



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 PENA**

**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>4</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>7</b>
4.1. <b>Características físico-químicas de las aguas</b>	<b>7</b>
4.2. <b>Hidroquímica del embalse</b>	<b>9</b>
4.3. <b>Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores</b>	<b>11</b>
4.3.1. <b>Cualidad bioindicadora</b>	<b>14</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>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 Pena 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 de Pena se ubica en el 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. Orográficamente comprende los macizos montañosos del Maestrazgo, Sierra de San Just, puertos de Beceite y Sierra del Boix.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1930, se sitúa en municipio de Valderrobres, en la provincia de Teruel. Regula, principalmente, las aguas del río Pena, aunque

también recibe aportaciones procedentes del río Matarraña, a través de un canal alimentador creado para abastecer las demandas de riego de la zona.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones, alargado y sin grandes diferenciaciones en el eje longitudinal.

La cuenca vertiente al embalse de Pena tiene una superficie total de 6 258,57 ha. El embalse tiene una extensión de 113 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 18 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 15,9 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 30 m. En el cuadro el 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)	6 258,57
Superficie de la cuenca parcial (ha)	6 258,57
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	113
Longitud máxima del embalse (km)	2,3
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	18
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	30
Profundidad media (m)	15,9
Perímetro en máximo nivel (km)	6
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	617
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	-

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada termoclina, cuyo inicio se sitúa entre los 7 y 8 metros de profundidad. Por su parte, la capa fótica en el estío oscila entre 5 y 6,6 metros de espesor.

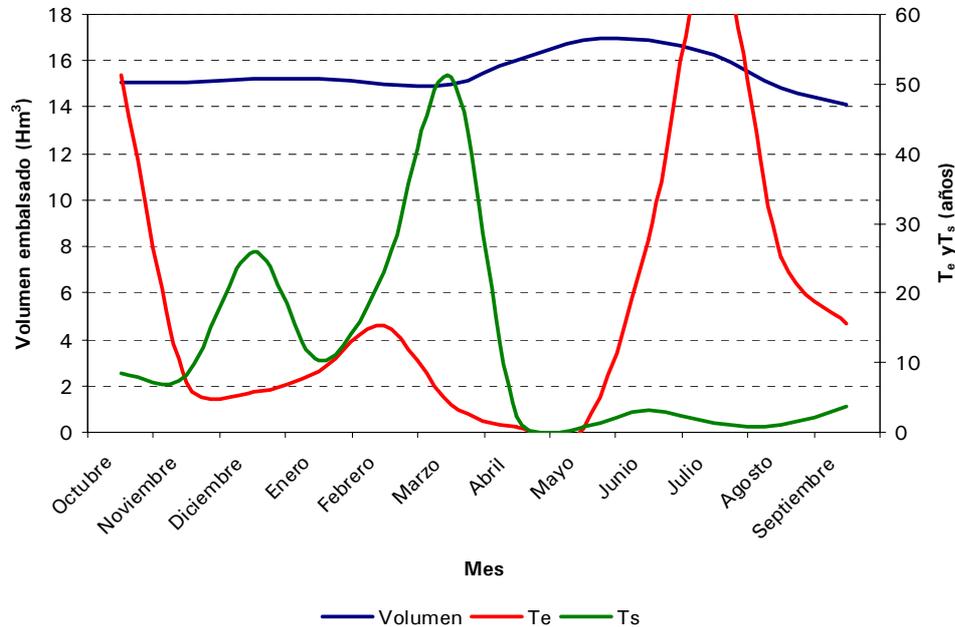
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

**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	15,06	0,15	0,03	8,53	51,17
Noviembre	15,04	0,15	0,18	8,24	7,06
Diciembre	15,20	0,05	0,23	25,82	5,74
Enero	15,25	0,13	0,15	10,36	8,63
Febrero	15,00	0,05	0,08	23,01	15,34
Marzo	15,00	0,03	0,33	50,96	3,92
Abril	16,00	0,55	1,68	2,39	0,79
Mayo	16,88	1,73	2,35	0,83	0,61
Junio	16,88	0,45	0,05	3,08	27,74
Julio	16,26	1,10	0,00	1,26	∞
Agosto	14,80	1,23	0,05	1,03	25,14
Septiembre	14,15	0,33	0,08	3,58	15,51
<b>Total anual</b>	<b>15,46</b>	<b>5,93</b>	<b>5,18</b>	<b>2,61</b>	<b>2,99</b>

El tiempo de residencia anual del agua es alto, entre 2,6 y 3 años. Los tiempos de residencia mínimos se obtienen en el mes de mayo y oscilan entre 10 y 7,3 meses, según se consideren las salidas o las entradas, respectivamente. El valor máximo se obtiene con las entradas, cuya inexistencia en julio hace que el tiempo de residencia tienda a infinito. Considerando las salidas el valor máximo se localiza en marzo siendo de, aproximadamente, 51 años.

<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 al abastecimiento de pequeñas poblaciones. A su vez, en el embalse se realizan diversas actividades recreativas, principalmente pesca.

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Pena no 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.

