



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 SAN BARTOLOMÉ**

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<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>5</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 San Bartolomé 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 San Bartolomé está situado en una zona topográficamente deprimida conocida como Depresión Intermedia. Está formado por materiales terrígenos del Eoceno (flysch, margas azules y depósitos de transición) y por molasas del Oligoceno. Se articula en dos zonas separadas por una estructura N-S.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1.908 y recrecida en 1942, se sitúa en el municipio de Ejea de los Caballeros en la provincia de de Zaragoza. La presa se enclava

en el río Arba de Luesia, aunque regula, principalmente, las aguas procedentes de Canal de las Bárdenas que tiene su origen en el embalse de Yesa (*según el estudio "Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica Del Ebro -Año 1996-*).

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de pequeñas dimensiones y sin grandes variaciones morfológicas. Entre sus características morfológicas destaca la escasa profundidad que presenta, midiéndose un máximo durante el periodo estudiado de 6,5 m..

La cuenca vertiente al embalse de San Bartolomé tiene una superficie total de 1 568,15 ha.

El embalse tiene una extensión de 100 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 6 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 6 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 12 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)	1 568,15
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	100
Longitud máxima del embalse (km)	1,8
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	6
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	12
Profundidad media (m)	6
Perímetro en máximo nivel (km)	7
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	417
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	406; 416,6

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa a 4 metros de profundidad. La capa fótica en el estío oscila entre 1 y 2 metros de espesor.

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

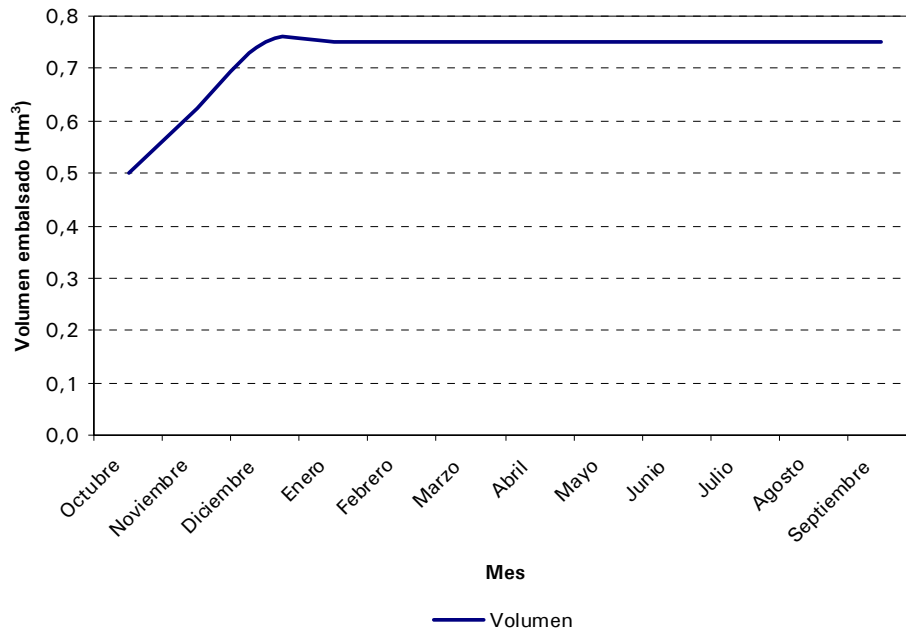
**Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005**

<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	0,50	-	-	-	-
Noviembre	0,63	-	-	-	-
Diciembre	0,75	-	-	-	-
Enero	0,75	-	-	-	-
Febrero	0,75	-	-	-	-
Marzo	0,75	-	-	-	-
Abril	0,75	-	-	-	-
Mayo	0,75	-	-	-	-
Junio	0,75	-	-	-	-
Julio	0,75	-	-	-	-
Agosto	0,75	-	-	-	-
Septiembre	0,75	-	-	-	-
<b>Total anual</b>	<b>0,72</b>	-	-	-	-

No se han podido estimar los tiempos de retención en el embalse por no disponer de registros de caudales de entrada y salida. Según los datos disponibles de volumen, el embalse se encuentra, habitualmente, muy por debajo de su capacidad total (6 hm<sup>3</sup>), aproximadamente al 12%, y no presenta grandes variaciones interanuales, manteniendo un volumen prácticamente constante durante todo el año.

<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 al riego, haciendo uso de ellas, principalmente, la comunidad de regantes de las Vegas de Ejea de los Caballeros. A su vez, en el embalse se realizan actividades recreativas (pesca, baño y navegación principalmente).

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de San Bartolomé 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 las siguientes categorías:

- *Zonas de extracción para consumo humano:* En el embalse de San Bartolomé se sitúa una captación, cuyo titular es el ayuntamiento de Ejea de Los Caballeros, que abastece de agua a una población de 16042 habitantes.

