



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE PENA
AÑO 2010



VNIVERSITAT Æ 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 |
|---|------------------|
| <u>1. INTRODUCCIÓN</u> | <u>1</u> |
| <u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u> | <u>2</u> |
| 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 |
| <u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u> | <u>5</u> |
| <u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u> | <u>6</u> |
| 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 |
| <u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u> | <u>14</u> |
| <u>6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u> | <u>15</u> |

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Pena 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

La cuenca vertiente del embalse de Pena se ubica en el dominio Ibérico Maestrazgo Catalánides. El área engloba los macizos mesozoicos de la terminación oriental de la Cordillera Ibérica y su enlace con la Cordillera Costero-Catalana. Orográficamente comprende los macizos montañosos del Maestrazgo, Sierra de San Just, puertos de Beceite y Sierra del Boix.

El embalse de Pena se sitúa dentro del término municipal de Valderrobres, en la provincia de Teruel. Regula las aguas del río Pena.

Desde un punto de vista geológico, el embalse de Pena se encuentra ubicado entre materiales del Cretácico Superior y del Paleógeno como calizas, margas, dolomías y lutitas.

Tipo de clasificación: 10. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de pequeñas dimensiones de geometría alargada y regular.

La cuenca vertiente al embalse de Pena tiene una superficie total de 6258,57 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 17,88 Hm³, que coincide con la capacidad util. Caracterizado por una profundidad media de 14,7 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 31 m.

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

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE PENA

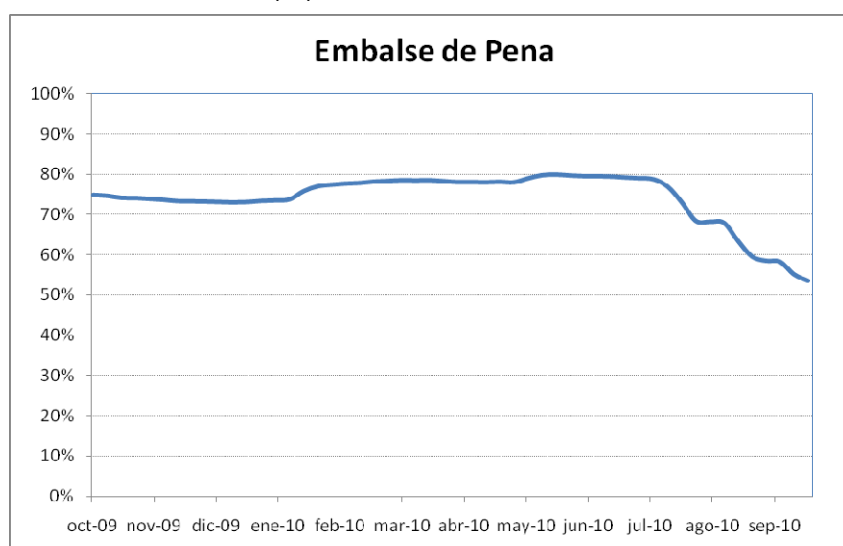
| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Superficie de la cuenca | 160 Km ² |
| Capacidad total N.M.N. | 17,88 Hm ³ |
| Capacidad útil | 17,88 Hm ³ |
| Aportación media anual | 5,50 Hm ³ |
| Superficie inundada | 149 ha |
| Cota máximo embalse normal | 617,03 msnm |

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda. En la fecha de la realización del muestreo la termoclina se sitúa entre 7 y 10 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 12,0 metros de profundidad.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Pena para el año hidrológico 2009-2010 fue de 25,6 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 riego y al abastecimiento de la población. Los usos recreativo y deportivo también son significativos, permitiéndose la navegación (con condiciones poco favorables para el remo, no es apto para vela y motor) en este embalse.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Pena no forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en ninguna de sus categorías.

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 28 de Junio 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.