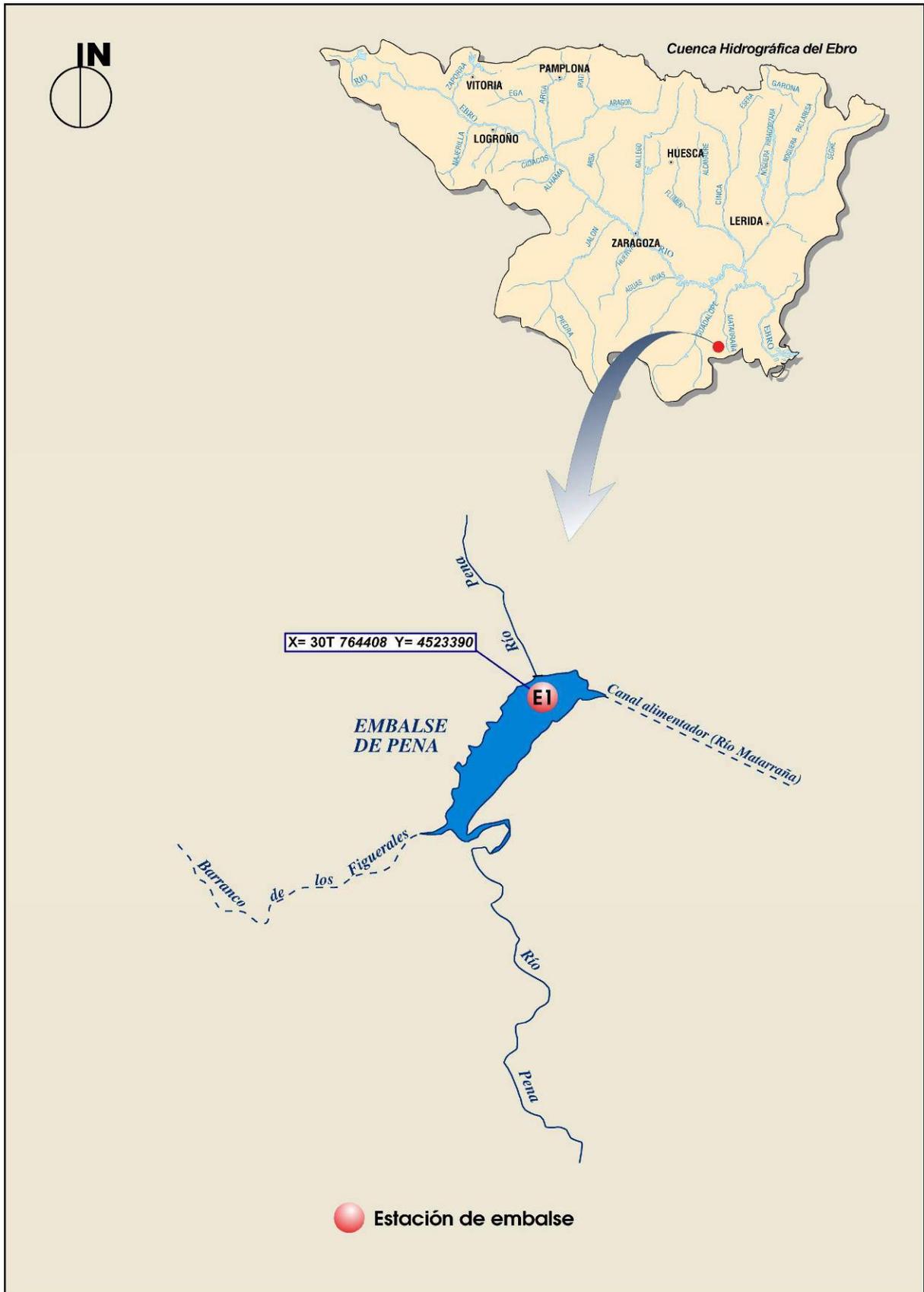
## 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en la 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	18/08/2004	Estratificación
2ª Campaña	14/12/2004	Mezcla
3ª Campaña	05/05/2005	Estratificación
4ª Campaña	18/08/2005	Estratificación



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

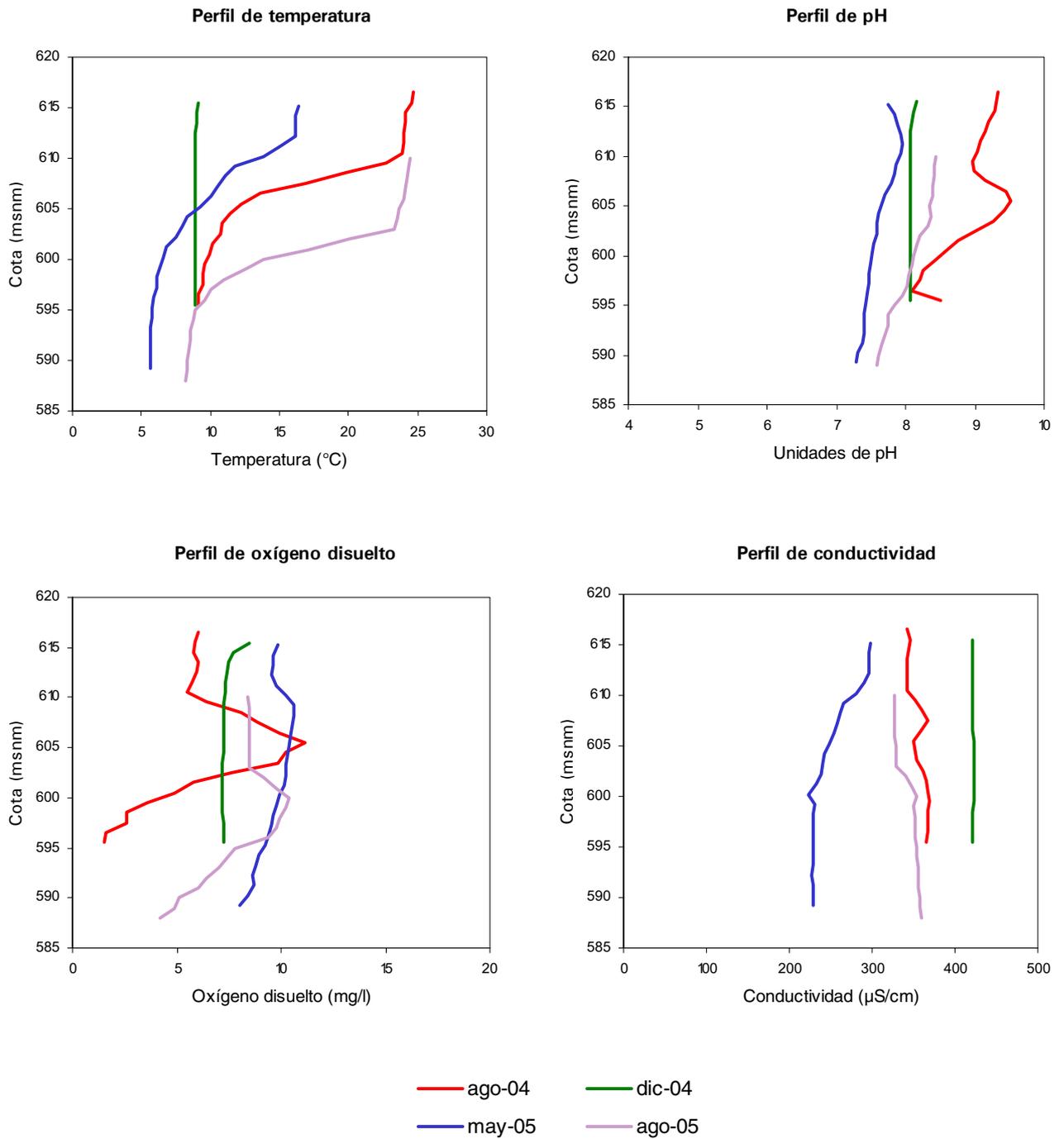
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 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 5,7 °C -mínimo- y los 24,6 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada estratificación, localizándose el inicio de la termoclina entre los 7 y 8 metros de profundidad. En primavera el embalse ya presenta estratificación, situándose el gradiente térmico a 5 m.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,06 ud. El máximo estival -9,51 ud-, se registra en verano de 2004, coincide con un sustancial incremento de las concentraciones de oxígeno, lo que sugiere una alta actividad fotosintetizadora. Por su parte el mínimo -7,29 ud-, se registra en primavera y en último metro de profundidad.
- La transparencia del agua es moderada-baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,9 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 5 metros. El mínimo (2 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (3,9 m) se registra en agosto de 2005.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 7,92 mg/l O<sub>2</sub>. A pesar de la acusada estratificación térmica que presenta el embalse en el estío no se han registrado condiciones anóxicas (< 1 mg/l O<sub>2</sub>), tan sólo, en verano de 2004 y en los últimos 5 metros de profundidad, se detectan condiciones hipóxicas (< 4 mg/l O<sub>2</sub>).
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 337 µS/cm. Los resultados obtenidos oscilan entre los 223 µS/cm -mínimo primaveral- y los 423 µS/cm -máximo invernal-.