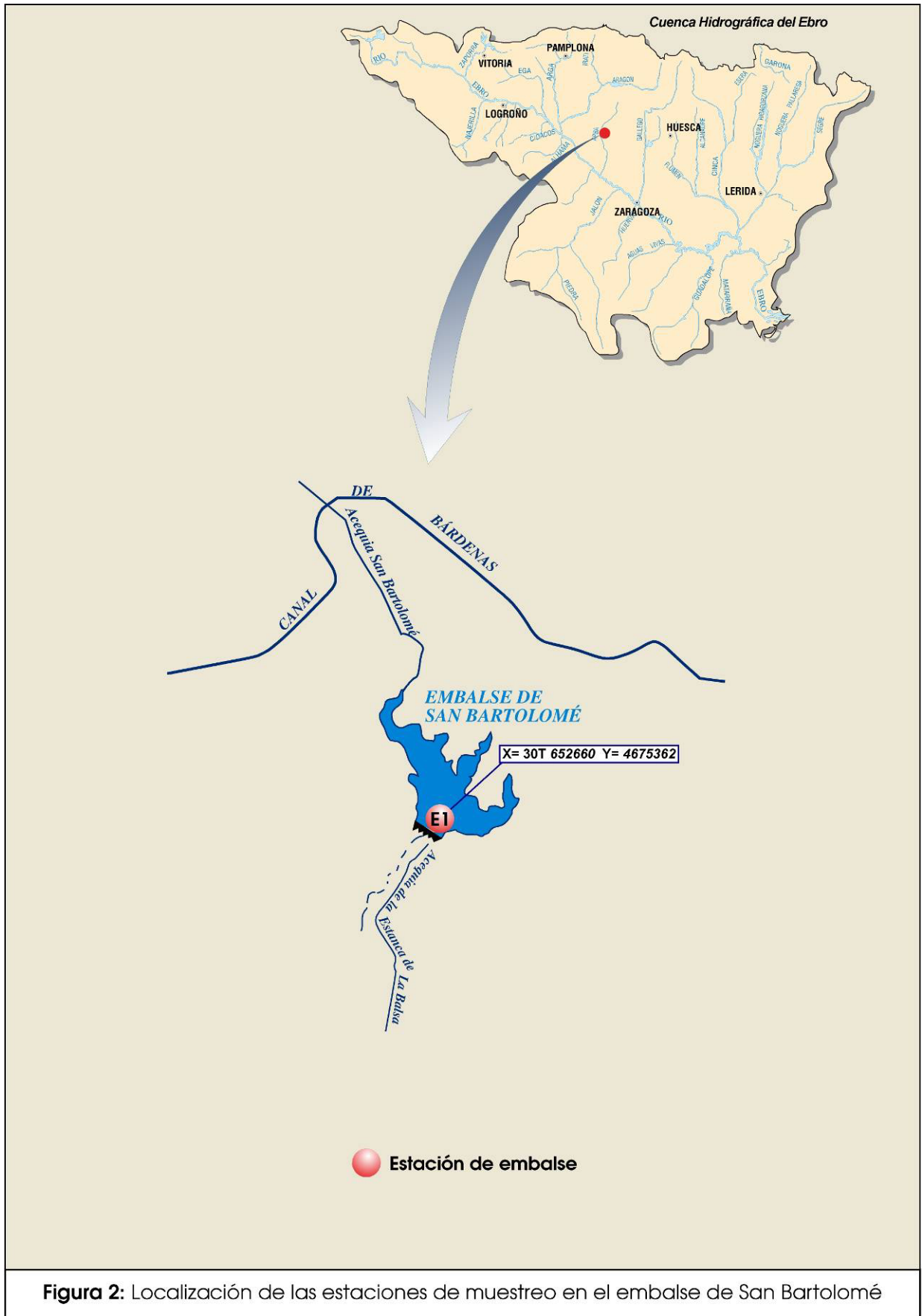
### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en las inmediaciones de la presa (**E1**) (**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	30/07/2004	Estratificación
2ª Campaña	26/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	06/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	12/07/2005	Mezcla





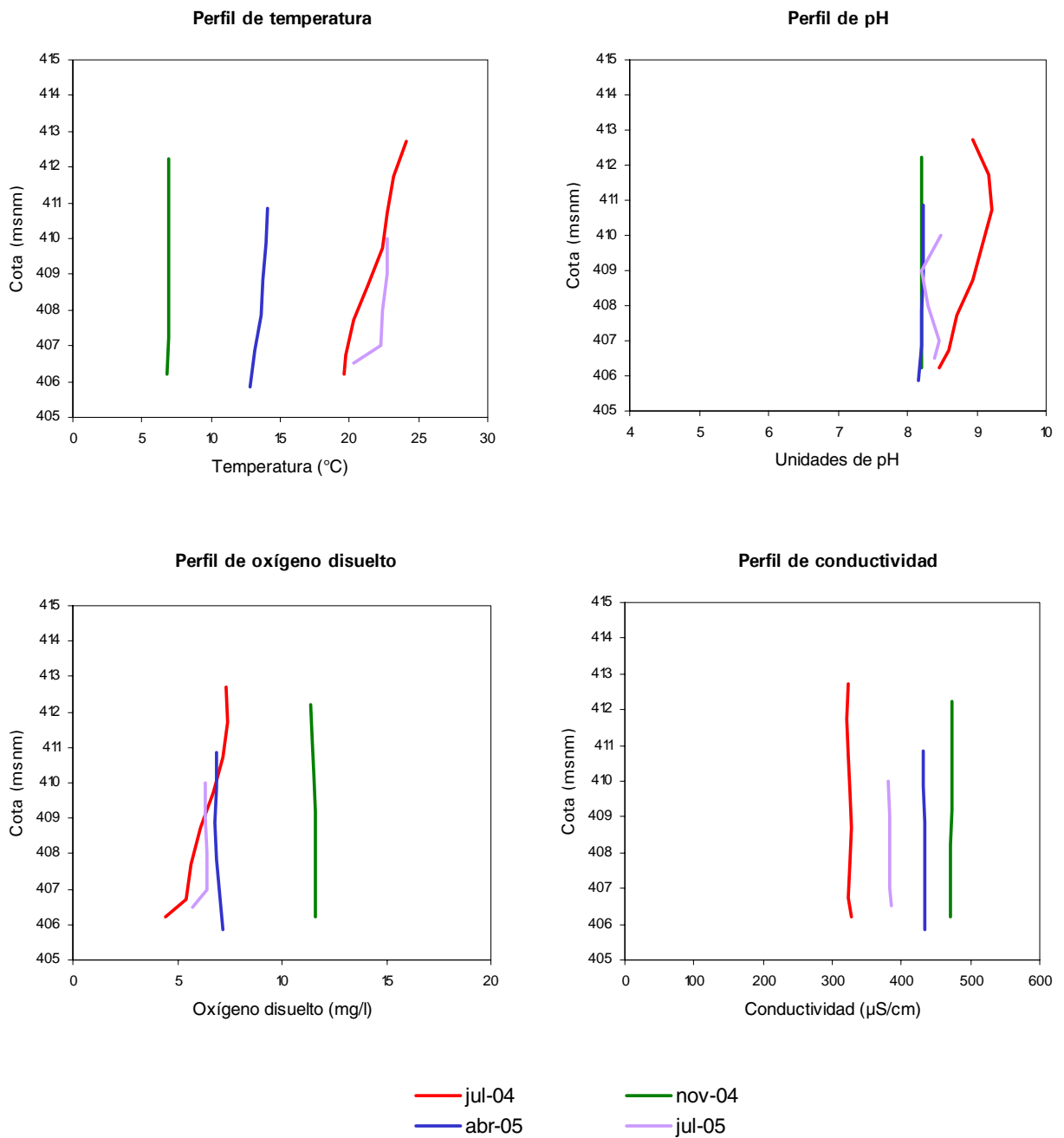
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 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 6,86 °C –mínimo invernal- y los 24 °C, -máximo registrado en el estío-. En la época estival la termoclina se sitúa a 4 m de profundidad, mientras que en invierno la columna de agua ronda los 7 °C.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,45 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,22 ud y el mínimo, registrado en primavera y en las capas más profundas, de 8,17 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 0,98 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 1,7 metros. El mínimo (0,6 m) se registra en la campaña de verano de 2005, mientras que el máximo (1,2 m) se registra en las campañas realizadas en la segunda mitad de 2004 (verano, invierno).
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,84 mg/l O<sub>2</sub>. El mínimo, 4,4 mg/l O<sub>2</sub> se registra en la campaña de verano de 2004 y en el último metro de profundidad. El máximo (11,63 mg/l O<sub>2</sub>) se da en invierno, donde la concentración para toda la columna de agua se sitúa en torno a 11,5 mg/l O<sub>2</sub>. En términos generales, las buenas condiciones de oxigenación del embalse se asocian a las condiciones morfológicas del embalse - escaso calado -.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 472 µS/cm. Los resultados obtenidos son ligeramente superiores a 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 y se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

