



---

INFORME FINAL DEL EMBALSE DEL EBRO  
AÑO 2010

---



VNIVERSITAT<sup>Q</sup> DE VALÈNCIA

CONSULTOR:  
**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA ESTUDI GENERAL**  
**Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Área de Limnología**

Departamento de Microbiología y Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas  
46100 – Burjassot (Valencia)

DICIEMBRE 2010

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</b>	<b>2</b>
2.1.  Ámbito geológico y geográfico	2
2.2.  Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3.  Usos del agua	4
2.4.  Registro de zonas protegidas	4
<b>3. TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>5</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>6</b>
4.1.  Características fisicoquímicas de las aguas	6
4.2.  Hidroquímica del embalse	9
4.3.  Fitoplancton y concentración de clorofila	10
4.4.  Zooplancton	12
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>14</b>
<b>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>15</b>

### ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse del Ebro durante los muestreos de 2010 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una consulta ágil y rápida del documento.

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano 2010, correspondiente al año hidrológico 2009-2010).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Clasificación del "Potencial Ecológico", tras la aplicación de los indicadores biológicos y fisicoquímicos propuestos en la Directiva Marco del Agua.

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

### 2.1. Ámbito geológico y geográfico

El embalse del Ebro está ubicado en las estribaciones orientales de la Cordillera Cantábrica, estrechamente ligado a los bordes del macizo Asturiano (Región del Pisuerga-Carrión), la zona resulta así afectada por los esfuerzos compresivos de la orogenia Alpina, presentando una orientación general de fractura NW-SE; En términos geológicos, el embalse del Ebro se sitúa sobre materiales de arenas; calizas arenosas; margas y arcillas pertenecientes a la Transición Jurásico-Cretácico, así como calizas; calcarenitas y margas, calizas con Lacazina a techo del Cretácico superior. Aparecen también depósitos aluviales del Cuaternario.

Se sitúa dentro del término municipal de Arroyo, en la provincia de Cantabria. Regula las aguas del río Ebro.

Tipo de clasificación: 7. Monomítico, calcáreo, de zona húmeda, perteneciente a ríos de cabecera y tramo alto, con temperatura media anual menor de 15 °C.

### 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de grandes dimensiones, de geometría irregular.

La cuenca vertiente al embalse del Ebro tiene una superficie total de 47.494 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 540 hm<sup>3</sup>, que coincide con su capacidad útil. Tiene una profundidad media de 8,60 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 24 m.

En el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

**CUADRO 1**  
**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DEL EBRO**

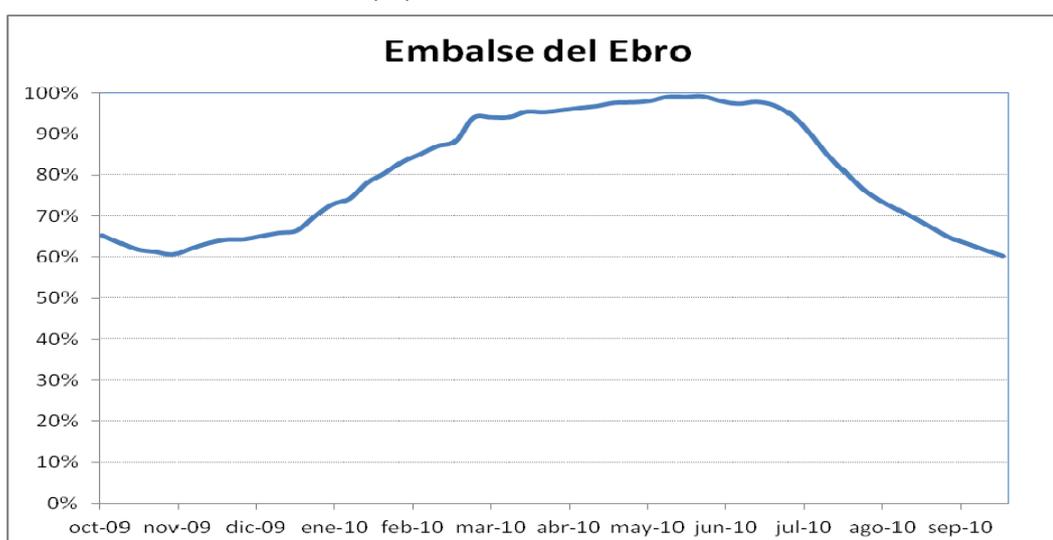
Superficie de la cuenca	466 km <sup>2</sup>
Capacidad total N.M.N.	540 hm <sup>3</sup>
Capacidad útil	540 hm <sup>3</sup>
Aportación media anual	300 hm <sup>3</sup>
Superficie inundada	6,25 ha
Cota máximo embalse normal	839 msnm