**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-bajas. Los resultados medios para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, se han situado en 0,032 mg/l P y 0,12 mg/l N, para el fósforo y nitrógeno inorgánico total, respectivamente.

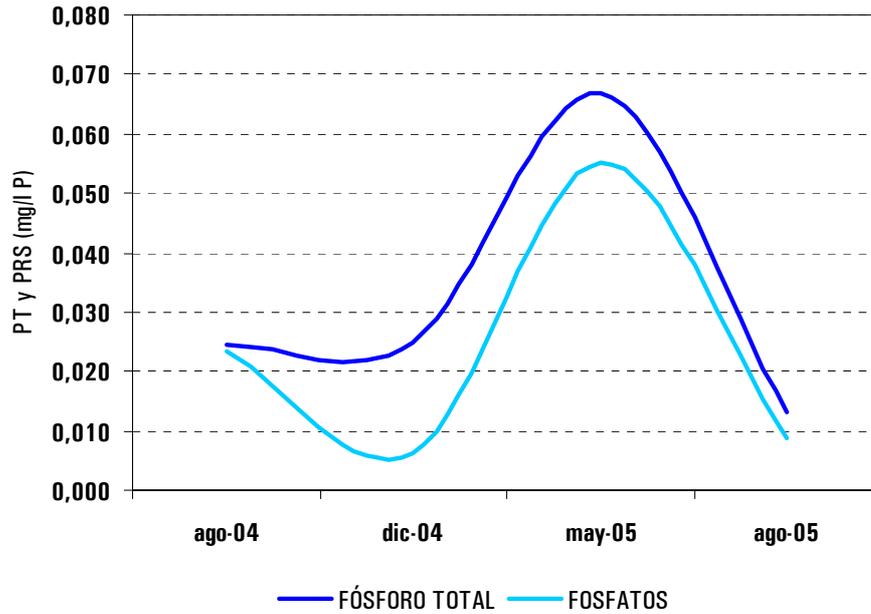
El máximo de fósforo total se da en primavera, donde la concentración alcanza un valor de 0,067 mg/l P, mientras que el mínimo -0,013 mg/l P- se localiza en agosto de 2005. Los ortofosfatos, con un comportamiento similar al del fósforo total, presentan su concentración máxima -0,055 mg/l P- en primavera, mientras que el mínimo -0,006 mg/l P- se da en invierno.

Entre las distintas formas que componen el nitrógeno inorgánico total (NIT) la dominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 71\%$ ), siendo la proporción de amonio moderada ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 26\%$ ) y la de nitritos pequeña ( $\text{NO}_2/\text{NIT} = 3\%$ ). Las concentraciones de NIT obtenidas en el año 2005 han sido superiores a las de 2004. La máxima concentración -0,15 mg/l N- se registra en primavera, mientras que el mínimo -0,07 mg/l N- se da en invierno.

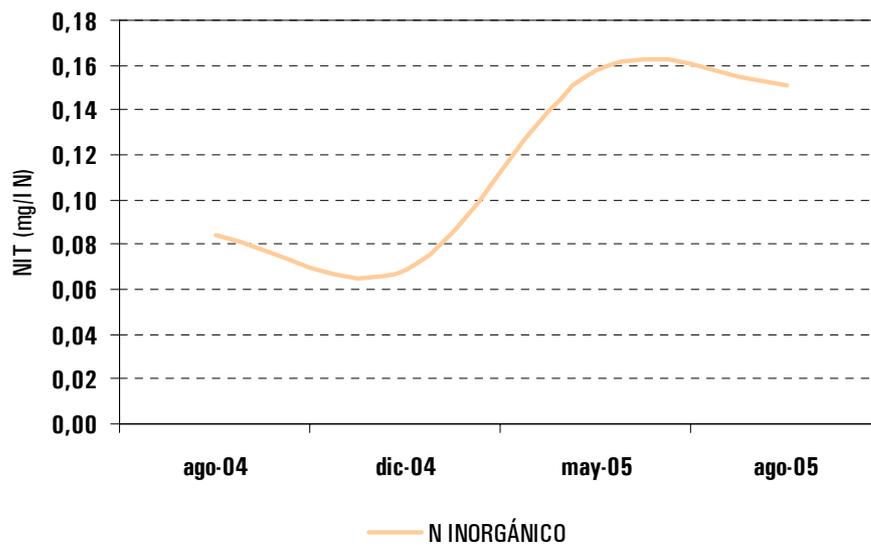
- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 1,6 y 8,6 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , para la  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas, siendo el catión predominante el calcio con una concentración de calcio 48,8 mg Ca/l).