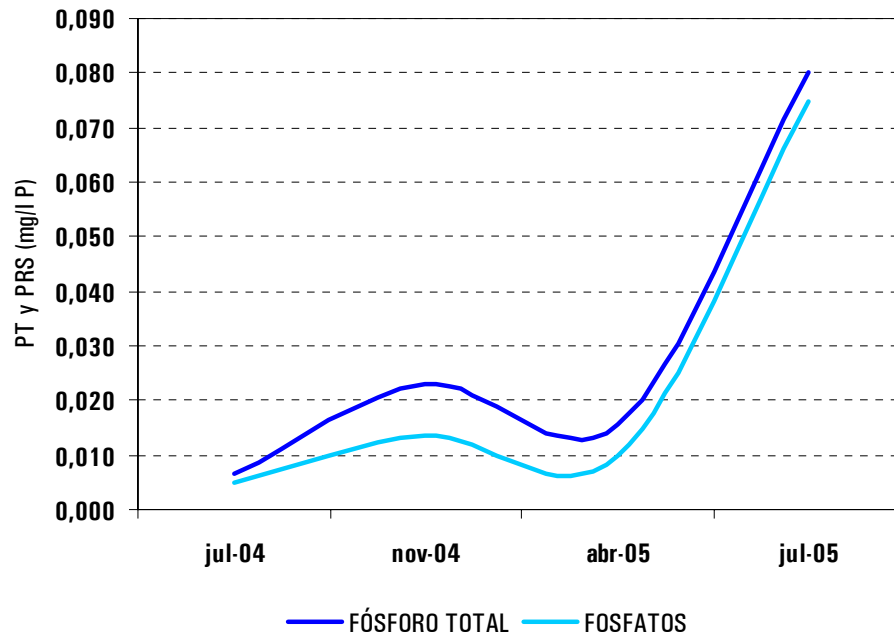
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,027 mg/l P. Los resultados máximos se dan en verano de 2005, donde la concentración media adquiere un valor de 0,080 mg/l P. Este registro está altamente condicionado por la escasa profundidad que presentaba el embalse (3,5 m), que facilita la resuspensión del fósforo desde los sedimentos. Por su parte el mínimo -0,007 mg/l P- se sitúa en verano de 2004. Los ortofosfatos mantienen una pauta idéntica, alcanzando la concentración media anual un valor de 0,026 y un máximo en verano de 2005 de 0,075 mg/l P

La concentración media anual de nitrógeno inorgánico (NIT) es moderada, adquiriendo un valor de 0,4 mg/l N. Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 53\%$ ), siendo la proporción de amonio elevada ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 44\%$ ) y la de nitritos pequeña ( $\text{NO}_2/\text{NIT} = 3\%$ ). La concentración máxima de NIT se da en invierno -0,66 mg/l N- mientras que el mínimo se registra en verano de 2004 -0,11 mg/l N-. Por su parte, los nitritos, durante el periodo de mezcla (invierno, primavera), superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícola ( $\leq 0,03 \text{ mg NO}_2/\text{l}$ ), con unas concentraciones medias de 0,049 y 0,06 mg/l  $\text{NO}_2$ , respectivamente.

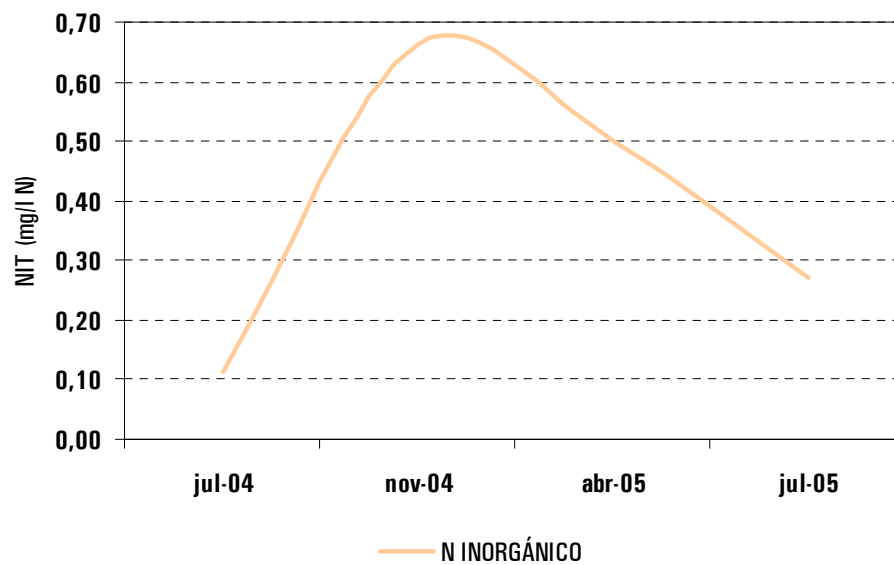
- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo, con unos valores medios de 1,0 y 11 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , para la  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (39,4 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

**Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes**

**Valores medios de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Soluble  
Embalse de San Bartolomé**



**Valores medios de Nitrógeno Inorgánico Total  
Embalse de San Bartolomé**



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

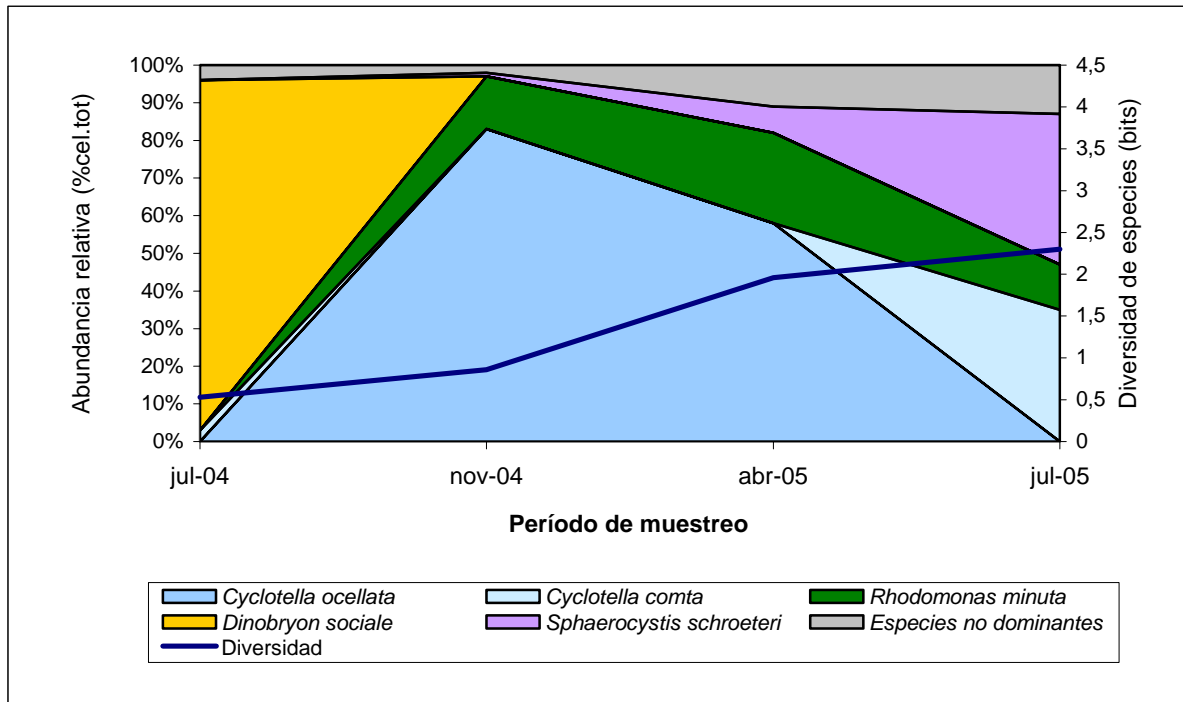
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 50 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 15 diatomeas
- 2 cianobacterias
- 20 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 2 crisofíceas
- 3 dinofíceas
- 2 euglenofíceas

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

En el estío de 2004 la comunidad fitoplanctónica presenta un valor moderado de densidad -2 492 cel/ml-. En este periodo la comunidad está formada mayoritariamente por la crisofícea *Dinobryon sociale*, especie que suele crecer en las masas de agua templadas durante la época estival. La fuerte dominancia de *Dinobryon* -representa el 93% de la densidad fitoplanctónica-, determina el valor más bajo del índice de diversidad de Shannon-Weaver -0,53 bits-.

En el periodo invernal la densidad algal crece hasta registrarse el máximo valor del periodo de estudio -3 204 cel/ml-. Las crisofíceas dan paso a las diatomeas céntricas, entre las que destaca por su abundancia *Cyclotella ocellata* que representa el 83% de la comunidad. La criptofícea *Rhodomonas minuta* es la principal especie acompañante y su presencia, junto a las diatomeas céntricas, indica medios mesotróficos bien mezclados.