Se trata de un embalse monomítico. La termoclina en el momento del muestreo estaba situada entre 7 y 11 m de profundidad. El límite inferior de la capa fótica se encuentra a 8,5 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 9,75 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse del Ebro para el año hidrológico 2009-2010 fue de 14,0 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2009-2010.

**GRÁFICO 1**  
**VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2009-2010**



### **2.3. Usos del agua**

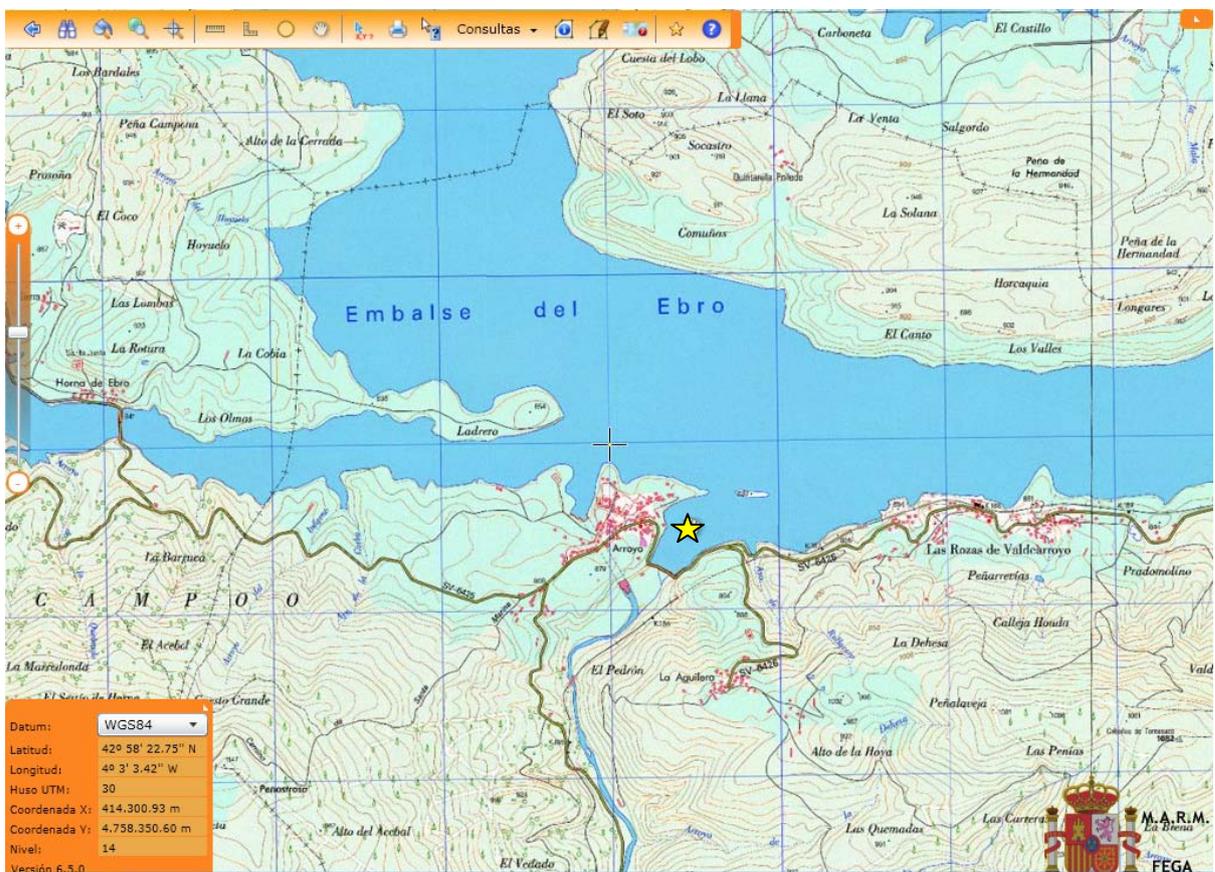
Las aguas del embalse se destinan principalmente al abastecimiento a la población, a los regadíos y al aprovechamiento hidroeléctrico. El uso recreativo también está presente (baño), existiendo un área recreativa en la orilla del embalse. En cambio la navegación no está permitida, ya que se trata de un embalse protegido.