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes

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



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



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

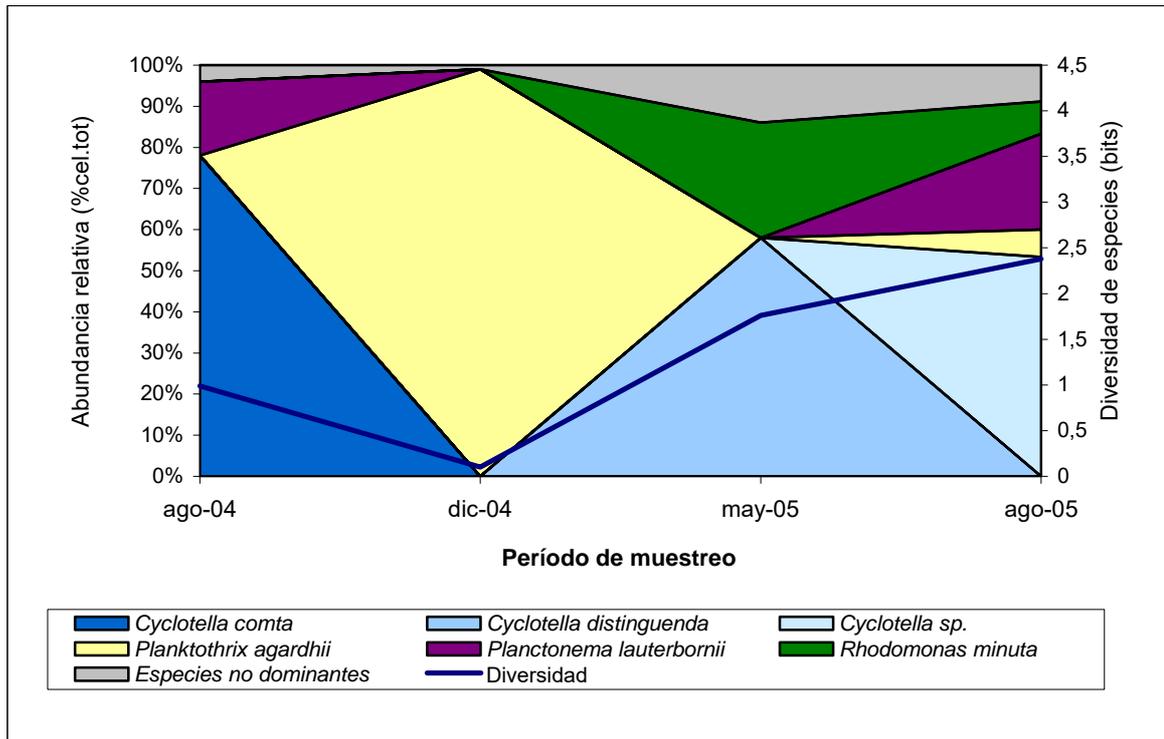
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 44 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 13 diatomeas
- 3 cianobacterias
- 12 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 4 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 2 euglenofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 6 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 período estival de 2004 se registran valores de densidad algal moderados –2.715 cel/ml-. La comunidad fitoplanctónica se caracteriza por la dominancia de la diatomea *Cyclotella comta* que representa el 78% de la densidad total. Como principal especie acompañante se identifica la clorofícea *Planctonema lauterbornii*, que suele crecer en el estío de embalses y lagos mesotróficos.

En invierno, se registra el máximo valor de densidad algal –8.212 cel/ml-, este resultado es consecuencia del fuerte crecimiento de la cianobacteria *Planktothrix agardhii* que representa el 99% de la comunidad algal. La situación de fuerte dominancia de una única especie reduce el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo durante el periodo de estudio -0,10 bits-.

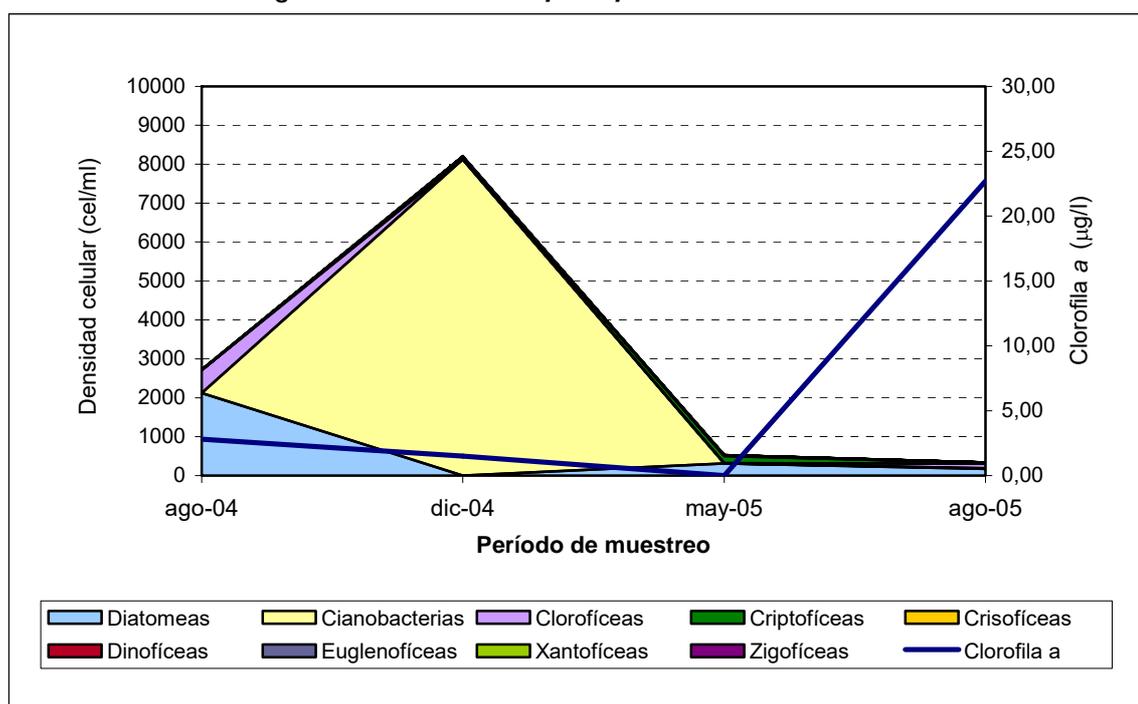
Durante la época primaveral se reduce la densidad algal de la comunidad hasta valores de 521 cel/ml. Esta disminución afecta especialmente a las cianobacterias, lo que

permite el crecimiento de otras especies propias de medios templados y bien mezclados como la diatomea *Cyclotella distinguenda* y la criptofícea *Rhodomonas minuta*.

