



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 YESA**

---

**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>16</b>
<b>6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>17</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 Yesa y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

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

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

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

### **2.1. Ámbito geográfico**

La cuenca vertiente al embalse de Yesa se sitúa entre los Macizos Vascos y el área occidental de la Cordillera Pirenaica. Queda delimitado al N por la frontera Hispano-Francesa, y al S por el gran sinclinorio de Guarga.

La presa, terminada en 1960, se sitúa en la Comunidad Foral de Navarra, en el término municipal de Yesa, aunque, prácticamente, la totalidad del embalse se localiza en la provincia de Aragón. Regula principalmente las aguas de los ríos Aragón, donde se

enclava la presa, y Esca. También recibe aportes de menor entidad de otros ríos, arroyos y barrancos, entre los que destaca el río Regal por la margen izquierda.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de moderadas dimensiones que no presenta grandes diferenciaciones morfológicas en el eje longitudinal, a excepción del brazo que, por la margen izquierda, conforma el río Regal.

La cuenca vertiente al embalse de Yesa tiene una superficie total de 217 908,28 ha, de las cuales 22 798 ha corresponden a la cuenca de escorrentía directa.

El embalse tiene una extensión de 1 900 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 446,9 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 24 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 61 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)	217 908,28
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	22 798
Superficie del embalse (ha)	1 900
Longitud máxima del embalse (km)	14
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	446,9
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	411
Profundidad máxima (m)	61
Profundidad media (m)	24
Perímetro en máximo nivel (km)	38
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	488,6
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	482,6; 453,35; 448,4; 428

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre 7 y los 13 metros de profundidad, mientras que la capa fótica oscila entre 3 y 7 metros de espesor.

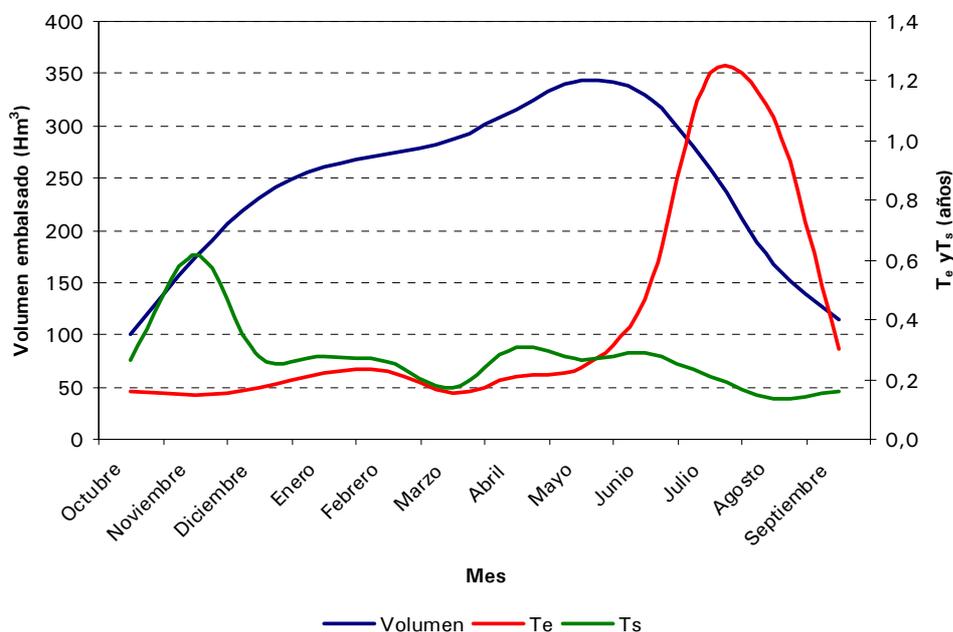
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondiente al periodo 2001-2005.

**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	101,19	32,10	54,20	0,27	0,16
Noviembre	173,71	23,05	97,25	0,62	0,15
Diciembre	230,05	70,30	115,00	0,28	0,17
Enero	260,91	80,33	99,60	0,28	0,22
Febrero	273,88	81,35	92,88	0,26	0,23
Marzo	287,45	142,30	156,75	0,17	0,16
Abril	315,35	84,80	123,98	0,31	0,21
Mayo	344,46	109,53	122,65	0,27	0,24
Junio	329,85	94,28	57,73	0,29	0,47
Julio	258,89	105,50	17,95	0,21	1,22
Agosto	166,63	103,68	13,08	0,14	1,08
Septiembre	114,95	58,58	31,03	0,16	0,30
<b>Total anual</b>	<b>238,11</b>	<b>985,78</b>	<b>982,08</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>

El tiempo de residencia anual del agua es moderado, en torno a 3 meses. Considerando las entradas el máximo tiempo de retención se sitúa en el mes de julio -1,2 años- mientras que el mínimo -1,8 meses- se obtiene en noviembre. Si se consideran las salidas la situación se invierte, el máximo se localiza en noviembre -7,4 meses- y el mínimo en agosto -1,6 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

Los usos principales a los que se destinan sus aguas son el riego, a través del Canal de las Bárdenas, y el abastecimiento. También se destinan a la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa. A su vez, se trata de un embalse muy frecuentado para la realización de actividades recreativas (pesca, baño y navegación principalmente).

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Yesa 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:* El embalse de Yesa suministra agua al Canal de Bárdenas, donde, próximo a la presa, existe un punto de captación,

cuyo titular es el Ayuntamiento de Liedena, que abastece a una población de 10 810 habitantes.

- *Tramos aptos para la vida piscícola:* El río Esca, tributario secundario del embalse, en el tramo comprendido entre Burgui y el Puente de Sigües, justo antes de su ingreso al embalse, es un tramo de interés piscícola -ciprinícola- sobre el que trienalmente se informa a la Unión Europea. La longitud total del tramo es de 13 km.
- *Zonas de protección de habitats o especies:* El embalse de Yesa no tiene ninguna figura de protección. Sin embargo, su principal tributario, el río Aragón, forma parte del LIC ES2410060 "Río Aragón-Canal de Berdún" y de la ZEPA ES0000284 "Sotos y Carrizales del río Aragón". Entre la fauna asociada a ambientes acuáticos destaca la presencia de la nutria (*Lutra lutra*).

