



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 CUEVA FORADADA**

**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>12</b>
4.3.1. <b>Cualidad bioindicadora</b>	<b>15</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>15</b>
<b>6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>16</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 Cueva Foradada 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 expone 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 está situado en el extremo occidental del dominio Ibérico Maestrazgo Catalánides. El área engloba los macizos mesozoicos de la terminación oriental de la Cordillera Ibérica y su enlace con la Cordillera Costero-Catalana.

La presa del embalse de Cueva Foradada, terminada en 1926, se sitúa en el término municipal de Oliete, aunque la mayor parte del embalse se encuentra en el municipio de Alcaine, ambos pertenecientes a la provincia de Teruel. Regula, principalmente, las

aguas del río Martín (tributario principal) y las del río Radón, aunque también las de distintas barranqueras de carácter intermitente.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones que no presenta grandes diferencias morfológicas en el eje longitudinal, a excepción de pequeños entrantes que conforman las barranqueras que confluyen al embalse por ambas márgenes.

La cuenca vertiente al embalse de Cueva Foradada tiene una superficie total de 66.525,36 ha, de las cuales 6 046 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 229 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 26 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 11,3 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 43 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)	66 525,36
Superficie de la cuenca parcial (ha)	66 525,36
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	6 046
Superficie del embalse (ha)	229
Longitud máxima del embalse (km)	4
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	26
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	43
Profundidad media (m)	11,3
Perímetro en máximo nivel (km)	16
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	579,9
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	537,5; 541,7; 542,38; 554,93; 570,25

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. En el periodo estival presenta una acusada termoclina que se sitúa entre los 6 m y los 9 m de profundidad. La capa fótica, por su parte, oscila entre 3 y 4 metros de espesor.

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

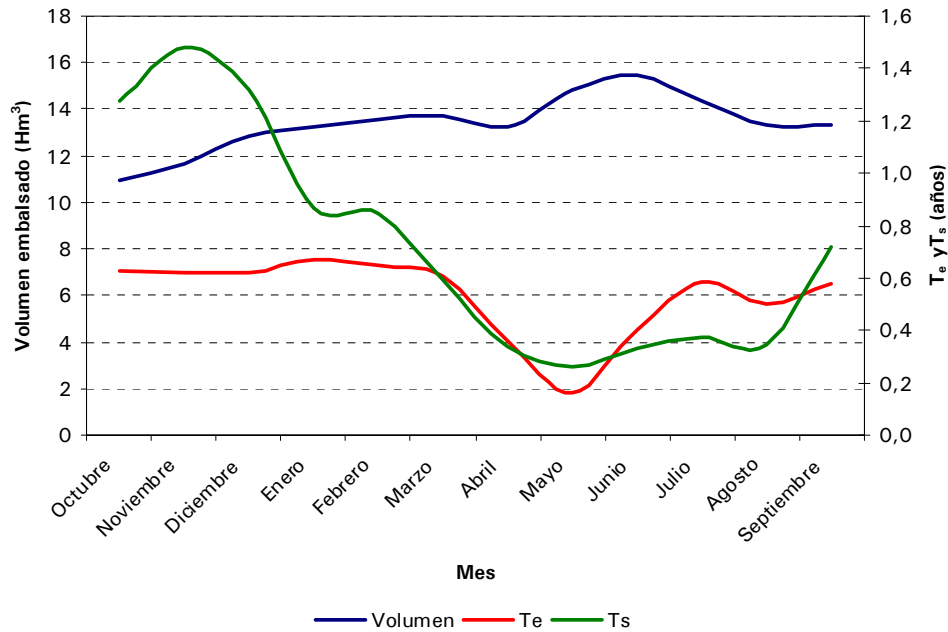
**Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005**

<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	10,91	0,73	1,48	1,28	0,63
Noviembre	11,69	0,65	1,55	1,48	0,62
Diciembre	12,84	0,83	1,75	1,32	0,62
Enero	13,24	1,30	1,68	0,86	0,67
Febrero	13,56	1,23	1,60	0,85	0,65
Marzo	13,70	1,98	1,93	0,59	0,60
Abril	13,23	3,20	3,00	0,34	0,36
Mayo	14,81	4,85	7,65	0,26	0,16
Junio	15,50	3,88	3,18	0,33	0,40
Julio	14,38	3,28	2,08	0,37	0,59
Agosto	13,29	3,28	2,25	0,34	0,50
Septiembre	13,34	1,53	1,90	0,72	0,58
<b>Total anual</b>	<b>13,37</b>	<b>26,70</b>	<b>30,03</b>	<b>0,50</b>	<b>0,45</b>

El tiempo de residencia anual del agua es alto, entre 5 y 6 meses. Los mínimos se obtienen en el mes de mayo, 95 días según las salidas y 60 según las entradas. Los máximos se dan en los meses invernales, siendo el mes de enero, considerando las salidas, el que presenta el mayor tiempo de residencia (18 meses).

<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 al riego y, en menor medida, al abastecimiento de diversas poblaciones (Oliete, Albalate del Arzobispo, entre otras), que toman el agua de los manantiales que existen al pie de la presa. Las actividades recreativas en el embalse no son muy habituales, debido a las dificultades de acceso a la lámina de agua.

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Cueva Foradada 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 Cueva Foradada se toma agua para el abastecimiento de la Comarca del Bajo Martín -titular de la captación- dándose servicio a una población de 11 369 habitantes.
- *Zonas de protección de habitats o especies:* El embalse forma parte del LIC ES2420113 “Parque Cultural del Río Martín” y de la ZEPA ES0000303 “Desfiladeros del río Martín”. Las formaciones vegetales dominantes se adaptan a los diferentes sustratos, apareciendo comunidades acidófilas, calcícolas y gipsófilas. El principal interés de este espacio recae en su función como corredor biológico entre las sierras ibéricas y el valle del Ebro.