En verano de 2005 continúa el decrecimiento de la densidad algal de la comunidad hasta contabilizarse 337 cel/ml, que representa el mínimo durante el periodo de estudio. Cualitativamente no se observa ningún grupo o especie claramente dominante. Destacan por una relativa mayor densidad la diatomea *Cyclotella sp.* y la clorofícea *Planctonema lauterbornii*. El mayor equilibrio en la distribución de abundancias entre las especies algales identificadas determina el máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -2,38 bits-.

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

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



La evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* no presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. De modo que cuando se contabiliza el máximo valor de densidad algal -8.212 cel/ml- la concentración de clorofila *a* es muy reducida y cuando se registra el mínimo valor de densidad -337

cel/ml- se observa un valor muy elevado de biomasa -22,70  $\mu\text{g/l}$ -. Existen diversas causas para este desajuste, la elevada concentración de material vegetal alóctono o un alto porcentaje de la clorofila *a* en deterioro, el estado fisiológico de las algas que pueda hacer que el número de células contabilizadas sea muy alto pero su contenido en pigmentos muy reducido, etc.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora

La comunidad algal en agosto de 2004 se caracteriza por la presencia de la diatomea *Cyclotella comta* y la clorofícea *Planctonema lauterbornii*, esta asociación algal es



*Planktothrix agardhii*

indicadora de medios con una carga de nutrientes moderada. En diciembre de 2005 se registra un pico de densidad celular debido al crecimiento de la cianobacteria *Planktothrix agardhii*. Las cianobacterias, y entre ellas *Planktothrix*, presentan una serie de características ecológicas que les facilita establecerse y proliferar en las comunidades algales. Características como el control de su

flotabilidad a través de vesículas de gas y, por tanto, la regulación de su posición dentro de la columna de agua a profundidades donde las condiciones sean favorables. Presentan, a su vez, una elevada afinidad por los nutrientes, por lo que continúan creciendo cuando hay baja disponibilidad de los mismos y son capaces de utilizar de forma efectiva las bajas intensidades de luz, lo que mantiene su crecimiento durante el invierno y durante el verano en las capas profundas del embalse. En primavera la población fitoplanctónica cambia totalmente y vuelve a ser característica de medios mesotróficos ya que predominan las diatomeas céntricas -*Cyclotella distinguenda*- y pequeñas criptofíceas -*Rhodomonas minuta*-. En agosto de 2005 sigue la misma tendencia que en primavera y la comunidad presenta valores de densidad muy reducidos, siendo las especies más destacables la diatomea *Cyclotella sp.* y la clorofícea *Planctonema lauterbornii*.

## 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 Pena, como **mesotrófico**.

Prácticamente la totalidad de índices contrastados sitúan al embalse en rangos mesotróficos. No obstante, existen indicios –transparencia anual, clorofila anual y composición algal- que vienen a indicar que existe un estrecho margen entre los niveles de mesotrofia y 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 >	32	<b>EUTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Nº células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	2.944	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	22,7	<b>EUTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	9,0	<b>MESO-EUTRÓF.</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	32	<b>MESO-EUTRÓF.</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,9	<b>MESOTRÓFICO</b>
Margalef (1983)	<i>Nº células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	2.944	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	9,0	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	32	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	175	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,9	<b>E. AVANZADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	9,0	<b>EUTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	22,7	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	32	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,9	<b>EUTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	2,0	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log<sub>2</sub>(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	45	<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.	52	<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.	52	<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 Pena es **DEFICIENTE**.

EMBALSE DE PENA

EMBALSE DE PENA			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	2.944	5	2,0	2,0	0,55
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	9,0	2			
		Cianofíceas pot. tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	8.120	3			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	2,9	2	3,0	2,0	0,55
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	7,6	4			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	32,2	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

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

**ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	PENA (PE)	<b>CAMPAÑA:</b>	1
<b>COT. MAX:</b>	617	<b>NIVEL:</b>	617

Estación:	E1	Profundidad:	21
Fecha:	18/08/2004	Hora:	13:45
Disco Secchi (m):	3,2	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	617	24,64	9,33	6,04	72,2	343	297	223
1	616	24,53	9,31	5,85	70,3	346	296	225
2	615	24,16	9,28	5,80	69,5	344	297	224
3	614	24,09	9,20	6,04	71,8	343	297	223
4	613	24,03	9,14	5,92	69,2	343	296	223
5	612	24,00	9,07	5,74	68,1	343	297	223
6	611	23,94	9,03	5,47	64,5	343	297	223
7	610	22,68	8,96	6,45	73,9	352	297	229
8	609	19,89	8,99	8,09	88,6	360	303	234
9	608	16,90	9,14	8,87	92,0	368	315	239
10	607	13,64	9,44	9,92	85,5	360	333	234
11	606	12,24	9,51	11,18	104,0	350	339	228
12	605	11,45	9,43	10,20	93,9	351	338	228
13	604	10,90	9,26	9,84	88,3	353	328	229
14	603	10,68	9,01	7,61	68,3	362	318	235
15	602	10,13	8,75	5,79	51,0	366	308	238
16	601	9,90	8,59	4,90	43,1	368	299	239
17	600	9,62	8,41	3,58	31,3	369	292	240
18	599	9,49	8,25	2,63	23,1	368	284	239
19	598	9,44	8,21	2,63	23,0	368	280	239
20	597	9,10	8,10	1,64	14,1	367	278	239
21	596	9,13	8,50	1,55	13,5	366	300	238

<b>EMBALSE:</b>	PENA (PE)	<b>CAMPAÑA:</b>	2
<b>COT. MAX:</b>	617	<b>NIVEL:</b>	616