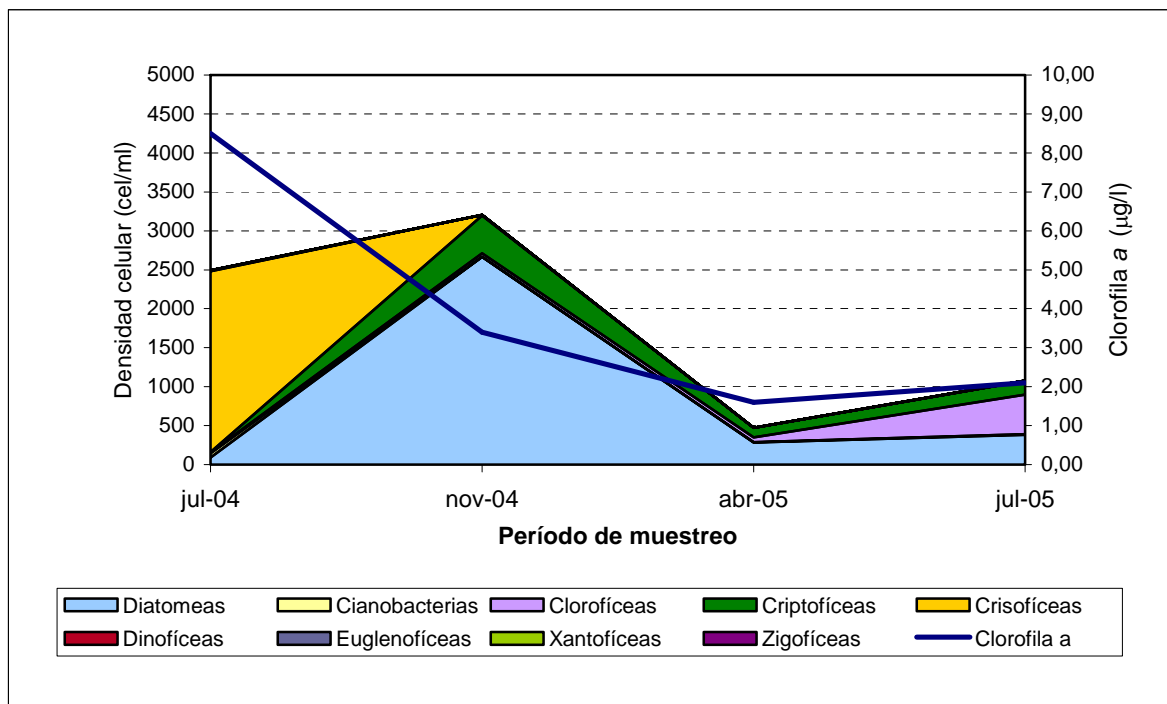
Durante la primavera disminuye la densidad algal de todos los grupos de fitoplancton y se registra el valor más bajo de este parámetro -471 cel/ml-. En relación a la

composición de la comunidad, la diatomea *Cyclotella ocellata* se mantiene como especie dominante y la criptofícea *Rhodomonas minuta* como principal acompañante.

En varano de 2005 se incrementa ligeramente la densidad algal con respecto a la primavera -1 077 cel/ml-. Cualitativamente la comunidad se caracteriza por el cambio de especie dominante, ya que la mejora de las condiciones de iluminación y temperatura favorece el aumento poblacional de la clorofícea *Sphaerocystis schroeteri*. La diatomea *Cyclotella comta* se mantiene como principal especie acompañante junto a *Rhodomonas minuta*. La ausencia de una especie claramente dominante determina el registro del máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -2,30 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**



En el primer periodo estival no se encuentra correspondencia entre la concentración de clorofila *a* y la densidad fitoplanctónica. Esta situación podría deberse a un crecimiento anterior que favoreciese la presencia de una alta concentración de clorofila *a* inactiva. En

el resto de periodos estudiados ambos parámetros tienen una buena correspondencia, de forma que la biomasa y la densidad algal evolucionan de valores medios a bajos.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora

Las asociaciones algales que se han identificado a lo largo del año en el embalse de San Bartolomé informan de un medio mesotrófico. De la sucesión fitoplanctónica se podría



*Dinobryon sp.*

destacar el hecho de que durante el primer verano la crisofícea *Dinobryon sociale* presenta una población moderadamente densa. En invierno se incrementa la población de *Cyclotella ocellata*, que se establece como dominante hasta principios del verano de 2005, cuando es desplazada por el crecimiento de la clorofícea *Sphaerocystis Schroeteri*. La valoración del grado trófico del embalse a partir de la composición algal debe matizarse con la densidad media de la comunidad – 1 811 cel/ml- y la concentración media de biomasa -

3,90  $\mu\text{g/l}$  de clorofila *a*-. Estos resultados nos indican que el embalse de San Bartolomé es un medio mesotrófico que incrementa ligeramente su grado trófico durante el período estival.

## 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 San Bartolomé, 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, hipereutrofia, se obtiene con la transparencia, no obstante éste parámetro sobreestima el grado trófico del embalse, ya que la baja transparencia se debe, en gran medida, a sólidos inorgánicos en suspensión.



Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a y del fósforo total, definen al embalse como mesotrófico, mientras que con la transparencia se obtiene un resultado de eutrofia.

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

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	27	<b>EUTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	1.811	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	8,5	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	3,9	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	27	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	1,0	<b>EUTRÓFICO</b>
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	1.811	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	3,9	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	27	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	318	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	1,0	<b>E. AVANZADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	3,9	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	8,5	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	27	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	1,0	<b>HIPEREUT.</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	0,6	<b>HIPEREUT.</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	60	<b>EUTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): CLA	<i>10(6-log<sub>2</sub> 7,7(1/Cl<sup>a</sup>^0,68))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	44	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): PT	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(54,9/PT))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	50	<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 San Bartolomé es **BUENO**.

EMBALSE DE SAN BARTOLOMÉ			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR	
Indicadores	Elementos	Parámetros	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	1,811	5	3,0	3,0	0,90	
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	3,9	3				
		Cianofceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	52	5				
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	1,0	1	3,0	3,0	0,90	
		Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,2				5
		Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	26,9				3
			VALORACIÓN DE CADA CLASE										
			1	2	3	4	5						

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**

**EMBALSE:** SAN BARTOLOME (BA) **CAMPAÑA:** 1  
**COT. MAX:** 416,6 **NIVEL:** 413

Estación: E1 Profundidad: 6,5  
 Fecha: 30/07/2004 Hora: 14:00  
 Disco Secchi (m): 1,2 Capa fótica (m): 2,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	413	24,07	8,95	7,31	86,20	322	240	209
1	412	23,16	9,18	7,39	86,80	320	252	208
2	411	22,75	9,22	7,19	84,30	322	255	209
3	410	22,36	9,09	6,71	77,50	325	251	211
4	409	21,33	8,94	6,09	70,60	327	250	213
5	408	20,32	8,71	5,62	61,40	326	244	212
6	407	19,73	8,60	5,41	58,50	323	242	210
6,5	406	19,64	8,47	4,40	48,70	327	238	213

**EMBALSE:** SAN BARTOLOME (BA) **CAMPAÑA:** 2  
**COT. MAX:** 416,6 **NIVEL:** 412

Estación: E1 Profundidad: 6  
 Fecha: 26/11/2004 Hora: 14:15  
 Disco Secchi (m): 1,2 Capa fótica (m): 2,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	412	6,89	8,20	11,40	93,80	472	172	307
1	411	6,88	8,20	11,44	94,00	472	172	307
2	410	6,87	8,20	11,54	94,90	472	172	307
3	409	6,88	8,21	11,57	95,10	472	173	307
4	408	6,88	8,21	11,60	95,40	471	173	306
5	407	6,87	8,21	11,62	95,60	471	174	306
6	406	6,86	8,21	11,63	95,60	471	174	306