### **2.4. Registro de zonas protegidas**

El embalse del Ebro 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 categorías de zonas de extracción de agua para consumo humano, zonas sensibles a nutrientes (zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE y zonas de protección de hábitats o especies (LICs ES1300013 “Río y embalse del Ebro (Cantabria)” y ES4120090 “Embalse del Ebro. (Castilla y León)”. ZEPAs ES0000252 “Embalse del Ebro. (Cantabria)” y ES0000191 “Embalse del Ebro. (Castilla y León)”.

### 3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa (ver **Figura 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 20 de Julio de 2010, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fito y zooplancton.

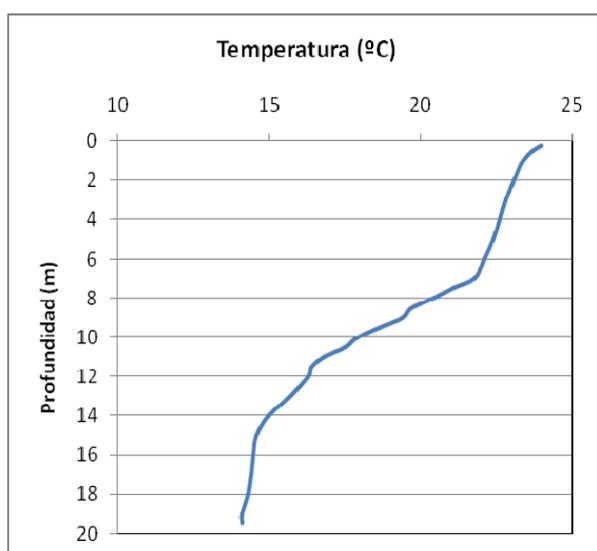


**Figura 1.** Localización de la estación de muestreo en el embalse.

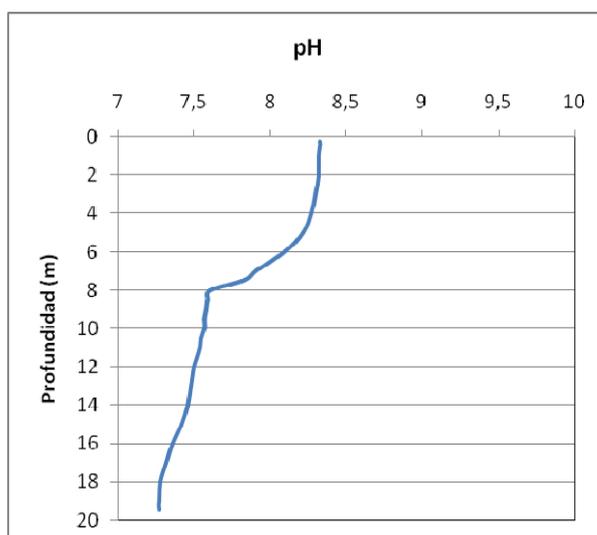
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