Estación:	E1	Profundidad:	20
Fecha:	14/12/2004	Hora:	13:00
Disco Secchi (m):	2	Capa fónica (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	616	9,09	8,17	8,48	73,6	421	218	274
1	615	9,04	8,11	7,74	61,1	421	217	274
2	614	8,96	8,09	7,45	64,4	421	217	274
3	613	8,94	8,08	7,37	63,7	421	218	274
4	612	8,94	8,08	7,32	63,3	421	218	274
5	611	8,93	8,07	7,30	63,2	421	219	274
6	610	8,93	8,07	7,29	63,0	421	220	274
7	609	8,93	8,07	7,26	62,8	421	221	274
8	608	8,93	8,07	7,25	62,7	421	221	274
9	607	8,93	8,07	7,23	62,5	422	222	274
10	606	8,93	8,07	7,22	62,4	423	222	275
11	605	8,93	8,06	7,22	62,4	423	222	275
12	604	8,93	8,06	7,21	62,3	423	223	275
13	603	8,92	8,06	7,21	62,3	423	223	275
14	602	8,91	8,06	7,19	62,2	423	224	275
15	601	8,91	8,06	7,18	62,1	423	224	275
16	600	8,91	8,06	7,18	62,1	423	224	275
17	599	8,89	8,07	7,20	62,2	422	226	274
18	598	8,89	8,07	7,22	62,4	421	226	274
19	597	8,87	8,07	7,23	62,5	421	226	274
20	596	8,84	8,07	7,27	62,7	421	226	274

**EMBALSE:** PENA (PE) **CAMPAÑA:** 3  
**COT. MAX:** 617 **NIVEL:** 615

Estación: E1 Profundidad: 26  
 Fecha: 05/05/2005 Hora: 17:30  
 Disco Secchi (m): 2,6 Capa fónica (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	615	16,39	7,75	9,81	100,2	299	241	194
1	614	16,21	7,83	9,64	98,2	297	216	193
2	613	16,13	7,89	9,60	97,7	296	211	192
3	612	16,11	7,93	9,58	97,4	296	207	192
4	611	15,13	7,96	9,78	97,4	290	195	189
5	610	13,87	7,93	10,22	99,0	281	182	183
6	609	11,72	7,87	10,62	98,0	265	172	172
7	608	11,07	7,83	10,60	96,3	261	166	170
8	607	10,53	7,80	10,54	94,8	257	160	167
9	606	10,02	7,70	10,48	92,4	254	102	165
10	605	9,25	7,66	10,41	90,9	249	86	162
11	604	8,30	7,60	10,32	88,1	243	77	158
12	603	7,93	7,58	10,25	86,5	240	73	156
13	602	7,54	7,59	10,22	85,4	238	89	155
14	601	6,77	7,54	10,17	83,4	233	101	151
15	600	6,62	7,51	9,93	81,1	223	105	145
16	599	6,36	7,49	9,80	79,5	231	107	150
17	598	6,15	7,47	9,61	77,6	229	109	149
18	597	6,11	7,46	9,53	77,0	229	109	149
19	596	5,89	7,44	9,41	75	228	109	148
20	595	5,77	7,42	9,25	74,0	228	108	148
21	594	5,72	7,41	8,91	71,2	228	107	148
22	593	5,70	7,40	8,78	70,0	228	106	148
23	592	5,69	7,40	8,63	69,7	227	106	148
24	591	5,69	7,39	8,68	69,5	228	94	148
25	590	5,67	7,32	8,42	67,2	229	67	149
26	589	5,69	7,29	7,99	63,8	229	54	149

<b>EMBALSE:</b>	PENA (PE)	<b>CAMPAÑA:</b>	4
<b>COT. MAX:</b>	617	<b>NIVEL:</b>	610

Estación:	E1	Profundidad:	22
Fecha:	18/08/2005	Hora:	14:00
Disco Secchi (m):	3,9	Capa fótica (m):	6,6

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	610	24,45	8,43	8,43	101,1	327	143	213
1	609	24,31	8,42	8,45	101,1	327	145	213
2	608	24,21	8,41	8,45	100,9	327	145	213
3	607	24,15	8,40	8,45	100,7	327	147	213
4	606	24,03	8,38	8,45	100,6	327	147	213
5	605	23,60	8,35	8,48	100,1	328	147	213
6	604	23,59	8,37	8,47	100,0	328	149	213
7	603	23,27	8,33	8,51	99,8	329	149	214
8	602	20,02	8,21	9,13	100,6	341	147	222
9	601	17,05	8,15	9,79	102,1	348	148	226
10	600	13,81	8,12	10,36	100,3	353	151	229
11	599	12,52	8,09	10,26	96,4	350	153	228
12	598	11,01	8,05	9,95	90,4	352	154	229
13	597	10,00	8,02	9,80	86,9	351	155	228
14	596	9,57	7,96	9,38	82,5	351	154	228
15	595	8,93	7,84	7,78	67,3	354	152	230
16	594	8,72	7,75	7,37	63,4	354	147	230
17	593	8,55	7,75	7,01	60,1	355	148	231
18	592	8,50	7,69	6,40	53,6	355	145	231
19	591	8,44	7,65	6,00	51,2	356	144	231
20	590	8,34	7,62	5,15	44,3	357	143	232
21	589	8,31	7,58	4,91	42,2	358	141	233
22	588	8,16	7,53	4,20	35,6	359	139	233

## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE1</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>18/08/2004</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>617,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>617</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	9	20
COTA	msnm	616	608	597
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,2	3,3	2,2
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	153,2	163,6	178,7
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	3,9	1,2	0,9
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,0	4,0	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,029	0,017	0,028
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,089	0,051	0,076
FOSFATOS	mg P/l	0,029	0,017	0,025
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,10	0,50	0,78
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,07	0,01	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,06	0,01	0,02
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	1,04	0,48	0,76
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,36	0,22	0,11
NITRATOS	mg N/l	0,08	0,05	0,02
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,009	0,005	0,017
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,002	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,14	0,06	0,05
CALCIO	mg Ca/l	45,2	47,9	53,3
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	16,4	15,1	15,3
SODIO	mg Na/l	3,7	3,0	2,8
POTASIO	mg K/l	1,7	1,0	1,3
CLORUROS	mg Cl/l	5,5	4,5	4,0
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	36,9	32,1	17,4
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,0
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	2,03	3,48	4,38
CLOROFILA a	µg/l	2,8		

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE2</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>14/12/2004</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>617,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>616</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	9	20
COTA	msnm	615	607	596
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,6		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	158,4		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,8		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	16,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,027	0,024	0,023
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,025	0,016	0,017
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,005	0,006
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,08	1,08	1,03
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,02	0,03	0,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,03	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	1,06	1,05	1,00
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,24	0,17	0,17
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,04	0,04
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,005	0,000	0,004
NITRITOS	mg N/l	0,002	0,000	0,001
N INORGÁNICO	mg N/l	0,07	0,06	0,07
CLOROFILA a	µg/l	1,5		