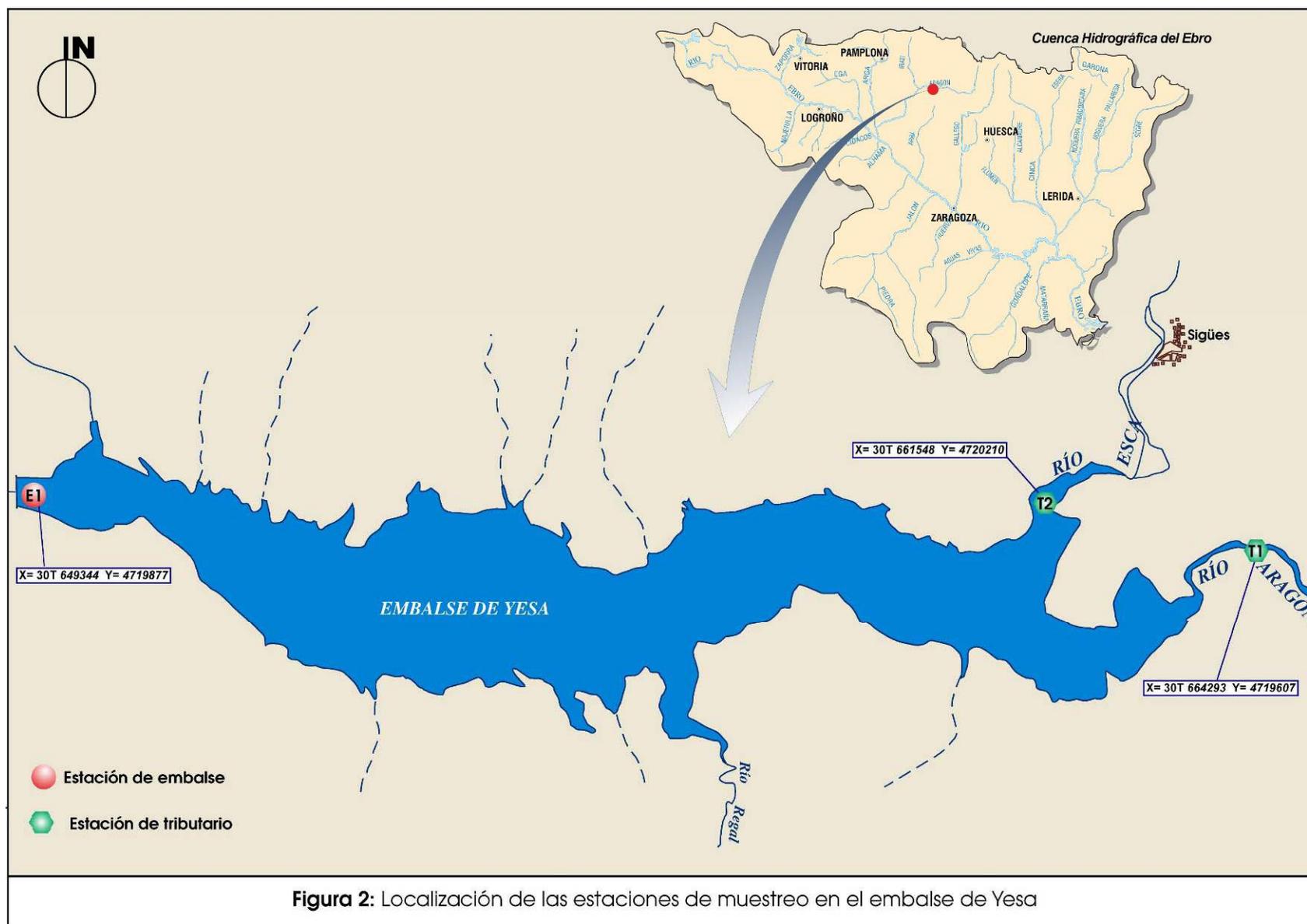
### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se han ubicado tres estaciones de muestreo, una en las inmediaciones de la presa (**E1**) y dos más en tributarios, la primera en el río Aragón (**T1**), en el cruce de éste con la ctra. N-240, y la segunda en el río Esca (**T2**), antes de su ingreso al embalse -cruce con la ctra. A1601- (**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	26/07/2004	Estratificación
2ª Campaña	10/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	05/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	14/07/2005	Estratificación



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

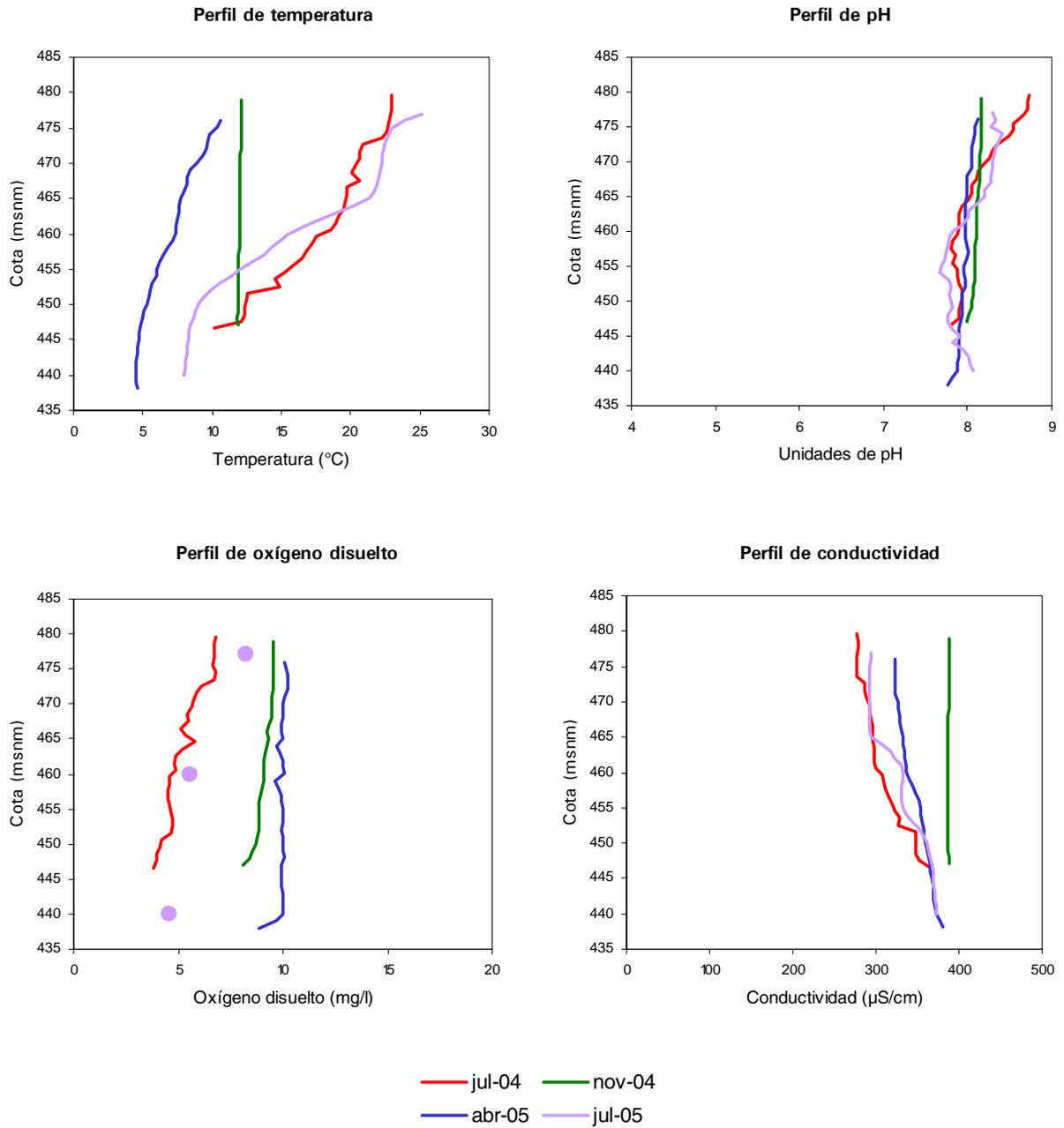
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

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

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

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 4,5 °C -mínimo- y los 25,2 °C, -máximo registrado en el estío-. En verano de 2004 la termoclina se sitúa a 7 metros de profundidad, mientras que en verano de 2005 se registran dos acusados gradientes térmicos a 1 y 13 metros de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 8,04 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,74 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,67 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 2,79 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 4,7 metros. El mínimo (1,9 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (4,1 m) se registra en julio de 2005.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 8,14 mg/l O<sub>2</sub>. No se han detectado condiciones anóxicas (<1 mg O<sub>2</sub>/l) en las campañas realizadas, siendo el valor mínimo de 3,95 mg/l O<sub>2</sub>, registrado en julio de 2004 y en el último metro de profundidad.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 342 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 y se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