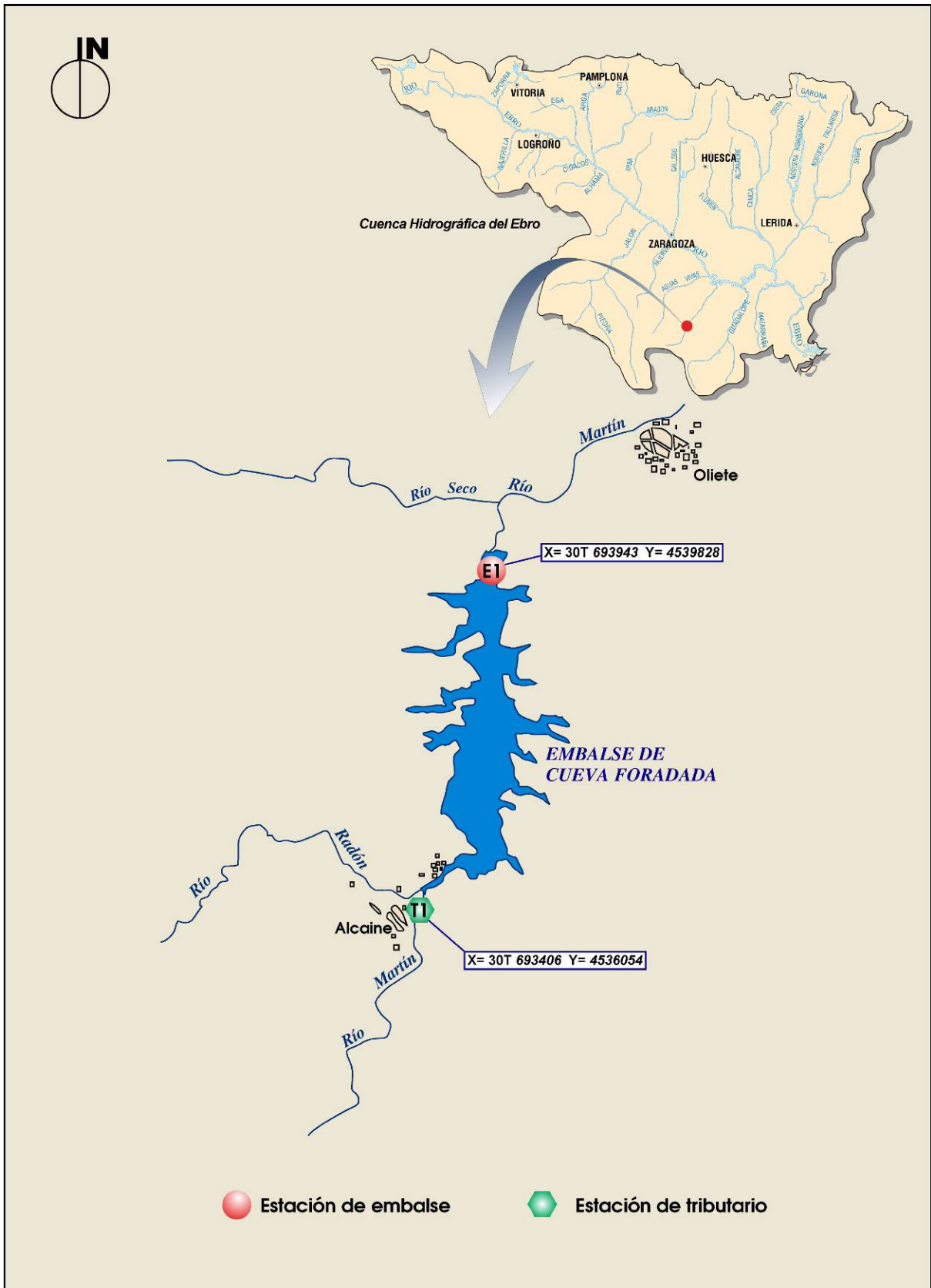
### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la inmediaciones de la presa (**E1**) y otra en el tributario principal, río Martín, antes de su ingreso en el embalse, junto a la población de Alcaine (**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	20/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	30/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	27/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	10/08/2005	Estratificación



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



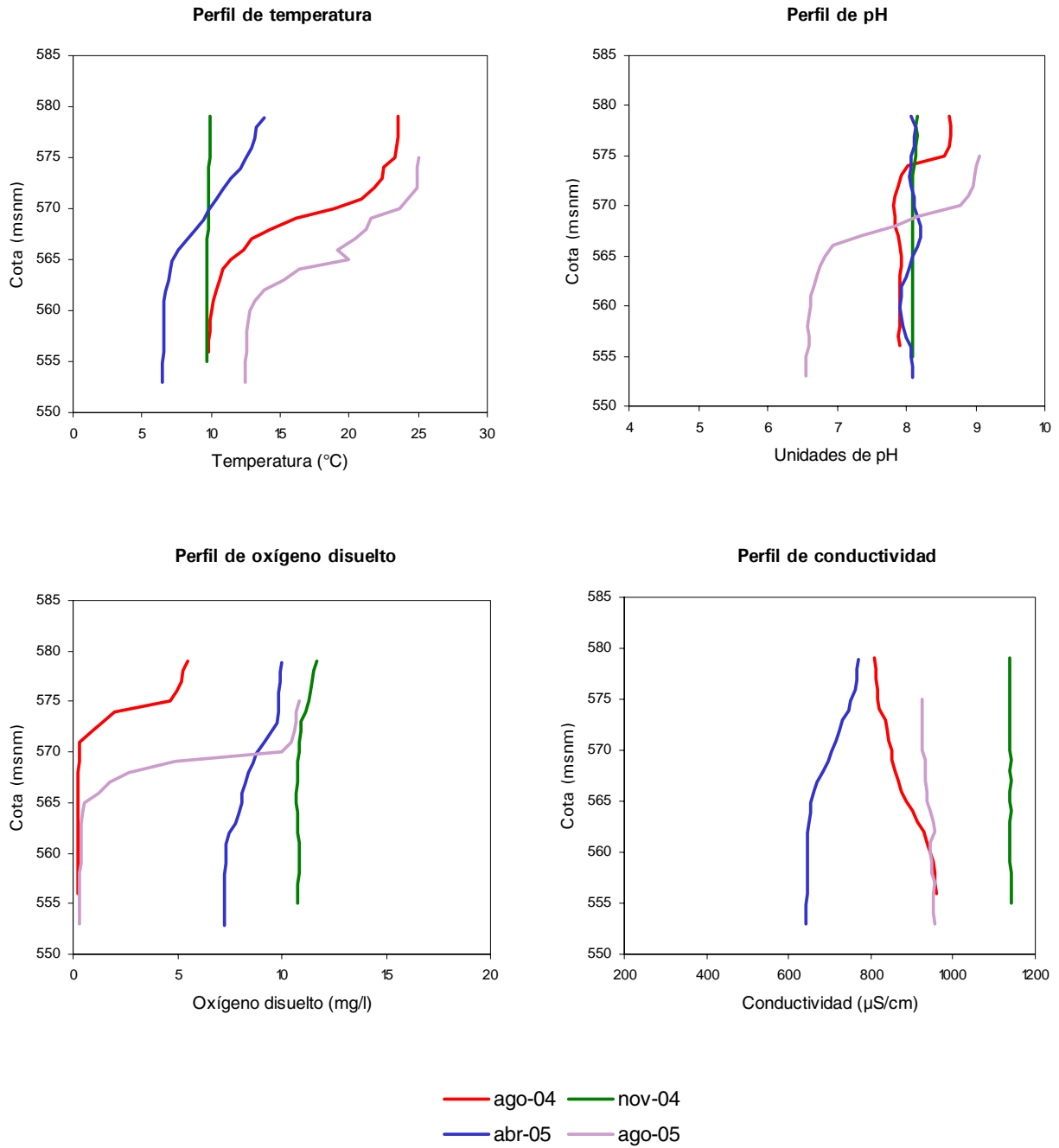
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 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 6,4 °C -mínimo- y los 25 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada estratificación, localizándose el gradiente térmico a 5 m en verano de 2005 y a 9 m en verano de 2004.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 7,92 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,05 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 6,6 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,1 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4 metros. El mínimo (1,5 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (2,1 m) se registra en agosto de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas durante la época de mezcla (invierno-primavera), donde la columna de agua presenta concentraciones de oxígeno entre 7,2 y 11,7 mg/ O<sub>2</sub>. Situación que empeora ostensiblemente en el periodo de estratificación, donde se localiza una acusada oxiclina entre los 5 y los 6 m profundidad. En éste periodo la reserva hipolimnética de oxígeno es deficiente y gran parte de la columna de agua presenta condiciones anóxicas (<1 mg/l O<sub>2</sub>), encontrándose el 71% de la columna, en verano de 2004, y el 57%, en verano de 2005, en estas condiciones.
- La conductividad de las aguas es alta, situándose la media anual en 906 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, considerando el fósforo, y altas según el nitrógeno inorgánico total. Los resultados obtenidos 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 0,026 mg/l P. El máximo de fósforo total se da en verano de 2004, donde la concentración alcanza un valor de 0,055 mg/l P, mientras que el mínimo -0,012 mg/l P- se localiza en agosto de 2005. Los ortofosfatos presentan unas concentraciones más estables, oscilando entre 0,004 mg/l P –mínimo primaveral- y 0,010 mg/l P –máximo estival-. Cabe citar que el máximo de fósforo total coincide con el máximo registrado en el tributario -0,069 mg/l P-.