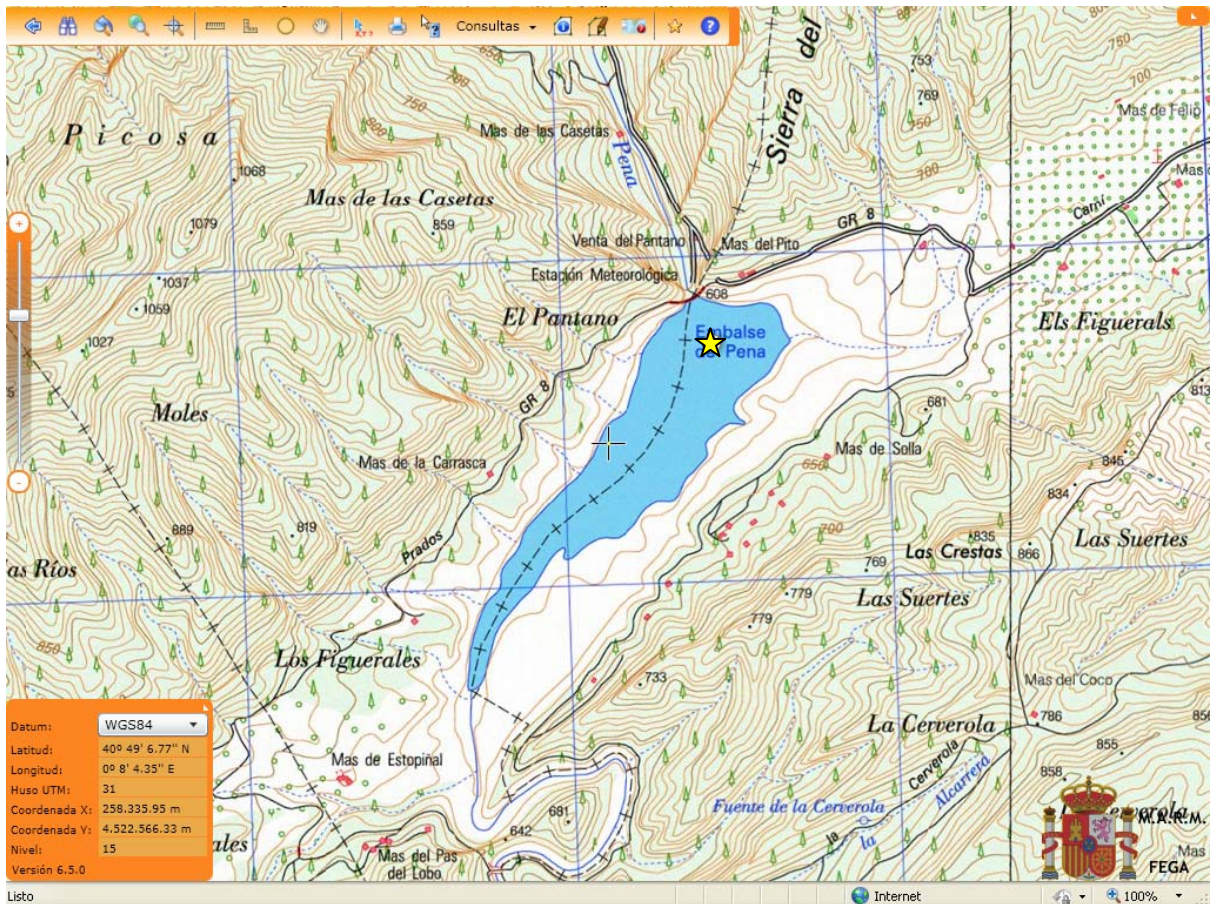
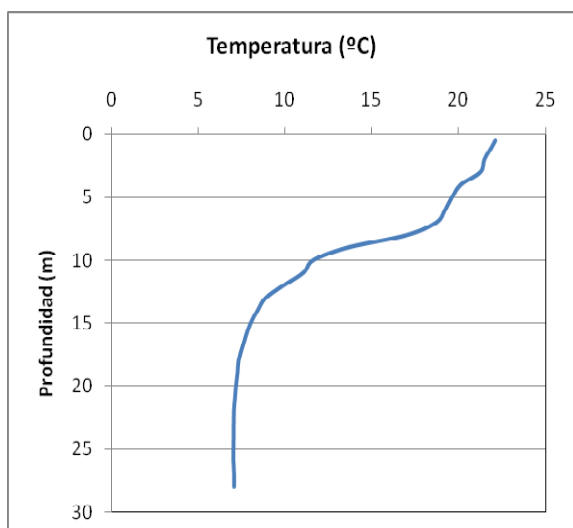