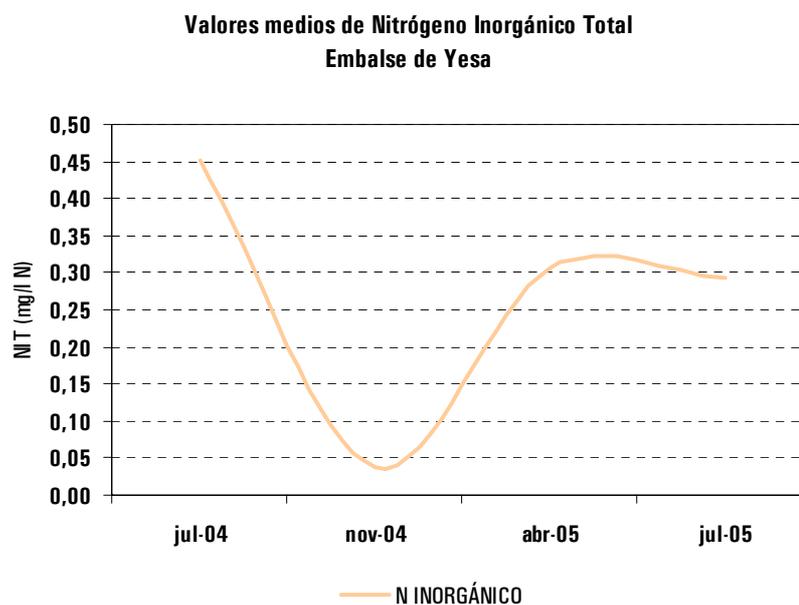
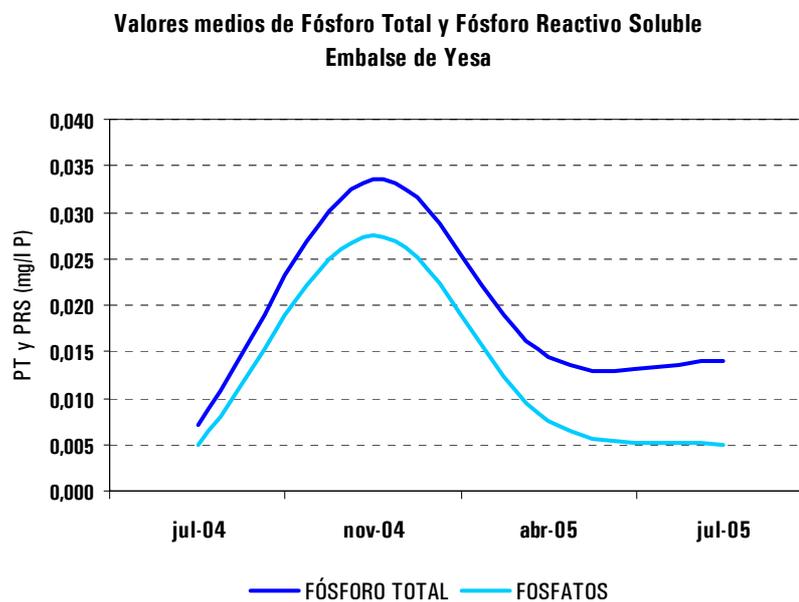
La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,017 mg/l P. El máximo se da en invierno - 0,034 mg/l P-, mientras que el mínimo -0,007 mg/l P- se obtiene en verano de 2004. En los muestreos realizados en 2005 (primavera y verano) la concentración obtenida se ha mantenido constante, con un registro medio de 0,014 mg/l P. Por su parte, los ortofosfatos han mantenido la misma pauta que el fósforo total, localizándose su máximo -0,028 mg/l P- en invierno, mientras que el valor mínimo se registra en verano, alcanzando un valor de 0,005 mg/l P en las dos campañas realizadas en ésta época.

La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) alcanza un valor de 0,27 mg/l N. Entre las formas inorgánicas que lo componen la predominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 81\%$ ), siendo las proporciones de amonio moderadas ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 15\%$ ) y las de nitritos pequeñas ( $\text{NO}_2/\text{NIT} = 4\%$ ). El valor mínimo -0,04 mg/l N- se ha registrado en invierno mientras que el máximo -0,45 mg/l N- se da en verano de 2004. Cabe citar que la concentración media obtenida en las dos campañas realizadas en 2005 han resultado muy similares, con unos valores de 0,31 y 0,29 mg/L N, en primavera y verano respectivamente.

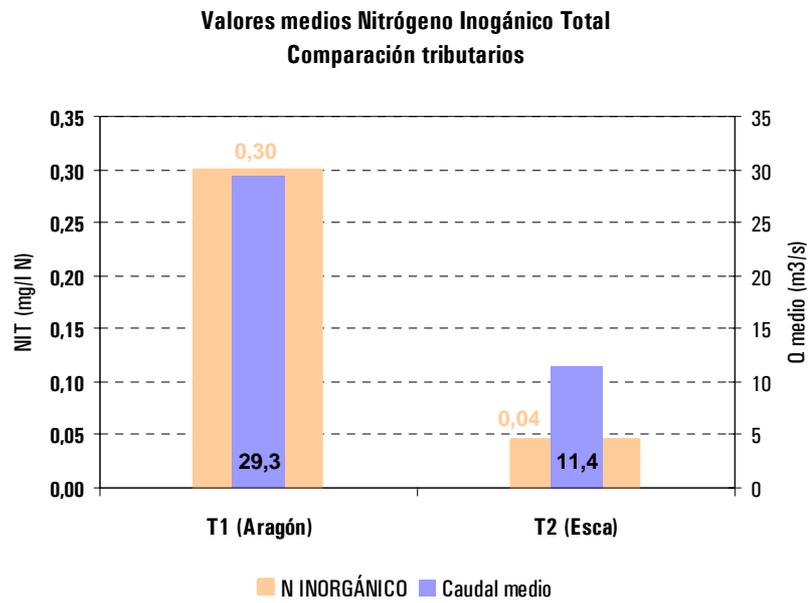
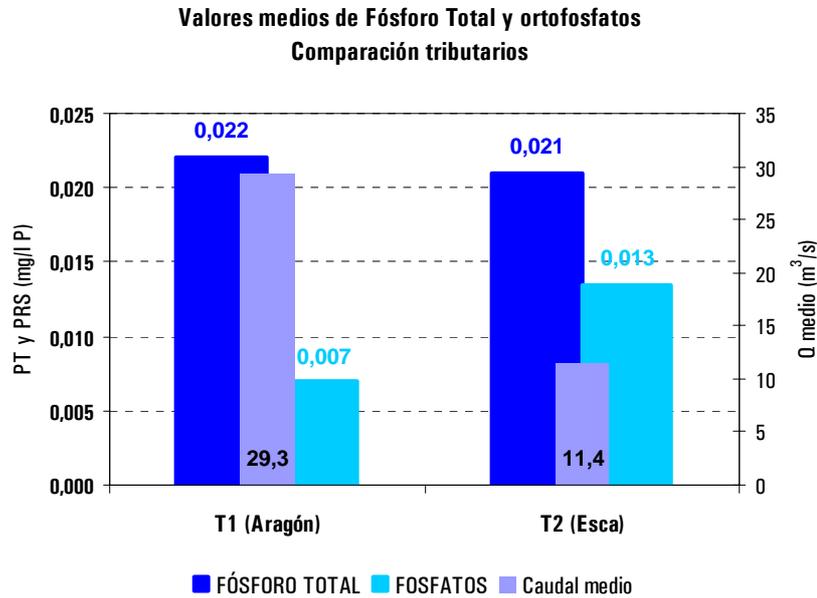
Las concentraciones de nutrientes en los tributarios son moderadas, situándose la media anual de fósforo total en 0,022 y 0,021mg/l P (ríos Aragón y Esca respectivamente). Por su parte, el nitrógeno inorgánico total presenta una mayor diferencia entre tributarios, con una concentración media de 0,3 mg/l N en el río Aragón frente a los 0,04 mg/l N registrados en el río Esca.