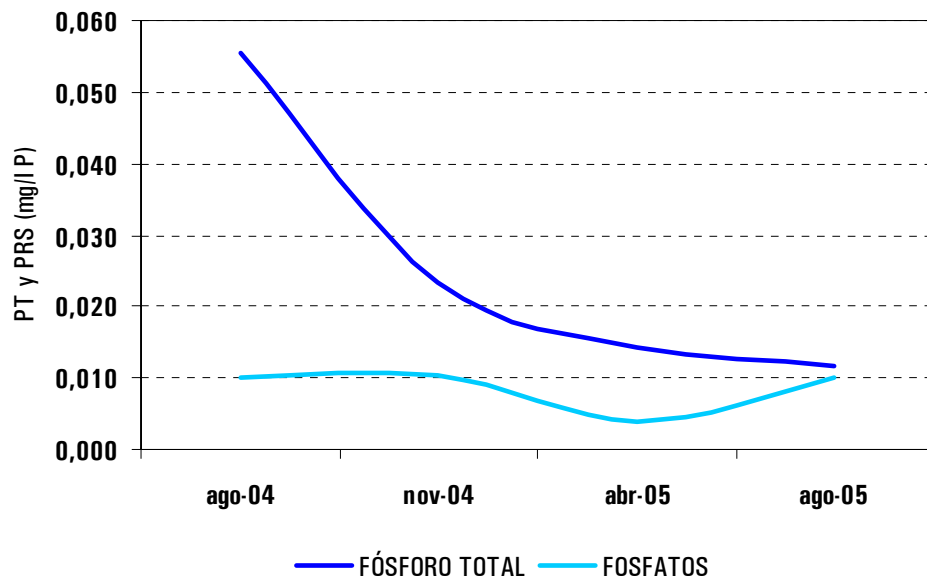
De los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitritos que, en todas las muestras analizadas, superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ( $\leq 0,03$  mg NO<sub>2</sub>/l). La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) adquiere un valor de 0,61 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la dominante es la de nitratos (NO<sub>3</sub>/NIT = 69%), siendo la proporción de amonio alta (NH<sub>4</sub>/NIT = 28%) y la de nitritos pequeña (NO<sub>2</sub>/NIT = 3%). La máxima concentración de NIT -0,85 mg/l N- se registra en primavera, situándose los mínimos en verano, donde se registran unas concentraciones de 0,5 y 0,47 mg/l N, para 2004 y 2005, respectivamente.

El tributario, río Martín, al igual que el embalse, presenta unas concentraciones de nutrientes altas, considerando el nitrógeno, y moderadas, según el fósforo. Los valores medios anuales alcanzan unos valores de 2,31 mg/l N y 0,37 mg/l P (nitrógeno inorgánico total y fósforo total, respectivamente).

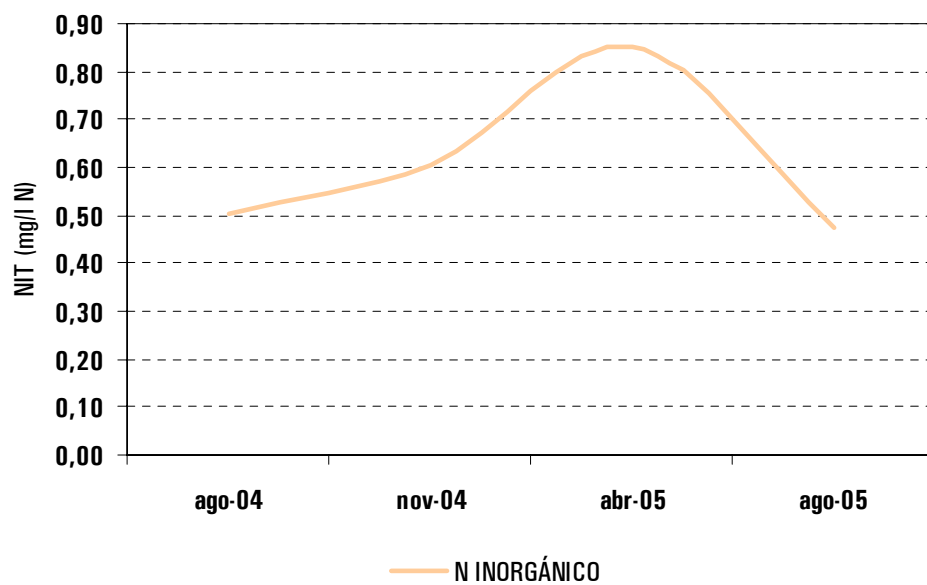
- El contenido de materia orgánica obtenido en el embalse es moderado, ligeramente inferior en el tributario. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 4,5 y 19 mg O<sub>2</sub>/l, para la DBO<sub>5</sub> y DQO, respectivamente, mientras que en el tributario se obtienen unos valores de 0,8 y 8 mg O<sub>2</sub>/l. Destacan los valores obtenidos para el embalse en verano de 2005, donde las muestras de DBO<sub>5</sub> y DQO presentan sus máximos (12,6 y 44,4 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente).
- Las aguas embalsadas se encuentran muy mineralizadas y las concentraciones de calcio (103,7 mg Ca/l) y sulfatos (280,1 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/l) se sitúan en el rango habitual del embalse.