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

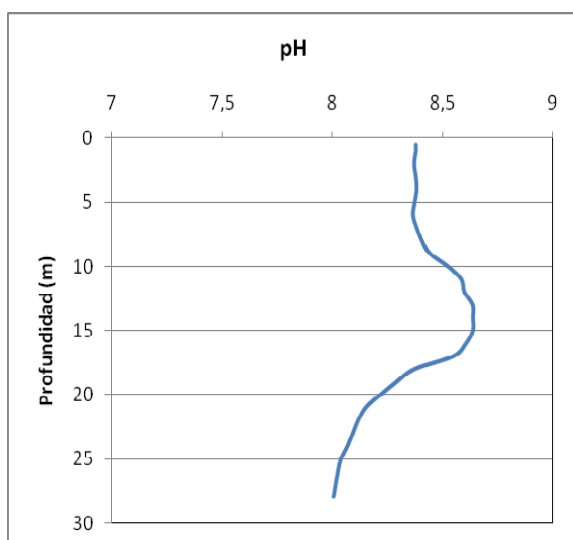
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

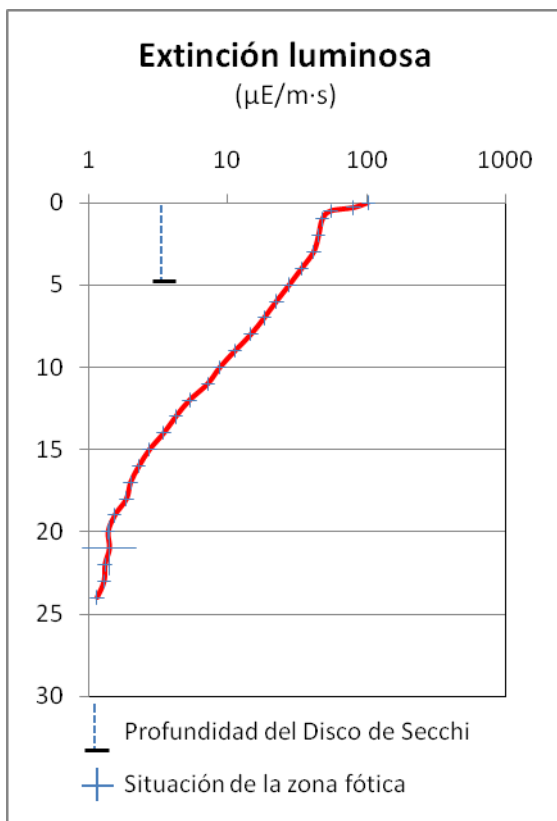
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura del agua oscila entre los 7,0 °C – en el fondo- y los 22,1 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2010) la termoclina se sitúa entre 7 y 10 m de profundidad.

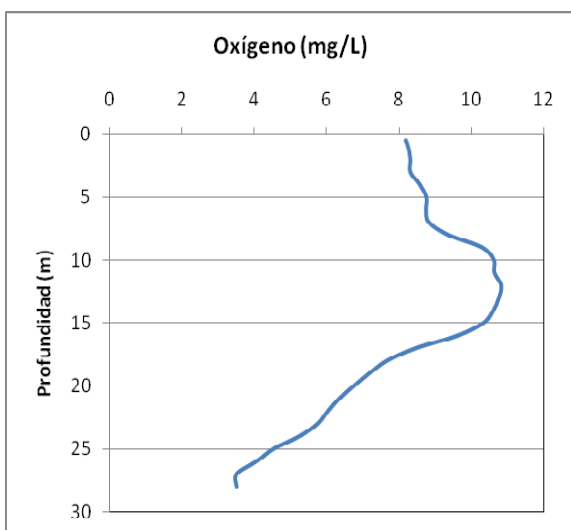


El pH del agua en la superficie es ligeramente básico, siendo el valor de 8,37. En el fondo del embalse el valor del pH es de 8,00. Este valor corresponde con mínimo hipolimnético. El valor máximo es de 8,63 y se encuentra a 15 m de profundidad, coincidiendo también con la zona máxima profunda de clorofila y de oxígeno disuelto.