- El contenido de materia orgánica obtenido para el embalse es bajo, con unos valores medios de 1,1 y 10,7 mg O<sub>2</sub>/l, para la DBO<sub>5</sub> y DQO respectivamente. El contenido de materia orgánica en los tributarios también es bajo, con unos registros medios de 0,7 y 6 mg/l O<sub>2</sub>, en el caso del río Aragón, y de 0,8 y 7 mg/l O<sub>2</sub> en el caso del Esca.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (45 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

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



**Figura 5: Comparación de la concentración de nutrientes entre tributarios.**  
*Valores medios anuales*



	Río Aragón cola embalse	Río Esca Sigues
Estación aforo	A170	A063
Periodo	1976-2002	1931-2002
nº datos	9.371	24.077

**Nota:** Los caudales representados se han obtenido de la tabla resumen de aforos. Web <http://oph.chebro.es/ContenidoAforo>

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

Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**.

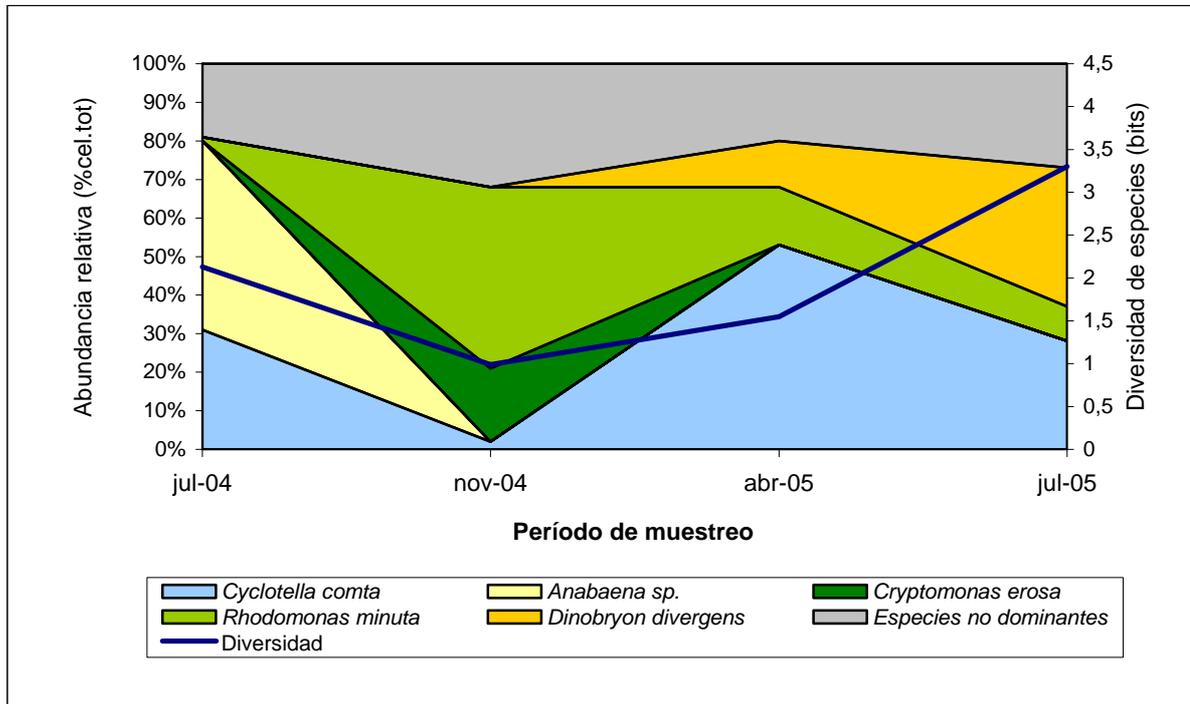
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

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

- 13 diatomeas
- 3 cianobacterias
- 16 clorofíceas
- 5 criptofíceas
- 2 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 5 euglenofíceas
- 2 zigofíceas

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

**Figura 6: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal**



La composición y estructura poblacional han mantenido la siguiente pauta temporal:

En el primer periodo estival - verano de 2004 -, la comunidad algal presenta un máximo poblacional de 1 304 cel/ml. El grupo predominante son las cianobacterias - representadas principalmente por *Anabaena sp.*; sin embargo la dominancia de este grupo no es significativa, ya que permite la coexistencia de otros grupos algales tales como las diatomeas céntricas con la - *Cyclotella comta*- como especie acompañante más abundante.

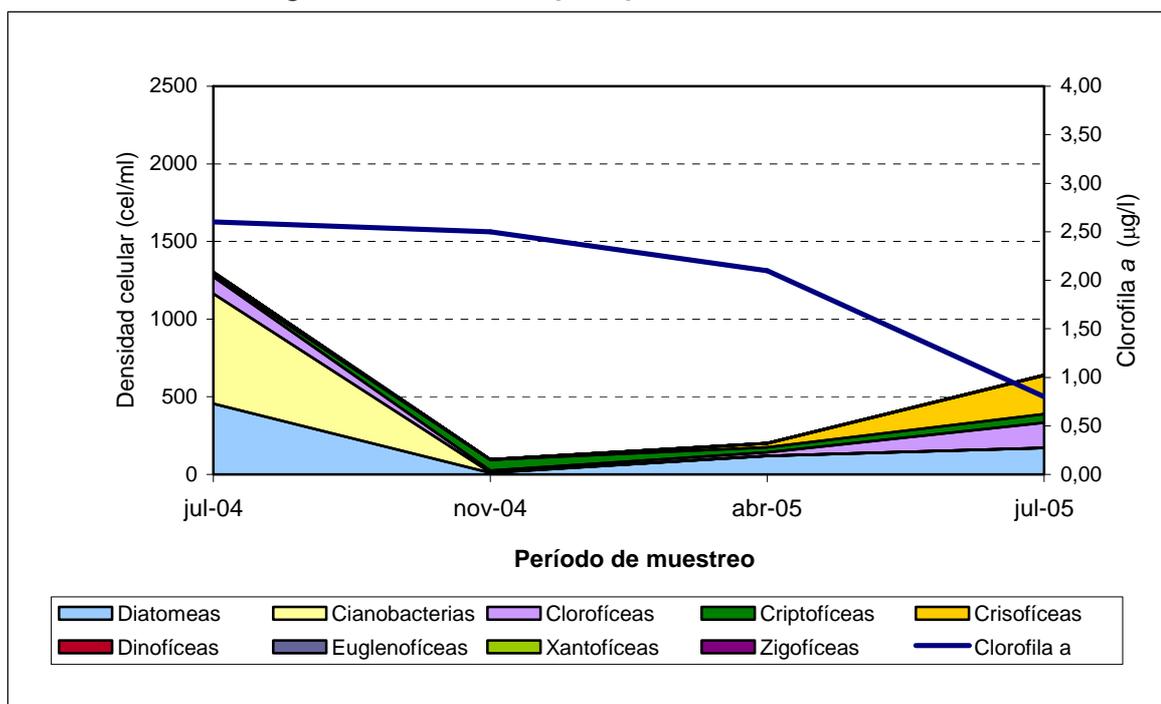
Durante el periodo invernal la comunidad fitoplanctónica alcanza valores muy bajos, de forma que se registra en este periodo el mínimo valor de densidad fitoplanctónica -96 cel/ml-. La criptofícea *Rhodomonas minuta* con una densidad de 45 cel/ml es la especie dominante. La presencia de una alta concentración de sólidos en suspensión en la muestra -13,3 mg/l-, ha interferido en la identificación y recuento de especies. El escaso número de especies identificadas reduce el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo anual -0,99 bits-.

En la primavera de 2005 se observa un ligero incremento poblacional, aunque la densidad poblacional se mantiene en valores bajos -202 cel/ml-. El aumento de población se debe a la aparición de la diatomea *Cyclotella comta*; especie característica de sistemas lénticos en situación de mezcla. La densidad de *Rhodomonas minuta* disminuye con respecto al la época invernal y se registra la aparición de *Dinobryon divergens*. Estos dos generos - *Rhodomonas* y *Dinobryon* - son las principales acompañantes del género *Cyclotella*.