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

**Valores medios de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Soluble  
Embalse de Cueva Foradada**



**Valores medios de Nitrógeno Inorgánico Total  
Embalse de Cueva Foradada**



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

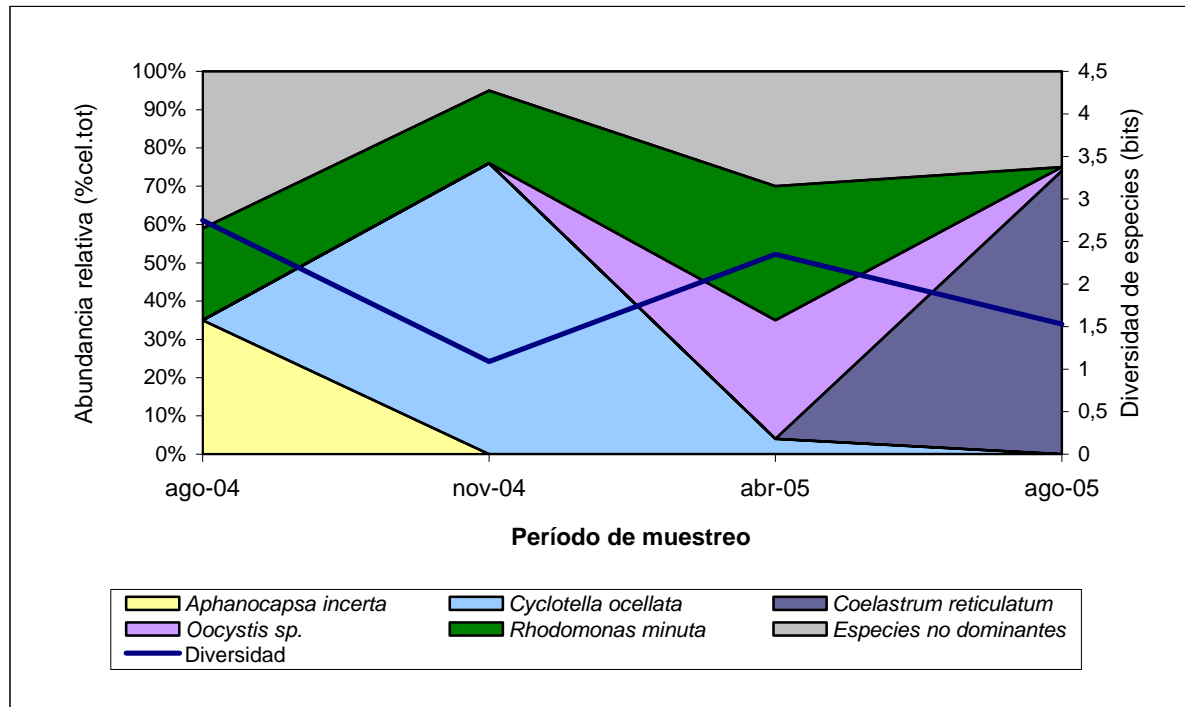
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 63 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 10 diatomeas
- 4 cianobacterias
- 29 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 2 crisofíceas
- 5 dinofíceas
- 1 euglenofíceas
- 6 zigofíceas

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:

En el primer período estival, se registra un valor elevado de densidad algal -6 664 cel/ml- y se observan dos grupos dominantes: las cianobacterias y las criptófitas. Dentro del grupo de las cianobacterias destaca una especie colonial de reducido tamaño – *Aphanocapsa incerta*- y en el grupo de las criptófitas la especie más abundante es *Rhodomonas minuta*. La ausencia de una especie con dominancia fuerte eleva el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver al máximo durante el período de estudio - 2,75 bits-.

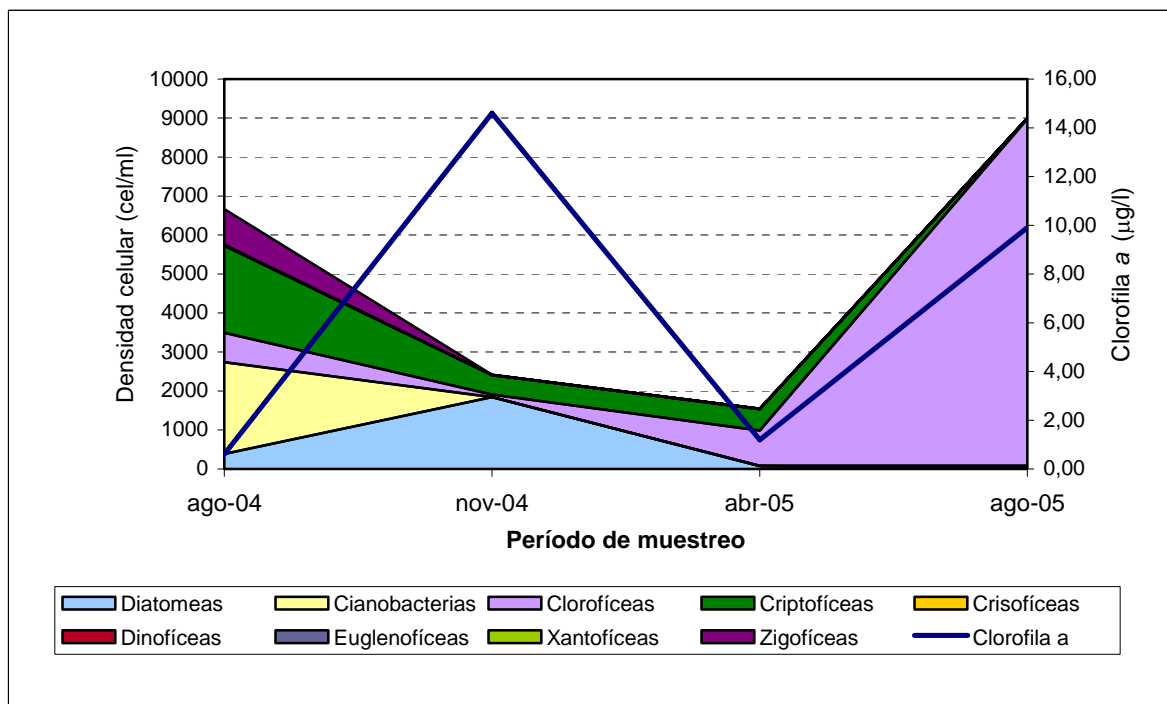
En invierno la densidad fitoplanctónica presenta valores moderados –2 414 cel/ml-. El único grupo que ha crecido son las diatomeas cuya especie más abundante es *Cyclotella ocellata*. La criptófitas *Rhodomonas minuta* permanece como principal especie acompañante. La elevada densidad relativa de la diatomea *Cyclotella* reduce el índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo -1,09 bits-.

Durante la época primaveral la comunidad continúa decreciendo y se registra el mínimo valor de densidad algal -1 542 cel/ml-. En relación a la composición de la muestra, se observa el retroceso de las diatomeas y el crecimiento de clorofíceas y criptofíceas en menor grado. Las especies con mayor abundancia relativa son la criptofícea *Rhodomonas minuta* y las clorofíceas *Oocystis sp.* y *Elakatothrix gelatinosa*, el crecimiento de clorofíceas se explica por las mejores condiciones de luz y temperatura del embalse.

En el estío de 2005 la densidad celular del embalse aumenta y se registra el máximo valor de este parámetro durante el periodo de estudio -9 003 cel/ml-. El grupo mejor representado, tanto por el número de especies como por la abundancia relativa, son las clorofíceas. Dentro de este grupo la especie *Coelastrum reticulatum* tiene una fuerte dominancia –representa el 74% de las células identificadas-.

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 temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* no presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. A lo largo del periodo de estudio no se ajustan los máximos y mínimos valores de ambos parámetros. Sin embargo, el valor medio de densidad algal -4 906 cel/ml- tiene una buena correspondencia con el valor medio de biomasa -6,58 µg/l de clorofila *a*-.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora

Los valores de densidad algal media, biomasa media y la sucesión de especies a lo largo del año de estudio indican que el embalse de Cueva Foradada es un medio mesotrófico. Las asociaciones algales identificadas en el embalse se describen a continuación:



*Oocystis sp.*

En el estío de 2004 domina la cianobacteria *Aphanocapsa incerta* acompañada de la criptofícea *Rhodomonas minuta*, ambas especies suelen crecer en medios mesotróficos. En noviembre decrecen todos los grupos algales excepto las diatomeas céntricas, algas frecuentes en medios bien mezclados y con una reducida disponibilidad de nutrientes. Dentro de este grupo destaca *Cyclotella ocellata*. En la primavera de 2005 se inicia el crecimiento de las clorofíceas, entre las que se distinguen *Oocystis sp.* y *Elakatothrix gelatinosa*, ambas especies son indicadoras de medios mesotróficos templados y bien iluminados. Por último en agosto de 2005, se observa el crecimiento de la clorofícea *Coelastrum reticulatum* que puede desarrollar grandes poblaciones en medios bien iluminados y con alta carga de nutrientes.