**EMBALSE:** SAN BARTOLOME (BA) **CAMPAÑA:** 3  
**COT. MAX:** 416,6 **NIVEL:** 411

Estación: E1 Profundidad: 5  
 Fecha: 06/04/2005 Hora: 16:50  
 Disco Secchi (m): 0,9 Capa fótica (m): 1,5

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	411	14,04	8,22	6,84	66,50	432	133	281
1	410	13,94	8,22	6,90	67,10	432	136	281
2	409	13,70	8,22	6,78	65,30	433	138	281
3	408	13,62	8,21	6,87	66,20	434	139	282
4	407	13,20	8,21	7,01	66,40	434	139	282
5	406	12,84	8,17	7,15	67,70	434	142	282

**EMBALSE:** SAN BARTOLOME (BA) **CAMPAÑA:** 4  
**COT. MAX:** 416,6 **NIVEL:** 410

Estación: E1 Profundidad: 3,5  
 Fecha: 12/07/2005 Hora: 21:10  
 Disco Secchi (m): 0,6 Capa fótica (m): 1,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	410	22,73	8,48	6,36	73,90	381	151	248
1	409	22,73	8,20	6,32	73,40	384	151	250
2	408	22,37	8,30	6,39	73,60	384	164	250
3	407	22,30	8,46	6,43	73,70	383	186	249
3,5	407	20,26	8,39	5,75	63,60	386	183	251

**ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA1</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>30/07/2004</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>416,60</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>413</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1T</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	4	6
COTA	msnm	412	409	407
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,5	6,2	4,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	113,3	113,9	122,0
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,6	2,0	2,0
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	15,7	15,7	15,8
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,007	0,006
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,021	0,015	0,010
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,005	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,61	0,51	0,76
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,04	0,04	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,58	0,48	0,73
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,12	0,19	0,63
NITRATOS	mg N/l	0,03	0,04	0,14
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,037	0,026	0,013
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,008	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,07	0,08	0,18
CALCIO	mg Ca/l	38,5	38,2	41,4
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	9,2	9,1	8,8
SODIO	mg Na/l	16,3	16,3	14,6
POTASIO	mg K/l	1,2	1,2	1,2
CLORUROS	mg Cl/l	20,0	19,5	17,0
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	19,0	15,7	18,4
SULFUROS	mg S <sup>2-</sup> /l			0,013
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	3,05	3,60	3,17
CLOROFILA a	µg/l	8,5		

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA2</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>26/11/2004</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>416,60</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>412</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	3	6
COTA	msnm	411	409	406
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,6		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	142,8		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,3		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,2		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,050	0,010	0,009
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,088	0,017	0,021
FOSFATOS	mg P/l	0,029	0,006	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,87	0,95	0,87
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,52	0,54	0,58
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,41	0,42	0,45
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,46	0,53	0,42
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,01	0,99	0,99
NITRATOS	mg N/l	0,23	0,22	0,22
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,047	0,048	0,051
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,015	0,016
N INORGÁNICO	mg N/l	0,65	0,65	0,69
CLOROFILA a	µg/l	3,4		



<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA3</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>06/04/2005</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>416,60</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>411</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	2	4
COTA	msnm	410	409	407
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	7,7		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	136,2		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,8		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,018	0,013	0,016
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,022	0,024	0,043
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,008	0,014
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,66	0,68	0,64
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,12	0,24	0,13
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,09	0,19	0,10
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,57	0,50	0,54
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,45	1,71	1,55
NITRATOS	mg N/l	0,33	0,39	0,35
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,034	0,064	0,083
NITRITOS	mg N/l	0,010	0,019	0,025
N INORGÁNICO	mg N/l	0,43	0,59	0,47
CLOROFILA a	µg/l	1,6		

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>12/07/2005</b>
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>416,60</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>410</b>
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	3
COTA	msnm	409	407
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	15,6	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,0	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,1	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,095	0,065
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,262	0,197
FOSFATOS	mg P/l	0,085	0,064
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,25	1,20
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,12	0,12
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,09	0,09
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,16	1,11
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,74	0,80
NITRATOS	mg N/l	0,17	0,18
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,016	0,018
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,26	0,28
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l		0,000
CLOROFILA a	µg/l	2,1	

**ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA 1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>30/07/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>417</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>413</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>2,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	412	
CLOROFILA a	µg/l	8,50	
Población total	Nº cel/ml	2.492	
Diversidad (H)	Bits	0,53	
Clase BACILLARIOFICEA	nº cel/ml	90	
Grupo CIANOBACTERIA	nº cel/ml	52	
Clase CLOROFICEA	nº cel/ml	14	
Clase CRIPTOFICEA	nº cel/ml	4	
Clase CRISOFICEA	nº cel/ml	2.323	
Clase DINOVICEA	nº cel/ml	8	
Clase EUGLENOFICEA	nº cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	nº cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	nº cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>nº cel/ml</b>	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	17	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	67	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	52	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	3	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofícea	2	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	4	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	2	
<i>Dinobryon sociale</i>	Crisofícea	2.323	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	7	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>26/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>417</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>412</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>2,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	411	
CLOROFILA a	µg/l	3,40	
Población total	n°cel/ml	3.204	
Diversidad (H)	Bits	0,86	
Clase BACILLARIOFICEA	n°cel/ml	2.667	
Grupo CIANOBACTERIA	n°cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n°cel/ml	43	
Clase CRIPTOFICEA	n°cel/ml	484	
Clase CRISOFICEA	n°cel/ml	7	
Clase DINOFICEA	n°cel/ml	2	
Clase EUGLENOFICEA	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>Aulacoseira italica</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	2.664	
<i>Gomphonema sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Clorofícea	14	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	8	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	21	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	16	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	23	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	443	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofícea	7	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>06/04/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>417</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>0,9</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>411</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>1,5</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	410	
CLOROFILA a	µg/l	1,60	
Población total	n° cel/ml	471	
Diversidad (H)	Bits	1,96	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	285	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	64	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	120	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOFICEA	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>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	271	
<i>Cymatopleura solea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Gomphonema sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	6	
<i>Nitzschia linearis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	15	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	11	
<i>Oocystis crassa</i>	Clorofícea	1	
<i>Selenastrum sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	33	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	6	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	113	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	