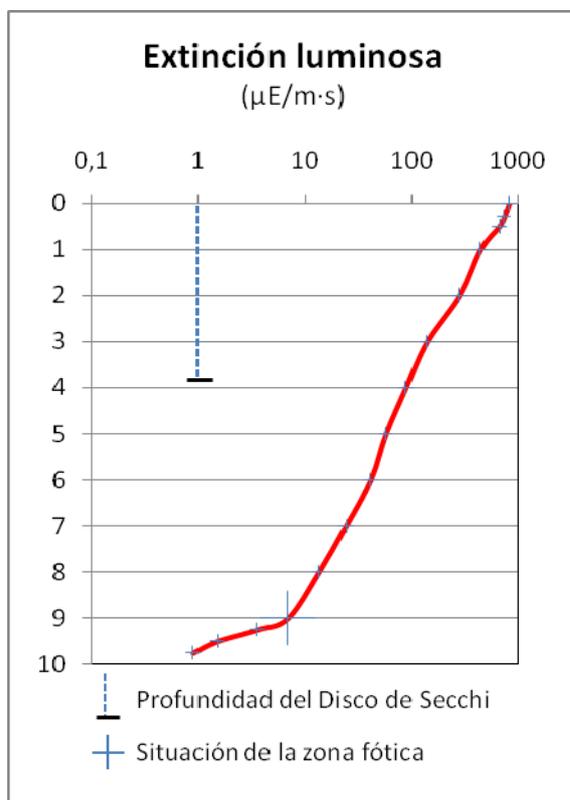
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura del agua oscila entre los 14,1 °C en el fondo y los 23,7 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (20 Julio 2010) aparece termoclina entre 7 y 11 m.

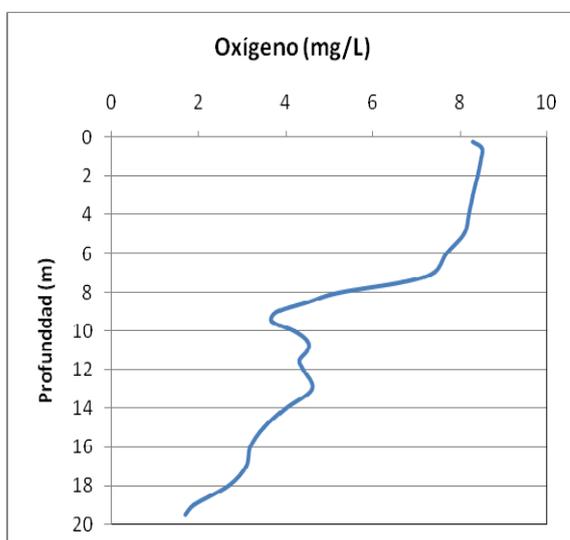


El pH del agua en superficie es de 8,33 y, en el fondo de 7,27.

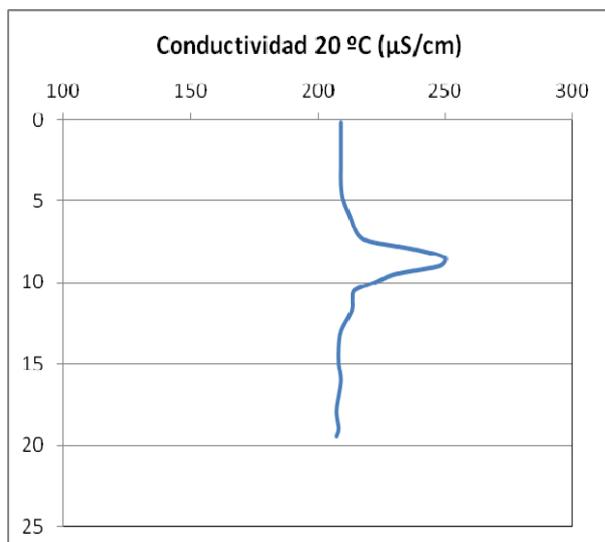


La transparencia del agua registrada en la lectura del disco de Secchi (DS) es de 3,90 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,75 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 8,5 m, por lo que a efectos de muestreo se considera integrar 9 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 9 m de profundidad) fue de 3,22 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,15 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O<sub>2</sub>/L).