En el verano de 2005 se incrementa ligeramente la densidad algal con respecto a la primavera -640 cel/ml-. Cualitativamente se produce un cambio de dominancia en la comunidad de manera que la crisofícea *Dinobryon divergens* ha proliferado hasta establecerse como especie dominante frente a la diatomea *Cyclotella comta* que pasa a ser la principal especie acompañante. Un mayor número de especies identificadas y la similitud en el número poblacional de las especies presentes hace que se registre el máximo valor de diversidad de Shannon-Weaver -3,30 bits-.

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

**Figura 7: Evolución temporal por clases taxonómicas**



El rango de valores resultantes para la biomasa y la densidad algal se mantienen muy bajos, en este sentido tienen una buena correspondencia. En relación a la evolución temporal destaca un valor de biomasa muy elevado en invierno, cuando hay 96 cel/ml, lo cual podría deberse a la alta concentración de sólidos en suspensión que ha podido interferir mayor sesgo en el recuento de células algales y la medida de clorofila.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora



*Anabaena sp.*

La comunidad algal durante el verano de 2004 se caracteriza por la dominancia de la cianobacteria *Anabaena sp.* Este género - *Anabaena sp.* - es indicador de medios eutróficos, y suele proliferar a finales del estío cuando la concentración de nutrientes, especialmente la concentración de nitrógeno, disminuye, ya que determinados géneros presentan células -heterocistes- especializadas capaces de fijar nitrógeno atmosférico. En el período invernal disminuye notablemente la población de *Anabaena sp.*, ganando peso poblacional la crisofícea *Rhodomonas minuta*. En primavera y estío del año hidrológico 2005-2006 la asociación formada por la diatomea *Cyclotella comta* y *Dinobryon divergens*, ambas especies características de medios mesotróficos, es la asociación que se hace más representativa en la comunidad algal. La evolución del grado trófico, por tanto, ha sido una pauta temporal de entre el periodo de estratificación y mezcla, que ha oscilado en rangos de eutrofia de muy altos a moderados estables. Los valores medios de biomasa -2,00 μg/l- y densidad algal -561 cel/ml- indican que se trata de un medio con un grado trófico mayoritario situado en rangos de mesotrofia, clasificación trófica más que aceptable para un sistema léntico forzado como el que representa un embalse.

## 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 Yesa, como **mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia. El máximo rango, eutrofia, se obtiene con la transparencia (considerada como media anual), mientras la clorofila sitúa al embalse en rangos mesotróficos. Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson,1974), mantienen prácticamente la misma pauta, según el fósforo y la transparencia el embalse se encuentra en rangos mesotróficos, mientras que la clorofila lo sitúa en rangos oligotróficos.

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

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	PT (ug/l); media anual	< 10-MESO-20 >	17	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	Nº células algales/ml	< 2000-MESO-15000 >	561	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	Clorofila (ug/l); máx. fót.	< 3-MESO-20 >	2,6	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	Clorofila (ug/l); media anual	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	2,0	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	PT (ug/l); media anual	< 8- 12 - 28 -40 >	17	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	SDT (m); media anual	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	2,8	<b>MESOTRÓFICO</b>
Margalef (1983)	Nº células algales/ml	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	561	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	Clorofila (ug/l); anual fót.	5 (lím. eut.avan.-mod.)	2,0	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	PT (ug/l); media anual	15 (lím. eut.avan.-mod.)	17	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	NO <sub>3</sub> -N (ug/l); media anual	140 (lím. eut.avan.-mod.)	221	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	SDT (m); media anual	3 (lím. eut.avan.-mod.)	2,8	<b>E. AVANZADA</b>
OCDE (1980)	Clorofila (ug/l); anual fót.	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	2,0	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	Clorofila (ug/l); máx. anual	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	2,6	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	PT (ug/l); media anual	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	17	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	SDT (m); media anual	> 12; > 6; 6-3; 3-1.5; < 1.5	2,8	<b>EUTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	SDT (m); mínimo anual	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,9	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	45	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/Cl)^{0,68})$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	37	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	43	<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 Yesa es **BUENO**.

EMBALSE DE YESA

			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO									
Indicadores	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo	Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	561	5	4,0	3,3	0,91
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	2,0	4			
		Cianofceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	641	4			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	2,8	2	3,3	3,3	0,91
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,7	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	17,3	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>	YESA (YE)	<b>CAMPAÑA:</b>	1
<b>COT. MAX:</b>	488,6	<b>NIVEL:</b>	480

Estación:	E1	Profundidad:	33
Fecha:	26/07/2004	Hora:	18:00
Disco Secchi (m):	1,95	Capa fótica (m):	3,3

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	480	22,97	8,74	6,80	78,8	277	237	180
1	479	22,97	8,71	6,72	77,8	279	234	181
2	478	22,98	8,71	6,70	78,3	278	234	181
3	477	22,90	8,65	6,68	77,3	277	233	180
4	476	22,73	8,54	6,63	77,2	276	229	179
5	475	22,63	8,54	6,76	78,7	276	230	179
6	474	22,25	8,49	6,71	75,3	276	229	179
7	473	20,84	8,35	6,13	68,0	286	226	186
8	472	20,67	8,30	5,91	65,4	287	224	187
9	471	20,62	8,25	5,74	64,0	289	224	188
10	470	20,30	8,19	5,68	62,8	292	221	190
11	469	20,04	8,13	5,45	59,4	293	220	190
12	468	20,60	8,11	5,53	60,9	294	219	191
13	467	19,73	8,04	5,12	55,8	297	217	193
14	466	19,68	8,05	5,36	60,1	296	217	192
15	465	19,61	8,02	5,80	57,3	297	217	193
16	464	19,51	7,94	5,17	55,9	298	216	194
17	463	19,16	7,90	4,92	53,2	299	214	194
18	462	18,89	7,90	4,80	51,5	299	214	194
19	461	18,56	7,89	4,86	52,2	300	214	195
20	460	17,53	7,88	4,60	48,1	307	215	200
21	459	17,22	7,82	4,58	47,8	309	216	201
22	458	16,88	7,80	4,47	46,4	312	215	203
23	457	16,48	7,85	4,52	46,5	315	215	205
24	456	15,91	7,83	4,60	46,8	320	216	208
25	455	15,20	7,88	4,64	46,3	324	217	211
26	454	14,53	7,88	4,73	45,8	329	218	214
27	453	14,85	7,90	4,76	45,6	327	219	213
28	452	12,55	7,94	4,67	43,7	348	224	226
29	451	12,50	7,93	4,23	39,2	349	223	227
30	450	12,40	7,92	4,15	38,9	349	222	227
31	449	12,36	7,90	3,95	36,9	349	221	227
32	448	12,09	7,89	3,97	36,9	352	221	229
33	447	10,19	7,80	3,85	34,6	364	214	237

**TRIBUTARIO:** Aragón **CAMPAÑA:** 1

Estación: YET1 Cod. Est.: YE1T1  
 Fecha: 26/07/2004 Hora: 10:55

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	19,89	8,66	6,34	69,70	312	206	203

**TRIBUTARIO:** Esca **CAMPAÑA:** 1

Estación: YET2 Cod. Est.: YE1T2  
 Fecha: 26/07/2004 Hora: 10:40

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	18,97	8,51	6,53	70,40	367	160	239

<b>EMBALSE:</b>	YESA (YE)	<b>CAMPAÑA:</b>	2
<b>COT. MAX:</b>	488,6	<b>NIVEL:</b>	479

Estación:	E1	Profundidad:	32
Fecha:	10/11/2004	Hora:	11:08
Disco Secchi (m):	1,9	Capa fótica (m):	3,2