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE3</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>05/05/2005</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>617,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>615</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>m</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>25</b>
<b>COTA</b>	<b>msnm</b>	<b>614</b>	<b>602</b>	<b>590</b>
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	<b>mg/l</b>	<b>2,2</b>		
<b>ALCALINIDAD TOTAL</b>	<b>mg CO<sub>3</sub>Ca/l</b>	<b>156,4</b>		
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>1,9</b>		
<b>DQO</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>4,0</b>		
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,087</b>	<b>0,062</b>	<b>0,051</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/l</b>	<b>0,211</b>	<b>0,138</b>	<b>0,157</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,069</b>	<b>0,045</b>	<b>0,051</b>
<b>NITRÓGENO KJELDAHL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>0,74</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg NH<sub>4</sub>/l</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,06</b>
<b>NITRÓGENO ORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>0,67</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg NO<sub>3</sub>/l</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,62</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,14</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg NO<sub>2</sub>/l</b>	<b>0,014</b>	<b>0,015</b>	<b>0,030</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,009</b>
<b>N INORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,21</b>
<b>CLOROFILA a</b>	<b>µg/l</b>	<b>ND</b>		

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE4</b>	
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>18/08/2005</b>	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>617,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>610</b>	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>m</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>21</b>
<b>COTA</b>	<b>msnm</b>	<b>609</b>	<b>599</b>	<b>589</b>
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	<b>mg/l</b>	<b>1,9</b>		
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>1,7</b>		
<b>DQO</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>7,9</b>		
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,012</b>	<b>0,015</b>	<b>0,012</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg PO<sub>4</sub><sup>3</sup>/l</b>	<b>0,034</b>	<b>0,013</b>	<b>0,034</b>
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg P/l</b>	<b>0,011</b>	<b>0,004</b>	<b>0,011</b>
<b>NITRÓGENO KJELDAHL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,78</b>	<b>0,94</b>	<b>1,02</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg NH<sub>4</sub>/l</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>
<b>NITRÓGENO ORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,75</b>	<b>0,91</b>	<b>0,97</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg NO<sub>3</sub>/l</b>	<b>0,89</b>	<b>0,30</b>	<b>0,27</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,20</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg NO<sub>2</sub>/l</b>	<b>0,020</b>	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
<b>N INORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	<b>0,24</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
<b>SULFUROS</b>	<b>mg S<sup>-2</sup>/l</b>			<b>0,0</b>
<b>CLOROFILA a</b>	<b>µg/l</b>	<b>22,7</b>		

**ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>18/08/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>617</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>617</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>5,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	616	
CLOROFILA a	µg/l	2,80	
Población total	n° cel/ml	2.715	
Diversidad (H)	Bits	0,99	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	2.122	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	2	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	585	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	3	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillarioficea	2.118	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	2	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	2	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofíceea	74	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofíceea	3	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofíceea	487	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofíceea	9	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofíceea	12	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofíceea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofíceea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofíceea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofíceea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofíceea	2	

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>14/12/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>617</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>2,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>616</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>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	615	
CLOROFILA a	µg/l	1,50	
Población total	n° cel/ml	8.202	
Diversidad (H)	Bits	0,10	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	2	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	8.120	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	6	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	59	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	12	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	8.120	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Clorofícea	1	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	4	
<i>Sphaerocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas reflexa</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	55	
<i>Dinobryon sociale</i>	Crisofícea	12	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>05/05/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>617</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>2,6</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>615</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>4,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	614	
CLOROFILA a	µg/l	0,00	
Población total	n° cel/ml	521	
Diversidad (H)	Bits	1,76	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	312	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	4	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	185	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	13	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	5	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella distinguenda</i>	Bacillariofícea	304	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	6	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	1	
<i>Ankyra sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Carteria sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	2	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	14	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	21	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	6	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	144	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	13	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	4	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>PENA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>PE4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>18/08/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>617</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,9</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>610</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>6,6</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	609	
CLOROFILA a	µg/l	22,70	
Población total	n° cel/ml	337	
Diversidad (H)	Bits	2,38	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	169	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	21	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	109	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	29	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	3	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	4	
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>Cyclotella sp.</i>	Bacillariofícea	163	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptotenella</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Rhopalodia gibba</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chroococcus sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	20	
<i>Didymocystis sp.</i>	Clorofícea	33	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	4	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Clorofícea	70	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	Clorofícea	1	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	6	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	23	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	1	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	3	
<i>Peridinium umbonatum</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	2	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (18/08/2004)



Detalle de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (18/08/2005)



Panorámica del embalse desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (18/08/2004)