La conductividad del agua es de 209  $\mu\text{S/cm}$  en la superficie y de 207  $\mu\text{S/cm}$  en el fondo. Sin embargo, se ha detectado un valor máximo de 250  $\mu\text{S/cm}$  situado a una profundidad de 8,5 m, tal y como puede observarse en los perfiles. Se puede pensar en un incremento debido a la presencia de una corriente de densidad de origen fluvial.

#### 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2010 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 18,44  $\mu\text{g P/L}$ .
- La concentración de P soluble fue inferior al límite de detección, establecido en 0,15  $\mu\text{g P/L}$ .
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,43 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,19 mg N /L.
- La concentración de amonio ( $\text{NH}_4$ ) fue de 0,039 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,14 mg  $\text{SiO}_2/\text{L}$ .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,37 meq/L.

### 4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 27 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	8
CHRYSOPHYCEAE	1
CHLOROPHYCEAE	5
CONJUGATOPHYCEAE	4
CYANOBACTERIA	2
CRYPTOPHYTA	4
DINOPHYTA	2
XANTHOPHYTA	1

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en el siguiente cuadro:

**CUADRO 2**

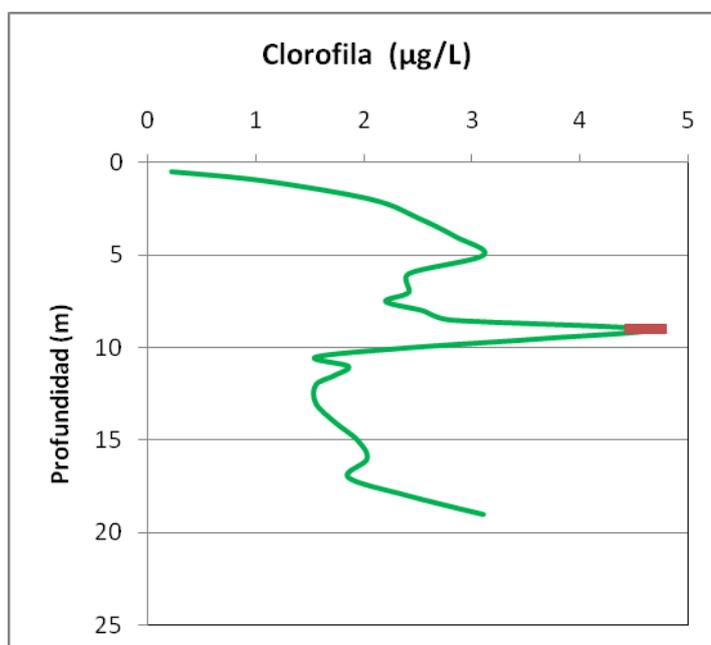
**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON**

Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	4536,46
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	µm <sup>3</sup> /ml	722565
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Cyanobacteria
Nº células/ml		3416,31
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Merismopedia punctata</i> Meyen
Nº células/ml		2581,09
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Cryptophyta
µm <sup>3</sup> /ml		171629

ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOUMEN)	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	122183

La diversidad calculada para el fitoplancton según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 2,26.

La concentración de clorofila fue de 2,80  $\mu\text{g/L}$  en la muestra integrada (profundidad indicada con la línea roja). Se observa en el perfil medido por fluorimetría un máximo a los 9 m de profundidad.



#### 4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse del Ebro se han identificado un total de 15 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Cladocera
- 2 Copepoda
- 9 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 3**):

**CUADRO 3**  
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

PROFUNDIDAD	m	8,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	293,7
BIOMASA TOTAL	µg/L	71,25
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
	individuos/L	268,33
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
	individuos/L	232,0
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Copépodos
	µg/L	31,27
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Eudiatomus vulgaris</i>

µg/L	29,65	
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)	0 - 16 m	
CLADÓCEROS: 7 %	COPÉPODOS: 22 %	ROTÍFEROS: 71 %

Las larvas de *Dreissena polymorpha* no se han observado en el plancton de red.

