
FOSFATOS	mg P/l	0,017	0,017	0,021	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,42	0,26	0,28	0,20
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,01	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,10	0,13	0,10	0,40
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,007	0,010	0,002
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	3,7			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	542			
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofícea			Nº células/ml: 525	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>			Nº células/ml: 472	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/04/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	BUEIS	BUEIM	BUEIF	BUTI
PROFUNDIDAD	m	1	17	32	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,030	0,031	0,028	0,036
FOSFATOS	mg P/l	0,030	0,031	0,028	0,027
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,37	0,47	0,62	0,59
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,04	0,15	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,19	0,20	0,19	0,13
NITRITOS	mg N/l	0,007	0,007	0,006	0,002
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	5,5			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	7.196			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 6.320	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 6.264	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 02/08/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	BUEIS	BUEIM	BUEIF	BUTI
PROFUNDIDAD	m	1	16	32	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,007	0,006	0,020
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,007	0,005	0,015
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,49	0,18	0,23
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,08	0,03	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,20	0,16	0,15	0,86
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,006	0,002	0,005
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	393			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 229	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>			Nº células/ml: 181	

## **ADICIONAL INFORME EMBALSE DE BÚBAL 2004-2005**

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Búbal recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

### **1. ESTADO TRÓFICO**

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

#### **a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)**

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica de búbal (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

**Tabla A1.** Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

### **b) Fitoplancton (Clorofila a, densidad algal)**

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila a en la zona fótica ( $\mu\text{g/L}$ ) y densidad celular ( $\text{n}^\circ$  células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

**Tabla A2.** Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

### c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

**Tabla A3.** Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

### Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

**Tabla A4.** Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g}$ )	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 <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

**Tabla A5.** Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

## 2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

## **2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO**

### **2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON**

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

#### **- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)**

##### Cálculo para clorofila a:

$$RCE = [(1/Chla \text{ Observado}) / (1/Chla \text{ Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para biovolumen:

$$RCE = [(1/biovolumen \text{ Observado}) / (1/ biovolumen \text{ Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$RCE = [(400-IGA \text{ Observado}) / (400- IGA \text{ Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$RCE = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

#### **1) Concentración de clorofila a**

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

**Tabla A6.** Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

**Tabla A7.** Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado *IGA*, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice *IGA* se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

<i>Cr</i>	<b>Criptófitos</b>	<i>Cia</i>	<b>Cianobacterias</b>
<i>Cc</i>	<b>Crisófitos coloniales</b>	<i>D</i>	<b>Dinoflageladas</b>
<i>Dc</i>	<b>Diatomeas coloniales</b>	<i>Cnc</i>	<b>Crisófitos no coloniales</b>
<i>Chc</i>	<b>Clorococales coloniales</b>	<i>Chnc</i>	<b>Clorococales no coloniales</b>
<i>Vc</i>	<b>Volvocales coloniales</b>	<i>Dnc</i>	<b>Diatomeas no coloniales</b>

En cuanto al *IGA*, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

**Tabla A8.** Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

#### 4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

Donde:  $BVOL_{CIA}$       Biovolumen de cianobacterias totales  
 $BVOL_{CHR}$       Biovolumen de Chroococcales  
 $BVOL_{MIC}$       Biovolumen de *Microcystis*  
 $BVOL_{WOR}$       Biovolumen de *Woronichinia*  
 $BVOL_{TOT}$       Biovolumen total de fitoplancton



Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

**Tabla A9.** Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE<sub>trans</sub>). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

**Tabla A10.** Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Buena o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

**Tabla A11.** Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B+/M, Buena o superior-Moderado; M/D, Moderado-Deficiente; D/M, Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

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 <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /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

## 2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FISICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

### 1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

**Tabla A12.** Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

### 2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

**Tabla A13.** Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

### 3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

**Tabla A14.** Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

### 4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

**Tabla A15.** Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

**Tabla A16.** Combinación de los indicadores.

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

## 2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA\_MA), como máximo admisible (NCA\_CMA) o en la biota (NCA\_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

**Tabla A17.** Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

## 2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

**Tabla A18.** Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE BÚBAL

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

**Tabla A19.** 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 <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>&lt; 1,8</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>

En la tabla A20a 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 para la campaña de muestreo de 2004.

**Tabla A20a.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Búbal 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	20,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	3,10	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	14,30	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	540	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>2,75</b>	<b>MESOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila *a* como eutrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Búbal en 2004 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

En la tabla A20b 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 para la campaña de muestreo de 2005.

**Tabla A20b.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Búbal 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	19,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,50	Eutrófico
CLOROFILA <i>a</i>	2,00	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	393	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>2,75</b>	<b>MESOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como eutrófico; la concentración de clorofila *a* como oligotrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Búbal en 2005 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

#### **DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE BÚBAL**

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

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 A21 y A22.



**Tabla A21.** Parámetros, rangos del RCE 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 <sup>3</sup> /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	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,6</b>	<b>0,4 - 0,6</b>	<b>0,2 - 0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	
			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 <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /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		
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>&lt; 1,6</b>	<b>1,6 – 2,4</b>	<b>&gt; 2,4</b>		

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

**Tabla A22.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico (PE)
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

En la tabla A23a se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2004.

**Tabla A23a.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Búbal 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	14,30	0,18	0,25	Deficiente
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>4</b>		<b>DEFICIENTE</b>	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,10			Bueno	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	10,01			Muy Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	20,00			Moderado	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>DEFICIENTE</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Búbal para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.

En la tabla A23b se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2005.

**Tabla A23b.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Búbal 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,00	1,30	1,21	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO O SUPERIOR</b>	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor				PE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,50				Moderado
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	2,71				Moderado
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	19,00				Moderado
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Búbal para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.