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	479	12,08	8,17	9,55	88,9	388	208	252
1	478	12,07	8,17	9,55	88,8	388	216	252
2	477	12,06	8,16	9,55	88,9	388	217	252
3	476	12,07	8,16	9,55	88,8	388	218	252
4	475	12,07	8,16	9,55	88,8	388	219	252
5	474	12,07	8,16	9,56	88,9	388	219	252
6	473	12,06	8,16	9,53	88,7	388	220	252
7	472	12,06	8,16	9,52	88,6	388	220	252
8	471	12,05	8,15	9,49	88,2	388	221	252
9	470	12,05	8,15	9,46	88,1	388	221	252
10	469	12,05	8,15	9,44	87,7	388	222	252
11	468	12,04	8,15	9,46	88,2	387	223	252
12	467	12,03	8,14	9,28	86,4	387	224	252
13	466	12,03	8,13	9,21	85,7	387	224	252
14	465	12,03	8,12	9,32	86,6	387	227	252
15	464	12,03	8,11	9,21	85,8	387	227	252
16	463	12,04	8,11	9,15	85,1	387	227	252
17	462	12,04	8,11	9,10	84,8	387	228	252
18	461	12,02	8,11	9,10	84,6	387	229	252
19	460	12,02	8,10	9,08	84,4	387	229	252
20	459	12,00	8,10	9,07	84,4	387	229	252
21	458	11,98	8,09	9,00	83,7	387	229	252
22	457	11,94	8,08	8,90	82,5	387	229	252
23	456	11,93	8,08	8,86	82,2	387	230	252
24	455	11,94	8,08	8,86	82,1	387	231	252
25	454	11,93	8,08	8,84	82,1	387	231	252
26	453	11,93	8,08	8,83	81,9	387	232	252
27	452	11,93	8,07	8,82	81,8	387	231	252
28	451	11,90	8,07	8,80	81,2	387	232	252
29	450	11,86	8,05	8,70	81,8	387	231	252
30	449	11,85	8,04	8,55	79,2	387	232	252
31	448	11,80	8,01	8,39	77,9	388	230	252
32	447	11,83	7,99	8,12	75,0	388	226	252

**TRIBUTARIO:** Aragón **CAMPAÑA:** 2

Estación: YET1 Cod. Est.: YE2T1  
 Fecha: 25/11/2004 Hora: 14:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	5,56	8,37	13,41	106,60	338	191	220

**TRIBUTARIO:** Esca **CAMPAÑA:** 2

Estación: YET2 Cod. Est.: YE2T2  
 Fecha: 25/11/2004 Hora: 17:00

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	5,25	8,42	13,16	103,30	388	222	252

**EMBALSE:** YESA (YE) **CAMPAÑA:** 3  
**COT. MAX:** 488,6 **NIVEL:** 476

Estación: E1 Profundidad: 37,4  
 Fecha: 05/04/2005 Hora: 18:30  
 Disco Secchi (m): 3,2 Capa fótica (m): 5,4

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	476	10,56	8,12	10,05	90,4	323	193	210
1	475	10,40	8,09	10,13	90,6	323	192	210
2	474	9,80	8,09	10,21	90,0	323	193	210
3	473	9,69	8,06	10,23	90,1	323	192	210
4	472	9,55	8,05	10,23	89,7	323	192	210
5	471	9,34	8,04	10,06	88,0	323	192	210
6	470	8,85	8,05	10,02	86,4	326	194	212
7	469	8,43	8,04	10,00	85,4	326	194	212
8	468	8,24	8,00	10,01	85,2	328	193	213
9	467	8,19	7,99	9,94	84,3	329	194	214
10	466	7,98	7,99	9,95	84,1	331	194	215
11	465	7,74	7,99	9,97	83,7	332	195	216
12	464	7,63	7,97	9,70	81,3	333	194	216
13	463	7,61	7,97	9,87	82,6	335	194	218
14	462	7,54	7,97	9,98	83,3	335	194	218
15	461	7,44	7,97	10,00	83,4	336	195	218
16	460	7,39	7,97	10,04	83,3	337	195	219
17	459	7,14	7,98	9,62	79,6	340	197	221
18	458	6,84	8,00	9,78	80,3	344	198	224
19	457	6,44	8,01	9,94	80,5	349	200	227
20	456	6,19	7,99	9,91	80,0	352	200	229
21	455	5,96	7,96	9,99	80,3	354	200	230
22	454	5,96	7,95	9,97	80,1	354	201	230
23	453	5,67	7,97	10,02	79,8	355	201	231
24	452	5,49	7,97	9,96	79,1	358	202	233
25	451	5,43	7,94	9,98	79,0	358	202	233
26	450	5,25	7,93	10,00	78,9	360	202	234
27	449	5,06	7,94	10,00	78,5	361	203	235
28	448	4,93	7,93	10,10	79,0	363	203	236
29	447	4,87	7,91	9,92	77,5	365	203	237
30	446	4,74	7,90	9,89	77,0	366	203	238
31	445	4,69	7,89	9,96	77,4	368	203	239
32	444	4,61	7,89	9,93	77,0	369	203	240
33	443	4,57	7,89	10,00	77,5	370	204	241
34	442	4,55	7,89	9,99	77,4	370	205	241
35	441	4,53	7,88	10,00	77,4	371	204	241
36	440	4,52	7,87	10,00	78,8	373	203	242
37	439	4,54	7,83	9,70	75,2	376	202	154
38	438	4,58	7,77	8,87	68,9	380	148	247

**TRIBUTARIO:** Aragón **CAMPAÑA:** 3

Estación: YET1 Cod. Est.: YE3T1  
 Fecha: 05/04/2005 Hora: 17:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	11,92	8,34	11,80	97,70	294	174	191

**TRIBUTARIO:** Esca **CAMPAÑA:** 3

Estación: YET2 Cod. Est.: YE3T2  
 Fecha: 05/04/2005 Hora: 17:10

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	13,20	8,33	11,24	107,20	248	218	161

**EMBALSE:** YESA (YE) **CAMPAÑA:** 4  
**COT. MAX:** 488,6 **NIVEL:** 477

Estación: E1 Profundidad: 37,3  
 Fecha: 14/07/2005 Hora: 17:55  
 Disco Secchi (m): 4,1 Capa fótica (m): 7,0

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	477	25,21	8,30	8,3	100,7	295	197	192
1	476	23,85	8,33			294	211	191
2	475	22,97	8,28			293	210	190
3	474	22,74	8,41			293	232	190
4	473	22,45	8,37			293	229	190
5	472	22,34	8,34			293	226	190
6	471	22,29	8,31			293	223	190
7	470	22,27	8,30			293	222	190
8	469	22,19	8,29			293	210	190
9	468	22,05	8,27			293	220	190
10	467	21,90	8,27			293	219	190
11	466	21,73	8,21			293	212	190
12	465	21,30	8,20			295	212	192
13	464	20,24	8,13			307	207	200
14	463	19,01	8,01			318	196	207
15	462	17,67	8,01			324	204	211
16	461	16,57	7,94			330	199	215
17	460	15,47	7,83	5,6	60,5	333	183	216
18	459	14,94	7,79			332	182	216
19	458	14,29	7,76			331	181	215
20	457	13,77	7,75			330	181	215
21	456	12,98	7,73			330	182	215
22	455	11,95	7,68			333	179	216
23	454	11,48	7,67			336	181	218
24	453	10,53	7,79			345	199	224
25	452	9,87	7,80			352	201	229
26	451	9,37	7,79			357	202	232
27	450	8,95	7,80			362	204	235
28	449	8,78	7,82			363	206	236
29	448	8,61	7,76			365	201	237
30	447	8,41	7,77			368	203	239
31	446	8,35	7,82			369	209	240
32	445	8,30	7,91			369	218	240
33	444	8,24	7,83			370	208	241
34	443	8,19	7,96			371	227	241
35	442	8,12	8,02			371	234	241
36	441	8,07	8,03			373	236	242
37	440	7,98	8,06	4,6	43,0	374	241	154