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2010, está caracterizada por la densidad del rotífero *Polyarthra dolichoptera* con un 79 % de la densidad total de individuos, mientras que la mayor biomasa corresponde al copépodo *Eudiaptomus vulgaris*, con un 26 % del total, seguida del rotífero *Polyarthra dolichoptera* con un 17 % y el cladóceros *Daphnia pulicaria* con el 15 %.

La diversidad calculada para el zooplancton según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 1,28.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerando los indicadores especificados en el **Cuadro 4** para los valores medios en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 4**  
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 a ( $\mu\text{g/L}$ ) en	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 5** 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.

**CUADRO 5**  
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DEL EBRO

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	18,44	Mesotrófico
CLOROFILA A	2,80	Mesotrófico
DISCO SECCHI	3,90	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	4536	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	3,25	<b>MESOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, el fósforo total (PT), la Clorofila a y la densidad algal indican un estado de mesotrofia. Mientras que, los resultados obtenidos según la transparencia (DS) clasifican al embalse como oligotrófico. El estado trófico final para el embalse del EBRO se ha propuesto como **MESOTRÓFICO**.

## 6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

### a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 6**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 6**

PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	<100	100-10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	>10 <sup>5</sup>
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
		<i>Trophic Index (TI)</i>	<2,06	2,06-2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	>4,2	3,4-4,2	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8
	<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</b>			4, 2 -5	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	1-1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O <sub>2</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración PT (µg P /L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)</b>			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento fitoplancton.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es

igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el indicador fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 7** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

**CUADRO 7**

**DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DEL EBRO.**

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	4536	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	2,80	Moderado
		Biovolumen algal(mm <sup>3</sup> /L)	0,72	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,24	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	1,39	Malo
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,12	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	6,4	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	5,18	Bueno
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			3,1	<b>MODERADO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,90	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	3,60	Deficiente
	Nutrientes	Concentración de P (µg/L P)	18,44	Moderado
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			3,0	<b>NO AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>

**Aproximación normativa (*PEnorm*)**

Se han considerando los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase bueno-moderado (B/M), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en el **Cuadro 8**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

**CUADRO 8**

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO ( $VR_t$ ) Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE POTENCIAL ECOLÓGICO (B/M, BUENO-MODERADO) DE LOS INDICADORES DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD DE EMBALSES (*ORDEN ARM/2656/2008*).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a $mg/m^3$	2	9,5	0,21
			Biovolumen $mm^3/L$	0,36	1,9	0,19
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,1	10,6	0,97
			Porcentaje de cianobacterias	0	9,2	0,91
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a $mg/m^3$	2,6	6	0,43
			Biovolumen $mm^3/L$	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a $mg/m^3$	2,6	6	0,43
			Biovolumen $mm^3/L$	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a $mg/m^3$	2,6	6	0,43
			Biovolumen $mm^3/L$	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a $mg/m^3$	2,6	6	0,43
			Biovolumen $mm^3/L$	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 9** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PEnorm*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

**CUADRO 9**

DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE<sub>norm</sub>*) DEL EMBALSE DEL EBRO.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE<sub>norm</sub></i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	0,93	Bueno
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	1,05	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	0,997	No alcanza
		Porcentaje de cianobacterias	0,25	No alcanza
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			4,0	<b>BUENO</b>
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,90	Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	3,60	Deficiente
	Nutrientes	Concentración de P (µg P/L)	18,44	Moderado
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			3,0	<b>NO AS FUN</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b>			<b>MODERADO</b>	

---

**ANEXO I**  
REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---



**Foto 1:** Vista de la presa del embalse



**Foto 2:** Vista del punto de acceso y pantalán averiado en el embalse