## 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 Cueva Foradada, como **mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE, prácticamente la totalidad de índices contrastados sitúan al embalse en rangos mesotróficos, a excepción de la transparencia, que presenta

un resultado de eutrofia, 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, 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	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (µg/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	26	<b>EUTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Nº células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	4.906	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	14,6	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	6,6	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	26	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,1	<b>MESO-EUTRÓF.</b>
Margalef (1983)	<i>Nº células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	4.906	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	6,6	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	26	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	422	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,1	<b>E. AVANZADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	6,6	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	14,6	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	26	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,1	<b>EUTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,5	<b>EUTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	49	<b>MESOTRÓFICO</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.	49	<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.	49	<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 Cueva Foradada es **BUENO**.

EMBALSE DE CUEVA FORADADA

EMBALSE DE CUEVA FORADADA			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	4,906	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	6,6	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	2,1	2	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	7,0	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	26,2	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:** CUEVA FORADADA (CF)      **CAMPAÑA:** 1  
**COT. MAX:** 579,9      **NIVEL:** 579

Estación: E1      Profundidad: 23  
 Fecha: 20/08/2004      Hora: 13:06  
 Disco Secchi (m): 2,1      Capa fótica (m): 4

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	579	23,56	8,63	5,53	65,2	809	270	526
1	578	23,54	8,64	5,23	62,1	814	296	529
2	577	23,54	8,64	5,16	60,5	814	295	529
3	576	23,44	8,63	4,95	58,4	815	296	530
4	575	23,26	8,56	4,67	54,8	817	294	531
5	574	22,50	8,03	2,00	23,7	820	271	533
6	573	22,34	7,94	1,46	16,5	836	267	543
7	572	21,84	7,89	0,90	10,5	838	266	545
8	571	20,94	7,84	0,27	3,0	843	264	548
9	570	18,91	7,82	0,28	3,0	851	261	553
10	569	16,21	7,83	0,27	2,7	852	220	554
11	568	14,32	7,85	0,24	2,4	858	13	558
12	567	12,95	7,89	0,24	2,4	865	4	562
13	566	12,31	7,90	0,26	2,4	873	14	567
14	565	11,44	7,92	0,25	2,3	887	26	577
15	564	10,87	7,92	0,24	2,2	903	35	587
16	563	10,64	7,91	0,25	2,0	914	38	594
17	562	10,36	7,91	0,24	2,1	927	42	603
18	561	10,15	7,91	0,24	2,1	936	45	608
19	560	10,04	7,90	0,23	2,0	945	-104	614
20	559	9,95	7,90	0,24	2,1	950	-135	618
21	558	9,90	7,91	0,23	2,1	954	-151	620
22	557	9,84	7,89	0,23	2,1	957	-168	622
23	556	9,77	7,90	0,22	1,9	959	-180	623

**TRIBUTARIO:** Martin      **CAMPAÑA:** 1

Estación: CFT1      Cod. Est.: CF1T1  
 Fecha: 20/08/2004      Hora: 11:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	18,60	8,59	5,02	61,9	951	246	618

**EMBALSE:** CUEVA FORADADA (CF)      **CAMPAÑA:** 2  
**COT. MAX:** 579,9      **NIVEL:** 579

Estación: E1      Profundidad: 24  
 Fecha: 30/11/2004      Hora: 16:20  
 Disco Secchi (m): 1,5      Capa fótica (m): 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	579	9,90	8,15	11,67	103,5	1138	144	740
1	578	9,92	8,14	11,54	102,4	1138	148	740
2	577	9,91	8,15	11,45	101,7	1138	150	740
3	576	9,91	8,14	11,39	101,0	1139	151	740
4	575	9,87	8,13	11,26	99,9	1139	152	740
5	574	9,80	8,12	11,12	98,5	1139	153	740
6	573	9,80	8,10	10,95	97,0	1139	154	740
7	572	9,79	8,10	10,89	96,4	1139	155	740
8	571	9,78	8,10	10,86	96,1	1139	156	740
9	570	9,76	8,10	10,84	95,8	1139	157	740
10	569	9,76	8,09	10,78	95,3	1140	158	741
11	568	9,76	8,09	10,75	95,1	1139	158	740
12	567	9,74	8,09	10,73	94,8	1140	159	741
13	566	9,73	8,09	10,72	94,7	1139	160	740
14	565	9,72	8,09	10,72	94,7	1139	161	740
15	564	9,72	8,09	10,73	94,7	1140	162	741
16	563	9,72	8,09	10,74	94,9	1139	162	740
17	562	9,71	8,10	10,76	95,0	1139	164	740
18	561	9,71	8,10	10,83	95,6	1139	164	740
19	560	9,67	8,10	10,86	95,8	1139	165	740
20	559	9,66	8,10	10,85	95,7	1139	165	740
21	558	9,66	8,10	10,83	95,5	1140	166	741
22	557	9,66	8,10	10,80	95,2	1140	166	741
23	556	9,66	8,10	10,79	95,2	1140	167	67
24	555	9,66	8,10	10,79	95,2	1140	167	67

**TRIBUTARIO:** Martin      **CAMPAÑA:** 2

Estación: CFT1      Cod. Est.: CF2T1  
 Fecha: 30/11/2004      Hora: 15:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	12,33	8,10	11,59	108,6	1.211	162	787

**EMBALSE:** CUEVA FORADADA (CF)      **CAMPAÑA:** 3  
**COT. MAX:** 579,9      **NIVEL:** 579

Estación: E1      Profundidad: 26  
 Fecha: 27/04/2005      Hora: 12:00  
 Disco Secchi (m): 3,1      Capa fótica (m): 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	579	13,85	8,06	10,01	97,1	770	271	501
1	578	13,26	8,13	9,95	95,3	766	259	498
2	577	13,13	8,11	9,89	94,4	764	251	497
3	576	12,94	8,11	9,86	93,8	761	244	495
4	575	12,45	8,07	9,82	92,4	752	228	489
5	574	12,13	8,07	9,87	92,2	745	223	484
6	573	11,43	8,04	9,79	89,9	732	214	476
7	572	10,85	8,06	9,49	86,2	722	209	469
8	571	10,44	8,12	9,17	82,4	714	206	464
9	570	9,80	8,12	8,77	77,6	702	166	456
10	569	9,42	8,15	8,60	75,7	695	158	452
11	568	8,90	8,20	8,40	72,8	686	149	446
12	567	8,14	8,20	8,25	70,4	670	142	436
13	566	7,61	8,15	8,09	67,9	660	132	429
14	565	7,19	8,10	8,08	67,1	654	126	425
15	564	7,03	8,04	7,91	65,4	652	119	424
16	563	6,88	8,00	7,75	63,8	650	107	423
17	562	6,68	7,94	7,45	61,0	646	98	420
18	561	6,62	7,92	7,35	60,2	645	95	419
19	560	6,60	7,91	7,31	59,8	645	93	419
20	559	6,58	7,93	7,30	59,7	644	93	419
21	558	6,57	7,96	7,29	59,6	644	94	419
22	557	6,55	8,00	7,29	59,5	644	95	419
23	556	6,52	8,06	7,28	59,4	644	94	21
24	555	6,49	8,08	7,27	59,4	643	93	20
25	554	6,46	8,10	7,29	59,4	643	94	20
26	553	6,43	8,09	7,24	59,0	642	93	19