**TRIBUTARIO:** Aragón **CAMPAÑA:** 4

Estación: YET1 Cod. Est.: YE4T1  
 Fecha: 14/07/2005 Hora: 16:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	27,28	8,45	8,94	91,40	311	122	202

**TRIBUTARIO:** Esca **CAMPAÑA:** 4

Estación: YET2 Cod. Est.: YE4T2  
 Fecha: 14/07/2005 Hora: 15:55

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	26,18	8,39	9,50	99,00	372	189	242

## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE1</b>			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>26/07/2004</b>			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>488,61</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>480</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>	<b>T2</b>
PROFUNDIDAD	m	1	7	33		
COTA	msnm	479	473	447		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,2	3,1	4,6	4,2	9,1
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	121,0	124,5	133,5	141,6	174,0
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,9	2,0	2,2	1,2	2,0
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	8,0	8,0	16,0	8,0	16,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,005	0,011	0,011	0,049
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,016	0,015	0,015	0,028	0,100
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,005	0,005	0,009	0,033
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,72	0,65	0,55	0,82
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,03	0,04	0,04	0,11	0,05
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,03	0,03	0,08	0,04
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,43	0,69	0,62	0,47	0,78
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,72	1,79	2,02	2,39	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,39	0,40	0,46	0,54	0,00
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,019	0,025	0,042	0,026	0,012
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,008	0,013	0,008	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,42	0,44	0,50	0,63	0,04
CALCIO	mg Ca/l	42,5	44,9	47,5		
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	7,1	7,2	7,1		
SODIO	mg Na/l	5,8	6,3	8,0		
POTASIO	mg K/l	0,7	0,9	0,9		
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /l	8,9	5,9	9,9		
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	8,5	9,2	9,8		
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,047		
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	2,21	1,97	2,87		
CLOROFILA a	µg/l	2,6				

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE2</b>			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>10/11/2004</b>			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>488,61</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>479</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>	<b>T2</b>
PROFUNDIDAD	m	1	16	31		
COTA	msnm	478	463	448		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	15,3			1,4	1,7
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	129,1			128,8	159,4
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,0			1,1	0,4
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	20,0			4,1	4,1
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,025	0,029	0,047	0,005	0,005
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,076	0,082	0,096	0,011	0,008
FOSFATOS	mg P/l	0,025	0,027	0,031	0,004	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	4,70	0,51	0,62	0,23	0,25
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	4,69	0,49	0,60	0,22	0,25
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,00	0,00	0,00	0,99	0,22
NITRATOS	mg N/l	0,00	0,00	0,00	0,22	0,05
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,066	0,074	0,083	0,011	0,007
NITRITOS	mg N/l	0,020	0,023	0,025	0,003	0,002
N INORGÁNICO	mg N/l	0,03	0,04	0,04	0,23	0,06
CLOROFILA a	µg/l	2,5				

<b>EMBALSE:</b>	YESA	<b>CÓDIGO:</b>	YE3			
<b>CAMPAÑA:</b>	3	<b>FECHA:</b>	05/04/2005			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	488,61	<b>NIVEL:</b>	476			
<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>	<b>T2</b>
PROFUNDIDAD	m	1	18	37		
COTA	msnm	475	458	439		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,0			6,6	5,2
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	133,4			109,6	138,2
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,1			0,4	0,7
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0			4,0	4,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,028	0,010	0,049	0,016
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,016	0,036	0,018	0,012	0,017
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,012	0,006	0,004	0,006
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,80	0,57	0,65	0,69	0,86
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,77	0,55	0,62	0,65	0,83
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,26	1,14	1,29	0,85	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,28	0,26	0,29	0,19	0,00
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,025	0,019	0,019	0,023	0,023
NITRITOS	mg N/l	0,008	0,006	0,006	0,007	0,007
N INORGÁNICO	mg N/l	0,31	0,28	0,32	0,24	0,04
CLOROFILA a	µg/l	2,1				

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE4</b>			
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>14/07/2005</b>			
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>488,61</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>477</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>	<b>T2</b>
<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>m</b>	1	17	37		
<b>COTA</b>	<b>msnm</b>	476	460	440		
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	<b>mg/l</b>	12,2			35,2	24,0
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	0,9			0,0	0,0
<b>DQO</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	8,1			8,1	4,0
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	<b>mg P/l</b>	0,006	0,014	0,022	0,023	0,014
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg PO<sub>4</sub><sup>3</sup>/l</b>	0,013	0,018	0,015	0,035	0,039
<b>FOSFATOS</b>	<b>mg P/l</b>	0,004	0,006	0,005	0,011	0,013
<b>NITRÓGENO KJELDAHL</b>	<b>mg N/l</b>	0,58	0,24	0,49	0,58	0,59
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg NH<sub>4</sub>/l</b>	0,03	0,31	0,03	0,04	0,04
<b>AMONIO TOTAL</b>	<b>mg N/l</b>	0,02	0,24	0,02	0,03	0,03
<b>NITRÓGENO ORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	0,56	0,00	0,47	0,55	0,56
<b>NITRATOS</b>	<b>mg NO<sub>3</sub>/l</b>	0,35	0,69	1,49	0,30	0,02
<b>NITRATOS</b>	<b>mg N/l</b>	0,08	0,16	0,34	0,07	0,00
<b>NITRITOS</b>	<b>mg NO<sub>2</sub>/l</b>	0,021	0,029	0,003	0,010	0,004
<b>NITRITOS</b>	<b>mg N/l</b>	0,006	0,009	0,001	0,003	0,001
<b>N INORGÁNICO</b>	<b>mg N/l</b>	0,11	0,41	0,36	0,10	0,04
<b>SULFUROS</b>	<b>mg S<sup>-2</sup>/l</b>			0,000		
<b>CLOROFILA a</b>	<b>µg/l</b>	0,8				

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

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>26/07/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>489</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,9</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>480</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>3,3</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	479	
CLOROFILA a	µg/l	2,6	
Población total	n° cel/ml	1.304	
Diversidad (H)	Bits	2,13	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	455	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	709	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	109	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	11	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	17	
Clase EUGLENOFICEA	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>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	9	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	401	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	43	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	641	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	Cianobacteria	68	
<i>Ankistrodesmus convolutus</i>	Clorofícea	24	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	12	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Clorofícea	39	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcal</i>	Clorofícea	31	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	2	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	9	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	10	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	6	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	Euglenofícea	1	
<i>Zygnema sp.</i>	Zigofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>10/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>489</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>1,9</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>479</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>3,2</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	M	1	
COTA	msnm	478	
CLOROFILA a	µg/l	2,50	
Población total	n° cel/ml	96	
Diversidad (H)	Bits	0,99	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	11	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	13	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	69	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOFICEA	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>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	5	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	10	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	18	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	5	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	45	
<i>Phacus sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Strombomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>05/04/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>489</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>476</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>5,4</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	475	
CLOROFILA a	µg/l	2,10	
Población total	n° cel/ml	202	
Diversidad (H)	Bits	1,55	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	119	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	22	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	34	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	24	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
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>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	108	
<i>Diatoma vulgaris</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	5	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Clorofícea	4	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	1	
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	6	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Clorofícea	4	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	31	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	24	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>YESA</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>YE4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>14/07/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>489</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>4,1</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>477</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>7,0</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	476	
CLOROFILA a	µg/l	0,80	
Población total	n° cel/ml	640	
Diversidad (H)	Bits	3,30	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	171	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	0	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	161	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	55	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	249	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Achnanthes sp.</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	160	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	3	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Didymocystis planctonica</i>	Clorofícea	13	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Clorofícea	10	
<i>Golenkinia radiata</i>	Clorofícea	2	
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	70	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Clorofícea	13	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Clorofícea	48	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	3	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	50	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Crisofícea	42	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	207	
<i>Peridinium inconspicuum</i>	Dinofícea	2	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	2	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (26/07/2004)



Panorámica del embalse de Yesa. Invierno de 2004 (10/11/2004)



Río Esca, tributario secundario del embalse de Yesa. Invierno de 2004 (10/11/2004)



Río Esca, tributario secundario del embalse de Yesa. Verano de 2005 (14/07/2005). Se observa la reducción de caudal en el río, con respecto al invierno de 2004.