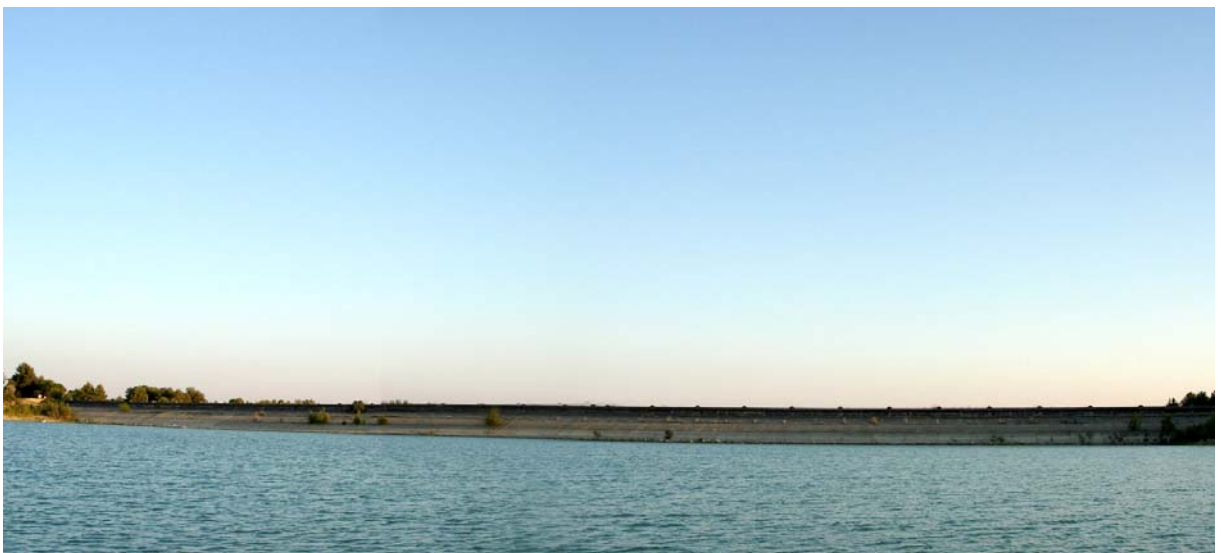
<b>EMBALSE:</b>	<b>SAN BARTOLOMÉ</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>BA4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>12/07/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>417</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>0,6</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>410</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>1,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	409	
CLOROFILA a	µg/l	2,10	
Población total	n°cel/ml	1.077	
Diversidad (H)	Bits	2,30	
Clase BACILLARIOFICEA	n°cel/ml	382	
Grupo CIANOBACTERIA	n°cel/ml	9	
Clase CLOROFICEA	n°cel/ml	509	
Clase CRIPTOFICEA	n°cel/ml	173	
Clase CRISOFICEA	n°cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n°cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n°cel/ml	2	
Clase XANTOFICEA	n°cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n°cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	377	
<i>Gomphonema minutum</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	2	
<i>Synechococcus sp.</i>	Cianobacteria	7	
<i>Asterococcus sp.</i>	Clorofícea	5	
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	11	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	2	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Nephrocytium limneticum</i>	Clorofícea	15	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	25	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Clorofícea	8	
<i>Schroederia setigera</i>	Clorofícea	4	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Clorofícea	433	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	17	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	17	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	9	
<i>Cryptomonas phaseolus</i>	Criptofícea	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	128	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**





Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (30/07/2004)



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (12/07/2005)



Panorámica del embalse de San Bartolomé. Primavera de 2005 (06/04/2005)