**TRIBUTARIO:** Martin      **CAMPAÑA:** 3

Estación: CFT1      Cod. Est.: CF3T1  
 Fecha: 27/04/2005      Hora: 13:45

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	18,61	6,99	8,26	88,6	871	139	566

**EMBALSE:** CUEVA FORADADA (CF)      **CAMPAÑA:** 4  
**COT. MAX:** 579,9      **NIVEL:** 575

Estación: E1      Profundidad: 22  
 Fecha: 10/08/2005      Hora: 17:50  
 Disco Secchi (m): 1,8      Capa fótica (m): 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	575	25,04	9,05	10,87	131,9	923	189	600
1	574	24,97	9,01	10,72	128,7	923	195	600
2	573	24,90	8,99	10,71	129,7	924	197	601
3	572	24,87	8,96	10,63	128,0	923	201	600
4	571	24,28	8,90	10,42	125,1	924	201	601
5	570	23,68	8,79	10,02	118,0	923	199	600
6	569	21,55	8,17	4,87	55,3	931	167	605
7	568	21,22	7,83	2,66	30,3	931	150	605
8	567	20,43	7,35	1,77	19,7	933	124	606
9	566	19,18	6,95	1,24	13,5	935	103	608
10	565	19,99	6,83	0,51	5,4	936	98	608
11	564	16,39	6,76	0,42	4,3	945	95	614
12	563	15,18	6,71	0,39	3,9	950	94	618
13	562	13,89	6,67	0,35	3,5	955	92	621
14	561	13,14	6,63	0,37	3,5	946	91	615
15	560	12,85	6,61	0,36	3,4	946	90	615
16	559	12,73	6,60	0,37	3,3	947	89	616
17	558	12,63	6,58	0,34	3,2	949	88	617
18	557	12,59	6,59	0,33	3,1	956	89	621
19	556	12,55	6,59	0,33	3,1	951	88	618
20	555	12,48	6,55	0,32	3,0	952	86	619
21	554	12,45	6,56	0,31	2,9	953	86	619
22	553	12,44	6,55	0,30	2,8	954	84	620

**TRIBUTARIO:** Martin      **CAMPAÑA:** 4

Estación: CFT1      Cod. Est.: CF4T1  
 Fecha: 10/08/2005      Hora: 18:45

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	20,42	6,85	5,33	59,8	936	45	608



## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF1</b>		
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>20/08/2004</b>		
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>580</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>579</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	11	22	
COTA	msnm	578	568	557	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	4,4	8,1	9,8	3,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	124,5	175,4	174,4	214,0
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,3	1,2	2,0	0,7
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,0	4,0	8,0	15,8
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,037	0,032	0,097	0,069
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,026	0,027	0,040	0,065
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,009	0,013	0,021
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,96	0,99	1,25	0,46
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,07	0,47	0,58	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,36	0,45	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,90	0,63	0,80	0,43
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,74	0,18	0,50	8,95
NITRATOS	mg N/l	0,39	0,04	0,11	2,02
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,052	0,047	0,180	0,025
NITRITOS	mg N/l	0,016	0,014	0,055	0,008
N INORGÁNICO	mg N/l	0,46	0,42	0,62	2,06
CALCIO	mg Ca/l	88,8	120,7	101,5	
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	35,5	16,9	33,8	
SODIO	mg Na/l	24,7	27,6	23,3	
POTASIO	mg K/l	4,6	5,2	5,1	
CLORUROS	mg Cl/l	33,0	30,5	36,0	
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	293,0	247,5	300,0	
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,000	
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	1,66	3,35	5,89	
CLOROFILA a	µg/l	0,6			

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO: CF2</b>			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA: 30/11/2004</b>			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>580</b>	<b>NIVEL: 579</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	11	22	
COTA	msnm	578	568	557	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	7,4			5,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	163,2			212,1
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,1			1,0
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	16,3			8,2
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,016	0,035	0,044
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,028	0,031	0,036	0,106
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,010	0,012	0,035
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,57	0,47	0,47	0,20
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,04	0,04	0,04	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,54	0,44	0,44	0,19
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	2,60	2,51	2,38	10,48
NITRATOS	mg N/l	0,59	0,57	0,54	2,37
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,031	0,030	0,031	0,051
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,009	0,016
N INORGÁNICO	mg N/l	0,63	0,61	0,58	2,39
CLOROFILA a	µg/l	14,6			

<b>EMBALSE:</b>	CUEVA FORADADA	<b>CÓDIGO:</b> CF3			
<b>CAMPAÑA:</b>	3	<b>FECHA:</b> 27/04/2005			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	580	<b>NIVEL:</b> 579			
<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	12	25	
COTA	msnm	578	567	554	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,3			3,2
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	158,2			201,9
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	3,6			0,9
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	7,1			4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,011	0,021	0,011
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,014	0,011	0,012	0,023
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,004	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,68	0,94	0,49
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,03	0,07	0,18	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,06	0,14	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,37	0,63	0,80	0,44
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	3,45	3,32	3,42	10,65
NITRATOS	mg N/l	0,78	0,75	0,77	2,41
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,039	0,037	0,044	0,025
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,011	0,013	0,008
N INORGÁNICO	mg N/l	0,82	0,82	0,92	2,46
CLOROFILA a	µg/l	1,2			

<b>EMBALSE:</b>	CUEVA FORADADA	<b>CÓDIGO:</b> CF4			
<b>CAMPAÑA:</b>	4	<b>FECHA:</b> 10/08/2005			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	580	<b>NIVEL:</b> 575			
<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	11	21	
COTA	msnm	574	564	554	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,5			7,4
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	12,6			0,5
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	44,4			4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,009	0,012	0,027
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,028	0,028	0,036	0,075
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,009	0,012	0,024
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,15	0,21	0,46	0,36
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,20	0,26	0,59	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,15	0,20	0,46	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,00	0,01	0,00	0,32
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,48	0,85	1,01	10,13
NITRATOS	mg N/l	0,11	0,19	0,23	2,29
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,053	0,069	0,111	0,010
NITRITOS	mg N/l	0,016	0,021	0,034	0,003
N INORGÁNICO	mg N/l	0,28	0,42	0,72	2,33
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,000	
CLOROFILA a	µg/l	9,9			

**ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>20/08/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>580</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>2,1</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>579</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>4,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	<b>1</b>	
COTA	msnm	578	
CLOROFILA a	µg/l	0,60	
Población total	n° cel/ml	6.664	
Diversidad (H)	Bits	2,75	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	382	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2.355	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	758	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	2.231	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	16	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	922	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	382	
<i>Aphanocapsa incerta</i>	Cianobacteria	2.327	
<i>Chroococcus sp.</i>	Cianobacteria	28	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Cloroficea	10	
<i>Coelastrum microporum</i>	Cloroficea	73	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Cloroficea	15	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Cloroficea	24	
<i>Chlorococcal</i>	Cloroficea	2	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	306	
<i>Pediastrum duplex</i>	Cloroficea	83	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	2	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Cloroficea	194	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Cloroficea	42	
<i>Tetraedron limneticum</i>	Cloroficea	4	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	3	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	574	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptoficea	38	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptoficea	31	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptoficea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	1.587	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceea	7	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofíceea	3	
<i>Peridinium sp.1</i>	Dinofíceea	6	
<i>Closterium acutum</i>	Zigofíceea	17	
<i>Cosmarium bioculatum</i>	Zigofíceea	898	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofíceea	7	