Río Aragón, tributario principal del embalse de Yesa. Invierno de 2004 (10/11/2004)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio 2006

EMBALSE: YESA

CÓDIGO: YE

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Navarra  
Provincia: Navarra  
Municipio: Yesa



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE

Tributario principal:	Aragón	Otros tributarios:	Esca
Año de terminación:	1960	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Aragón	Altitud (msnm):	488,6
Capacidad total (hm <sup>3</sup> ):	470	Capacidad útil (hm <sup>3</sup> ):	411
Longitud máxima (km):	14	Perímetro (km):	38
Profundidad máxima (m):	60,7	Profundidad media (m):	22,5
Usos principales:	Riego	Otros usos:	Abastecimiento, hidroeléctrico



Panorámica del embalse (05/04/2005)



### SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Punto de acceso a la lámina de agua

X=30T 649344 Y= 4719877

X=30T 661548 Y= 4720210

X=30T 664293 Y= 4719607

● Estación de embalse

● Estación de tributario

Nº Planos 1:50.000: 175

## DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

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

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

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 26/07/2004
Tª superficie (°C): 22,97	pH superficie (ud): 8,74	Conductividad superficie (µS/cm): 277
Tª fondo (°C): 10,19	pH fondo (ud): 7,80	Conductividad fondo (µS/cm): 364
Tª T1 (°C):	pH T1 (ud):	Conductividad T1 (µS/cm):
Tª T2 (°C):	pH T2 (ud):	Conductividad T2 (µS/cm):
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,95	3,3
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 3
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 10/11/2004
Tª superficie (°C): 12,08	pH superficie (ud): 8,17	Conductividad superficie (µS/cm): 388
Tª fondo (°C): 11,83	pH fondo (ud): 7,99	Conductividad fondo (µS/cm): 388
Tª T1 (°C):	pH T1 (ud):	Conductividad T1 (µS/cm):
Tª T2 (°C):	pH T2 (ud):	Conductividad T2 (µS/cm):
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,9	3,2
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 05/04/2005
Tª superficie (°C): 10,56	pH superficie (ud): 8,12	Conductividad superficie (µS/cm): 323
Tª fondo (°C): 4,58	pH fondo (ud): 7,77	Conductividad fondo (µS/cm): 380
Tª T1 (°C):	pH T1 (ud):	Conductividad T1 (µS/cm):
Tª T2 (°C):	pH T2 (ud):	Conductividad T2 (µS/cm):
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,2	5,4
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 14/07/2005
Tª superficie (°C): 25,21	pH superficie (ud): 8,30	Conductividad superficie (µS/cm): 295
Tª fondo (°C): 7,98	pH fondo (ud): 8,06	Conductividad fondo (µS/cm): 374
Tª T1 (°C):	pH T1 (ud):	Conductividad T1 (µS/cm):
Tª T2 (°C):	pH T2 (ud):	Conductividad T2 (µS/cm):
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4,1	7
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 13
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



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

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 26/07/2004				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	YEEIS	YEEIM	YEEIF	YET1	YET2
PROFUNDIDAD	m	1	7	33		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,005	0,011	0,011	0,049
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,005	0,005	0,009	0,033
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,45	0,72	0,65	0,55	0,82
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,03	0,03	0,08	0,04
NITRATOS	mg N/l	0,39	0,40	0,46	0,54	0,00
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,008	0,013	0,008	0,004
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2,6				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.304				
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria				Nº células/ml: 709	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Anabaena sp.</i>				Nº células/ml: 641	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 10/11/2004				
PARÁMETRO	UNIDAD	YEEIS	YEEIM	YEEIF	YET1	YET2
PROFUNDIDAD	m	1	16	31		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,025	0,029	0,047	0,005	0,005
FOSFATOS	mg P/l	0,025	0,027	0,031	0,004	0,003
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	4,70	0,51	0,62	0,23	0,25
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
NITRATOS	mg N/l	0,00	0,00	0,00	0,22	0,05
NITRITOS	mg N/l	0,020	0,023	0,025	0,003	0,002
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2,5				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	96				
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas				Nº células/ml: 69	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>				Nº células/ml: 45	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 05/04/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	YEEIS	YEEIM	YEEIF	YET1	YET2
PROFUNDIDAD	m	1	18	37		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,005	0,028	0,010	0,049	0,016
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,012	0,006	0,004	0,006
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,80	0,57	0,65	0,69	0,86
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,28	0,26	0,29	0,19	0,00
NITRITOS	mg N/l	0,008	0,006	0,006	0,007	0,007
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2,1				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	202				
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas				Nº células/ml: 199	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>				Nº células/ml: 108	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 14/07/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	YEEIS	YEEIM	YEEIF	YET1	YET2
PROFUNDIDAD	m	1	17	37		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,014	0,022	0,023	0,014
FOSFATOS	mg P/l	0,004	0,006	0,005	0,011	0,013
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,58	0,24	0,49	0,58	0,59
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,24	0,02	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	0,08	0,16	0,34	0,07	0,00
NITRITOS	mg N/l	0,006	0,009	0,001	0,003	0,001
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	0,8				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	640				
CLASE PREDOMINANTE:	Crisofíceas				Nº células/ml: 249	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Dinobryon divergens</i>				Nº células/ml: 207	

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

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

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

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

### **1. ESTADO TRÓFICO**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Catalogación trófica final

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

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

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

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

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

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

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

## 2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

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

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

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

## **2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO**

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

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

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

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

##### Cálculo para clorofila a:

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

##### Cálculo para biovolumen:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2) Biovolumen algal

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

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

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

## 3) Índice de grupos algales (IGA)

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

El índice *IGA* se expresa:

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

Siendo,

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

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

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

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

#### 4) Porcentaje de cianobacterias

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

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

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

Donde:	BVOL <sub>CIA</sub>	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL <sub>CHR</sub>	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL <sub>MIC</sub>	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL <sub>WOR</sub>	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL <sub>TOT</sub>	Biovolumen total de fitoplancton

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

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

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

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

Tipos 1, 2 y 3

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

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

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

Tipos 6 y 12

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

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

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

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

Tipo 13

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

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

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

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

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

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

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

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

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<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 FISICOQUÍMICOS

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

### 1) Transparencia

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

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

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

### 2) Condiciones de oxigenación

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

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

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

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

### 3) Concentración de nutrientes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.2. ESTADO QUÍMICO

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

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

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

## 2.3. ESTADO

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

**Tabla A18.** Determinación del estado.

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

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE YESA

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 Yesa 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	20,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,95	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	2,60	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	1304	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>3,00</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 Yesa 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 Yesa 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	6,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	4,10	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	0,80	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	640	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>1,75</b>	<b>ULTRAOLIGOTRÓFICO</b>

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

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

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 Yesa 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,60	1,00	1,00	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO O SUPERIOR</b>	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,95	Moderado			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	6,70	Bueno			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	20,00	Moderado			
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Yesa 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 Yesa 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	0,80	3,25	2,58	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)	4,10			Bueno	
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	5,10			Moderado	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	6,00			Bueno	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

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