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**



**Datos generales de embalse**

Fecha actualización: Junio de 2006

**EMBALSE: PENA**

**CÓDIGO: PE**

**LOCALIZACIÓN:**

**Autonomía:** Aragón  
**Provincia:** Teruel  
**Municipio:** Valderrobles



Situación en C.H.Ebro

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:**

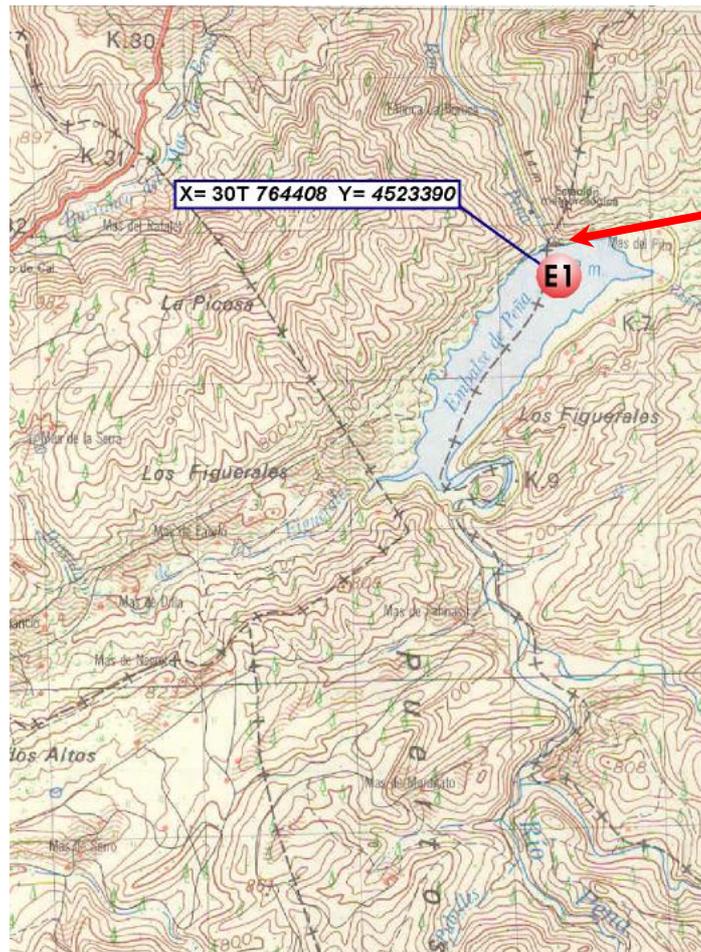
<b>Tributario principal:</b>	<b>Pena</b>	<b>Otros tributarios:</b>	-
<b>Año de terminación:</b>	<b>1959</b>	<b>Propietario:</b>	<b>Estado</b>
<b>Cuenca a la que pertenece:</b>	<b>Matarraña</b>	<b>Altitud (msnm):</b>	<b>617</b>
<b>Capacidad total (hm<sup>3</sup>):</b>	<b>19</b>	<b>Capacidad útil (hm<sup>3</sup>):</b>	-
<b>Longitud máxima (km):</b>	<b>2,3</b>	<b>Perímetro (km):</b>	<b>6</b>
<b>Profundidad máxima (m):</b>	<b>31</b>	<b>Profundidad media (m):</b>	<b>14,7</b>
<b>Usos principales:</b>	<b>Riego</b>	<b>Otros usos:</b>	-



Panorámica del embalse (18/08/2004)



**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**



Punto de acceso a  
la lámina de agua

 Estación de embalse

**Nº Plano/s 1:50.000: 520**

## DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
PENA		Mesotrófico	Deficiente
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
			
Óptimo/Bueno	Moderado	Deficiente	Malo

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 18/08/2004
Tª superficie (°C): 24,64	pH superficie (ud): 9,33	Conductividad superficie (µS/cm): 343
Tª fondo (°C): 9,13	pH fondo (ud): 8,50	Conductividad fondo (µS/cm): 366
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,2	5
Termoclina: Si		Profundidad (m): 9
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 14/12/2004
Tª superficie (°C): 9,09	pH superficie (ud): 8,17	Conductividad superficie (µS/cm): 421
Tª fondo (°C): 8,84	pH fondo (ud): 8,07	Conductividad fondo (µS/cm): 421
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2	3,4
Termoclina: No		Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 05/05/2005
Tª superficie (°C): 16,39	pH superficie (ud): 7,75	Conductividad superficie (µS/cm): 299
Tª fondo (°C): 5,69	pH fondo (ud): 7,29	Conductividad fondo (µS/cm): 229
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,6	4
Termoclina: Si		Profundidad (m): 5
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 18/08/2005
Tª superficie (°C): 24,45	pH superficie (ud): 8,43	Conductividad superficie (µS/cm): 327
Tª fondo (°C): 8,16	pH fondo (ud): 7,53	Conductividad fondo (µS/cm): 359
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,9	6,6
Termoclina: Si		Profundidad (m): 8
Condiciones anóxicas: No		Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 18/08/2004		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO				
PARÁMETRO	UNIDAD	PEEIS	PEEIM	PEEIF
PROFUNDIDAD	m	1	9	20
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,029	0,017	0,028
FOSFATOS	mg P/l	0,029	0,017	0,025
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,10	0,50	0,78
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,06	0,01	0,02
NITRATOS	mg N/l	0,08	0,05	0,02
NITRITOS	mg N/l	0,003	0,002	0,005
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	2,8		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	2.715		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 2.122		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>	Nº células/ml: 2.118		
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 14/12/2004		
PARÁMETRO	UNIDAD	PEEIS	PEEIM	PEEIF
PROFUNDIDAD	m	1	9	20
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,027	0,024	0,023
FOSFATOS	mg P/l	0,008	0,005	0,006
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	1,08	1,08	1,03
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,06	0,04	0,04
NITRITOS	mg N/l	0,002	0,000	0,001
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	1,5		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	8.202		
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria	Nº células/ml: 8.120		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Planktothrix agardhii</i>	Nº células/ml: 8.120		
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 07/04/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	PEEIS	PEEIM	PEEIF
PROFUNDIDAD	m	1	13	25
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,087	0,062	0,051
FOSFATOS	mg P/l	0,069	0,045	0,051
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,38	0,40	0,74
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,06
NITRATOS	mg N/l	0,11	0,11	0,14
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,005	0,009
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	0		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	521		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 312		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella distinguenda</i>	Nº células/ml: 304		
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 18/08/2005		
PARÁMETRO	UNIDAD	PEEIS	PEEIM	PEEIF
PROFUNDIDAD	m	1	11	21
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,015	0,012
FOSFATOS	mg P/l	0,011	0,004	0,011
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,78	0,94	1,02
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,03	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,20	0,07	0,06
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,002	0,002
CLOROFILA $a$	$\mu\text{g/l}$	22,7		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	337		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofícea	Nº células/ml: 169		
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella sp.</i>	Nº células/ml: 163		

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE PENA 2004-2005

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

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

##### Cálculo para biovolumen:

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

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

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

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

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

#### 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 Tipos 1, 2 y 3	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango Tipo 12	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango Tipo 13	> 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 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 PENA

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 Pena 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	12,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	3,90	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	22,70	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	337	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>2,75</b>	<b>MESOTRÓFICO</b>

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

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	106,00	Hipereutrófico
DISCO SECCHI	3,20	Oligotrófico
COLOROFILA <i>a</i>	2,80	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	2715	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 hipereutrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila *a* como mesotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Pena en 2005 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

### DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE PENA

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 Pena 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,80	0,93	0,95	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)	3,20	Bueno			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	5,80	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	106,00	Malo			
<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 Pena 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 Pena 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	22,70	0,11	0,16	Deficiente
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>4</b>			<b>DEFICIENTE</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor				PE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,90				Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	7,58				Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	12,00				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 Pena para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.