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>30/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>580</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,5</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>579</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>3,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	578	
CLOROFILA a	µg/l	14,60	
Población total	n° cel/ml	2.414	
Diversidad (H)	Bits	1,09	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	1.844	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	68	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	496	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	6	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	1.841	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Crucigenia sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	14	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	5	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Cloroficea	44	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	Cloroficea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	7	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptoficea	33	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	456	
<i>Closterium acutum</i>	Zigoficea	6	



<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>27/04/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>580</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,1</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>579</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>5,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	<b>1</b>	
COTA	msnm	578	
CLOROFILA a	µg/l	1,20	
Población total	n° cel/ml	1.542	
Diversidad (H)	Bits	2,35	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	76	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	903	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	554	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	4	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	1	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aulacoseira sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	66	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	5	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	1	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Cloroficea	8	
<i>Botryococcus braunii</i>	Cloroficea	1	
<i>Carteria sp.</i>	Cloroficea	6	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	9	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	309	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	478	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	2	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	1	
<i>Selenastrum sp.</i>	Cloroficea	52	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Cloroficea	7	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Cloroficea	30	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	7	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	12	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	535	
<i>Synura sp.</i>	Crisoficea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinoficea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinoficea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinoficea	2	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenoficea	1	
<i>Spirogyra sp.</i>	Zigoficea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>10/08/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>580</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,8</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>579</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>3,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	<b>1</b>	
COTA	msnm	578	
CLOROFILA a	µg/l	9,90	
Población total	n° cel/ml	9.003	
Diversidad (H)	Bits	1,53	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	13	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	69	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	8.891	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	16	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOICEA	n° cel/ml	4	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	8	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	12	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Chroococcus sp.</i>	Cianobacteria	69	
<i>Asterococcus sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Coelastrum astroideum</i>	Cloroficea	1	
<i>Coelastrum microporum</i>	Cloroficea	10	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Cloroficea	6.670	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Cloroficea	10	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Cloroficea	23	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	47	
<i>Chodatella ciliata</i>	Cloroficea	1	
<i>Chodatella quadriseta</i>	Cloroficea	9	
<i>Didymocystis sp.</i>	Cloroficea	255	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	12	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	7	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	130	
<i>Pediastrum duplex</i>	Cloroficea	122	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Cloroficea	792	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Cloroficea	733	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	Cloroficea	47	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	2	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Cloroficea	18	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	12	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	4	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisoficea	1	
<i>Glenodinium sp.</i>	Dinoficea	2	
<i>Peridinium inconspicuum</i>	Dinoficea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinoficea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenoficea	1	

**Continuación 4ª Campaña**

<b>EMBALSE:</b>	<b>CUEVA FORADADA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CF4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>10/08/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>580</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,8</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>579</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>3,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>nº cel/ml</b>	
<i>Closterium acutum</i>	Zigoficea	1	
<i>Cosmarium granatum</i>	Zigoficea	1	
<i>Spondylosium planum</i>	Zigoficea	5	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigoficea	1	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (20/08/2004)



Detalle de la presa del embalse de Cueva Foradada. Primavera de 2005 (27/04/2005)





Panorámica del embalse de Cueva Foradada. Verano de 2005 (10/08/2005)



Río Martín, tributario principal del embalse de Cueva Foradada. Invierno de 2004 (30/11/2004)

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: CUEVA FORADADA

CÓDIGO: CF

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Teruel
Municipio: Oliete y Alcañiz



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

Table with 2 columns: Characteristics and Values. Includes fields like Tributario principal, Año de terminación, Capacidad total, Longitud máxima, Profundidad máxima, Usos principales, Otros tributarios, Propietario, Altitud, Capacidad útil, Perímetro, Profundidad media, and Otros usos.

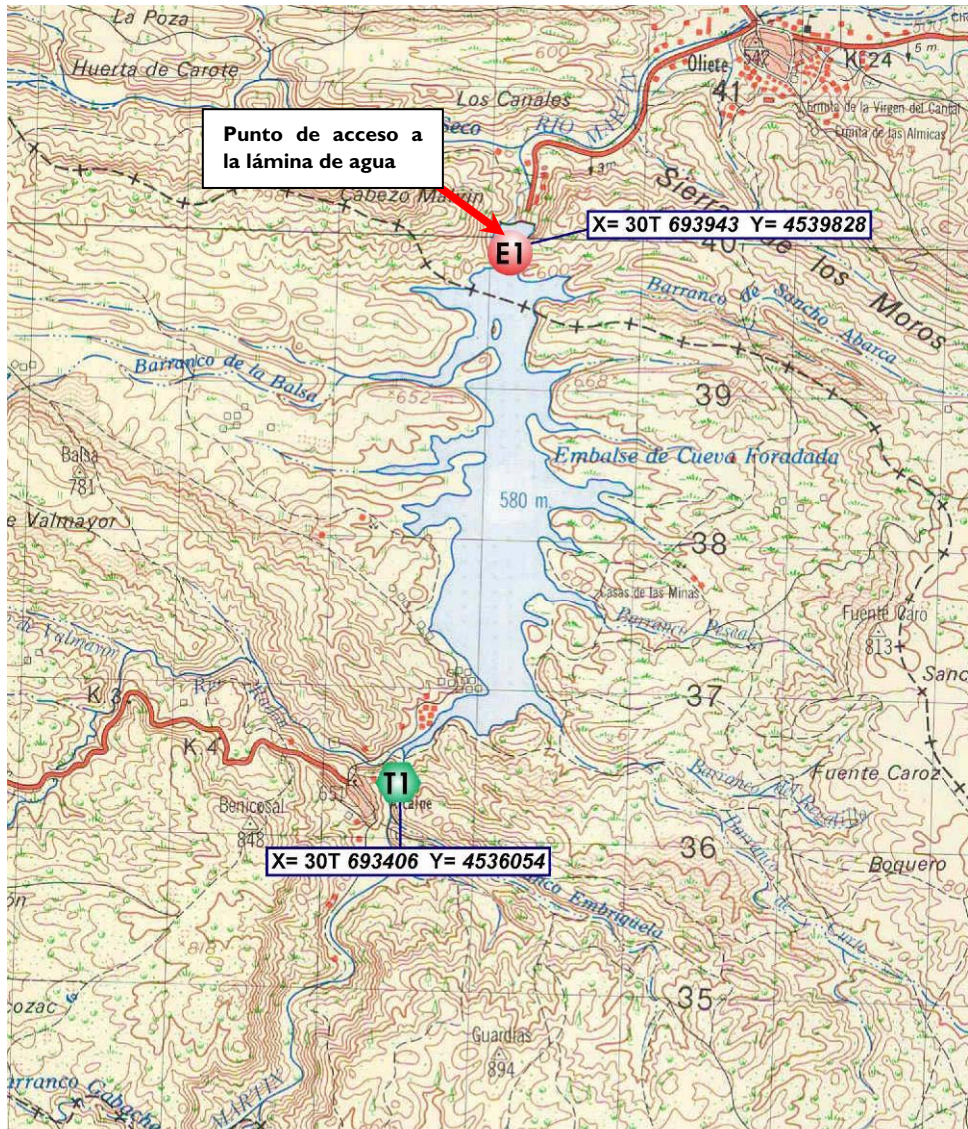


Panorámica del embalse (20/08/2004)