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**



**Datos generales de embalse**

Fecha actualización: Junio de 2006

**EMBALSE: SAN BARTOLOMÉ**

**CÓDIGO: BA**

**LOCALIZACIÓN:**

**Autonomía:** Aragón  
**Provincia:** Zaragoza  
**Municipio:** Egea de los Caballeros



Situación en C.H.Ebro

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:**

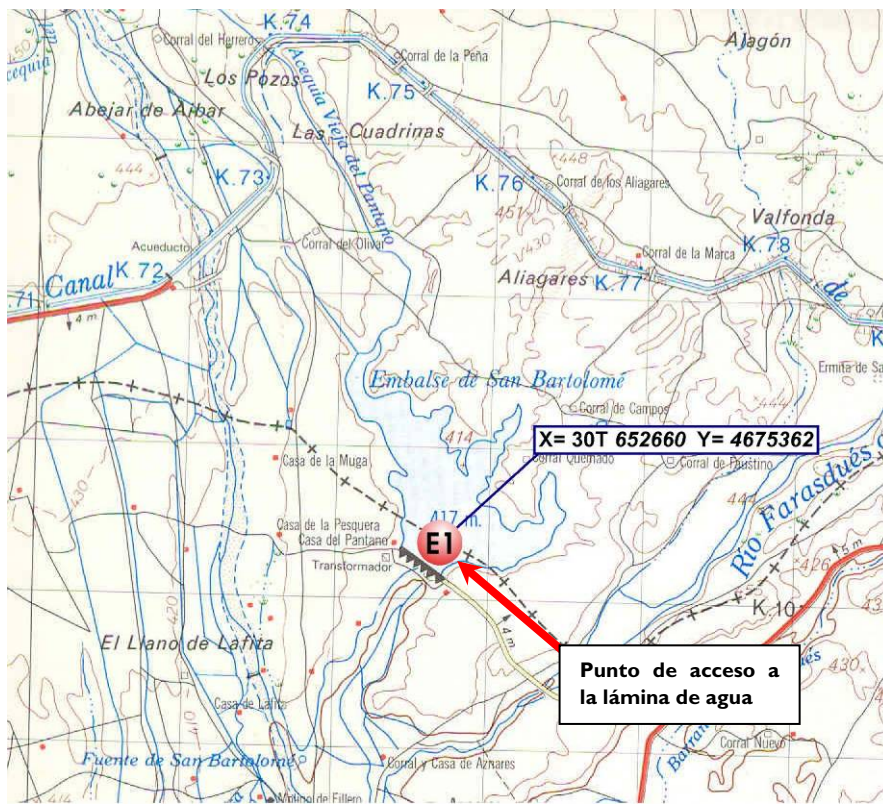
<b>Tributario principal:</b>	<b>Arba</b>	<b>Otros tributarios:</b>	-
<b>Año de terminación:</b>	<b>1908-1942</b>	<b>Propietario:</b>	<b>C.R. Arba Luesia</b>
<b>Cuenca a la que pertenece:</b>	<b>Arba</b>	<b>Altitud (msnm):</b>	<b>416,6</b>
<b>Capacidad total (hm<sup>3</sup>):</b>	<b>6</b>	<b>Capacidad útil (hm<sup>3</sup>):</b>	-
<b>Longitud máxima (km):</b>	<b>1,8</b>	<b>Perímetro (km):</b>	<b>7</b>
<b>Profundidad máxima (m):</b>	<b>12</b>	<b>Profundidad media (m):</b>	<b>6</b>
<b>Usos principales:</b>	<b>Riego</b>	<b>Otros usos:</b>	<b>Abastecimiento</b>



Panorámica del embalse (30/7/2004)



**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**



 Estación de embalse

**Nº Plano/s 1:50.000: 246**



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD**

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

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 30/07/2004
Tª superficie (°C): 24,07	pH superficie (ud): 8,95	Conductividad superficie (µS/cm): 322
Tª fondo (°C): 19,67	pH fondo (ud): 8,47	Conductividad fondo (µS/cm): 327
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,2	2
Termoclina: Si		Profundidad (m): 4
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 26/11/2004
Tª superficie (°C): 6,89	pH superficie (ud): 8,20	Conductividad superficie (µS/cm): 472
Tª fondo (°C): 6,86	pH fondo (ud): 8,21	Conductividad fondo (µS/cm): 471
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,2	2
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 07/04/2005
Tª superficie (°C): 14,04	pH superficie (ud): 8,22	Conductividad superficie (µS/cm): 432
Tª fondo (°C): 12,84	pH fondo (ud): 8,17	Conductividad fondo (µS/cm): 434
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	0,9	1,5
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 12/07/2005
Tª superficie (°C): 22,73	pH superficie (ud): 8,48	Conductividad superficie (µS/cm): 381
Tª fondo (°C): 20,26	pH fondo (ud): 8,39	Conductividad fondo (µS/cm): 386
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	0,6	1
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 30/07/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	BAE I S	BAE I M	BAE I F
PROFUNDIDAD	m	1	4	6
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,007	0,007	0,006
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,005	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,61	0,51	0,76
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,03	0,04	0,14
NITRITOS	mg N/l	0,011	0,008	0,004
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	8,5		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	2.492		
CLASE PREDOMINANTE:	Crisofíceas	Nº células/ml: 2.323		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Dinobryon sociale</i>	Nº células/ml: 2.323		
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 26/11/2004		
PARÁMETRO	UNIDAD	BAE I S	BAE I M	BAE I F
PROFUNDIDAD	m	1	3	6
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,050	0,010	0,009
FOSFATOS	mg P/l	0,029	0,006	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,87	0,95	0,87
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,41	0,42	0,45
NITRATOS	mg N/l	0,23	0,22	0,22
NITRITOS	mg N/l	0,014	0,015	0,016
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	3,4		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	3.204		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas	Nº células/ml: 2.667		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>	Nº células/ml: 2.664		
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/04/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	BAE I S	BAE I M	BAE I F
PROFUNDIDAD	m	1	2	4
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,018	0,013	0,016
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,008	0,014
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,66	0,68	0,64
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,09	0,19	0,10
NITRATOS	mg N/l	0,33	0,39	0,35
NITRITOS	mg N/l	0,010	0,019	0,025
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	1,6		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	471		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas	Nº células/ml: 285		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>	Nº células/ml: 271		
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 12/07/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	BAE I S	BAE I F	
PROFUNDIDAD	m	1	3	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	409	407	
FOSFATOS	mg P/l	0,095	0,065	
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,085	0,064	
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,09	0,09	
NITRATOS	mg N/l	0,17	0,18	
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,005	
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	2,10		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.077		
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofíceas	Nº células/ml: 502		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Nº células/ml: 433		

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE SAN BARTOLOMÉ 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de San Bartolomé 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 del Ebro (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 Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 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 <sub>CIA</sub>	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL <sub>CHR</sub>	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL <sub>MIC</sub>	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL <sub>WOR</sub>	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL <sub>TOT</sub>	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	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
RCEtrans	> 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<sub>t</sub>) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B<sup>+</sup>/M, Bueno 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 <sub>t</sub>	B <sup>+</sup> /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 FÍSICOQUÍMICOS

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 SAN BARTOLOMÉ

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 San Bartolomé 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	7,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	1,20	Eutrófico
CLOROFILA <i>a</i>	8,50	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	2492	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,25</b>	<b>MESOTRÓFICO</b>

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

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	95,00	Eutrófico
DISCO SECCHI	0,60	Hipereutrófico
COLOROFLA <i>a</i>	2,10	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1077	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,50</b>	<b>EUTRÓFICO</b>

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

### DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE SAN BARTOLOMÉ

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 San Bartolomé 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	8,50	0,31	0,43	Moderado
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>3</b>			<b>MODERADO</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,20	Moderado			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,09	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,00	Bueno			
<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 San Bartolomé 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 San Bartolomé 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,10	1,24	1,17	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)	0,60	Moderado			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,39	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	95,00	Deficiente			
<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 San Bartolomé para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.