**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Planos 1:50.000: 493



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD**

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

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

<b>1ª CAMPAÑA</b>	<b>Muestreador: Javier Ramírez</b>		<b>Fecha de muestreo: 28/08/2004</b>
Tª superficie (°C): 23,56	pH superficie (ud): 8,63	Conductividad superficie (µS/cm): 809	
Tª fondo (°C): 9,77	pH fondo (ud): 7,90	Conductividad fondo (µS/cm): 959	
Tª TI (°C): 18,60	pH TI (ud): 8,59	Conductividad TI (µS/cm): 951	
<b>Transparencia</b>			
<b>Disco de Secchi (m)</b>		<b>Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-</b>	
EI	2,1		
<b>Termoclina:</b>	Si	<b>Profundidad (m):</b>	9
<b>Condiciones anóxicas:</b>	Si	<b>Grosor capa anóxica (m):</b>	17
<b>2ª CAMPAÑA</b>	<b>Muestreador: Javier Ramírez</b>		<b>Fecha de muestreo: 30/11/2004</b>
Tª superficie (°C): 9,90	pH superficie (ud): 8,15	Conductividad superficie (µS/cm): 1138	
Tª fondo (°C): 9,66	pH fondo (ud): 8,10	Conductividad fondo (µS/cm): 1140	
Tª TI (°C): 12,33	pH TI (ud): 8,10	Conductividad TI (µS/cm): 1211	
<b>Transparencia</b>			
<b>Disco de Secchi (m)</b>		<b>Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-</b>	
EI	1,5	3	
<b>Termoclina:</b>	No	<b>Profundidad (m):</b>	-
<b>Condiciones anóxicas:</b>	No	<b>Grosor capa anóxica (m):</b>	-
<b>3ª CAMPAÑA</b>	<b>Muestreador: Javier Ramírez</b>		<b>Fecha de muestreo: 27/04/2005</b>
Tª superficie (°C): 13,85	pH superficie (ud): 8,06	Conductividad superficie (µS/cm): 770	
Tª fondo (°C): 6,43	pH fondo (ud): 8,09	Conductividad fondo (µS/cm): 642	
Tª TI (°C): 18,61	pH TI (ud): 6,99	Conductividad TI (µS/cm): 871	
<b>Transparencia</b>			
<b>Disco de Secchi (m)</b>		<b>Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-</b>	
EI	3,1	5	
<b>Termoclina:</b>	No	<b>Profundidad (m):</b>	-
<b>Condiciones anóxicas:</b>	No	<b>Grosor capa anóxica (m):</b>	-
<b>4ª CAMPAÑA</b>	<b>Muestreador: Javier Ramírez</b>		<b>Fecha de muestreo: 10/08/2005</b>
Tª superficie (°C): 25,04	pH superficie (ud): 9,05	Conductividad superficie (µS/cm): 923	
Tª fondo (°C): 12,44	pH fondo (ud): 6,55	Conductividad fondo (µS/cm): 954	
Tª TI (°C): 20,42	pH TI (ud): 6,85	Conductividad TI (µS/cm): 936	
<b>Transparencia</b>			
<b>Disco de Secchi (m)</b>		<b>Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-</b>	
EI	1,8	3,1	
<b>Termoclina:</b>	Si	<b>Profundidad (m):</b>	6
<b>Condiciones anóxicas:</b>	Si	<b>Grosor capa anóxica (m):</b>	13



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 28/08/2004			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETRO	UNIDAD	CFEIS	CFEIT	CFEIF	CFTI
PROFUNDIDAD	m	I	II	22	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,037	0,032	0,097	0,069
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,009	0,013	0,021
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,96	0,99	1,25	0,46
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,36	0,45	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,39	0,04	0,11	2,02
NITRITOS	mg N/l	0,016	0,014	0,055	0,008
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	0,6			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	6.664			
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria			Nº células/ml: 2.355	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Aphanocapsa incerta</i>			Nº células/ml: 2.327	

2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 30/11/2004			
PARÁMETRO	UNIDAD	CFEIS	CFEIM	CFEIF	CFTI
PROFUNDIDAD	m	I	II	22	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,019	0,016	0,035	0,044
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,010	0,012	0,035
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,57	0,47	0,47	0,20
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,03	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,59	0,57	0,54	2,37
NITRITOS	mg N/l	0,009	0,009	0,009	0,016
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	14,6			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	2.414			
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea			Nº células/ml: 1.844	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml: 1.841	

3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 27/04/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	CFEIS	CFEIM	CFEIF	CFTI
PROFUNDIDAD	m	I	12	25	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,011	0,021	0,011
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,004	0,007
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,40	0,68	0,94	0,49
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,06	0,14	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,78	0,75	0,77	2,41
NITRITOS	mg N/l	0,012	0,011	0,013	0,008
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	1,2			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.542			
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea			Nº células/ml: 903	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Oocystis sp.</i>			Nº células/ml: 478	

4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 10/08/2005			
PARÁMETRO	UNIDAD	CFEIS	CFEIM	CFEIF	CFTI
PROFUNDIDAD	m	I	II	21	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,014	0,009	0,012	0,027
FOSFATOS	mg P/l	0,009	0,009	0,012	0,024
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,15	0,21	0,46	0,36
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,15	0,20	0,46	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,11	0,19	0,23	2,29
NITRITOS	mg N/l	0,016	0,021	0,034	0,003
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	9,2			
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	9 003			
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofícea			Nº células/ml: 8.891	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Coelastrum reticulatum</i>			Nº células/ml: 6.670	

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CUEVA FORADADA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Cueva Foradada 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:

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

##### 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
<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 ( $B^+/M$ , 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	$VR_t$	$B^+/M$ (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 FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores físicoquímicos 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 CUEVA FORADADA

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 Cueva Foradada 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	37,00	Eutrófico
DISCO SECCHI	2,10	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,60	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	6664	Mesotrófico
<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 eutrófico; la transparencia como mesotrófico; la concentración de clorofila *a* como ultraoligotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Cueva Foradada 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 Cueva Foradada 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	14,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,80	Mesotrófico
COLOROFILA <i>a</i>	9,90	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	9003	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 mesotrófico; la transparencia como mesotrófico; 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 Cueva Foradada en 2005 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

### DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CUEVA FORADADA

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	
			<b>Bueno o superior</b>	<b>Moderado</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Malo</b>	
<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
			<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Moderado</b>		
<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 Cueva Foradada 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,60	4,33	3,34	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)	2,10	Moderado			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	3,91	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	37,00	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 Cueva Foradada 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 Cueva Foradada 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	9,90	0,26	0,37	Moderado
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>3</b>			<b>MODERADO</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,10	Moderado			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	0,65	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	14,00	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 Cueva Foradada para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.