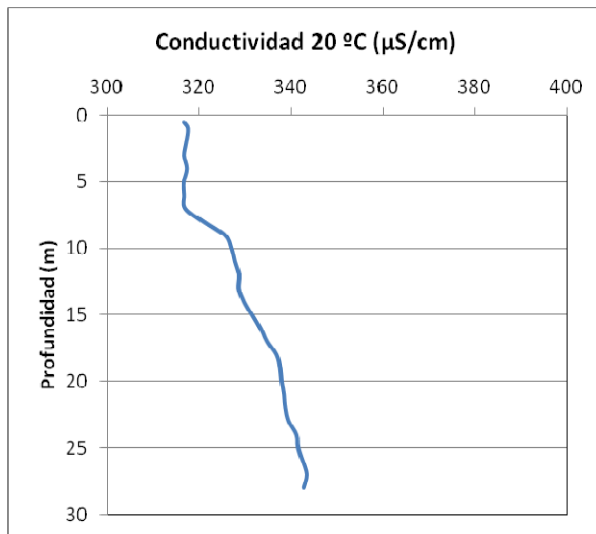


La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 4,80 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 12,0 metros. Sin embargo, la obtenida mediante medidor de PAR alcanza los 21 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 0,49 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,49 mg/L. En el hipolimnion la concentración media alcanza 7,14 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L). El valor máximo, como se ha comentado, se encuentra a 12 m de profundidad, con una concentración de 10,82 mg/L.



La conductividad del agua es de 316 $\mu\text{S/cm}$ en la superficie y va aumentando suavemente con la profundidad hasta alcanzar el valor de 343 $\mu\text{S/cm}$ en el fondo del embalse.

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 1,78 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,16 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,13 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,01 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,049 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,10 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,86 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 26 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

| | |
|-------------------|----|
| BACILLARIOPHYCEAE | 10 |
| CHRYSOPHYCEAE | 6 |
| CHLOROPHYCEAE | 3 |
| CYANOBACTERIA | 1 |
| CRYPTOPHYTA | 3 |
| DINOPHYTA | 3 |

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

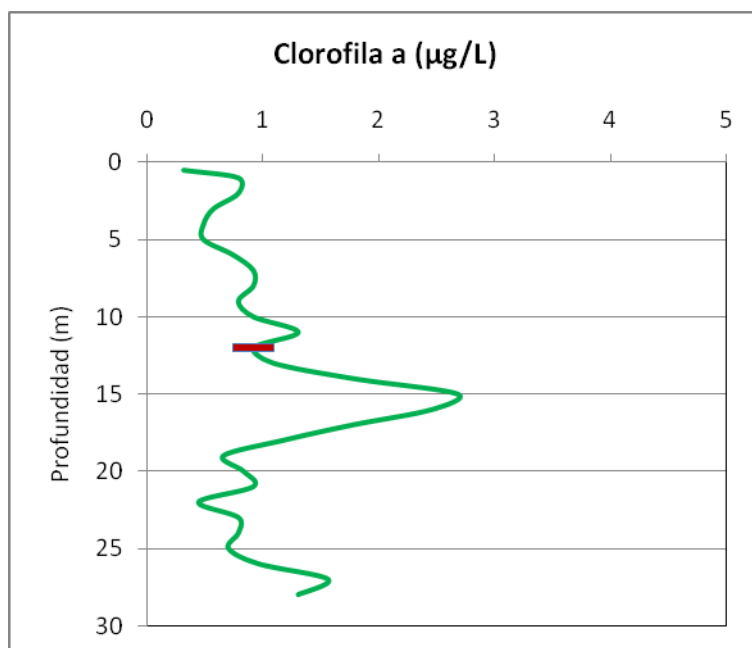
CUADRO 2

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

| | | |
|--|---------------------|---|
| Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON | nº cel/ml | 389,21 |
| BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON | µm ³ /ml | 212839 |
| CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD) | | Bacillariophyceae |
| | Nº células/ml | 240,23 |
| ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD) | | <i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek |
| | Nº células/ml | 186,23 |
| CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN) | | Dinophyta |
| | µm ³ /ml | 139960 |
| ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN) | | <i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin |
| | µm ³ /ml | 81455 |

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 2,73.

La concentración de clorofila fue de 0,73 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada, cuya profundidad se muestra en la figura con una línea roja. El perfil vertical mediante sonda fluorimétrica muestra un valor máximo profundo a 15 m.



4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Pena se han identificado un total de 11 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 2 Cladocera
- 6 Copepoda
- 3 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 | 14,0 |
| DENSIDAD TOTAL | individuos/L | 32,4 |
| BIOMASA TOTAL | µg/L | 13,16 |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Rotíferos |
| | individuos/L | 20,93 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | <i>Polyarthra dolichoptera</i> |
| | individuos/L | 15,9 |
| CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA) | | Cladóceros |
| | µg/L | 8,70 |
| ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA) | | <i>Daphnia longispina</i> |
| | µg/L | 7,74 |

| | | |
|--|-----------------|-----------------|
| COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical) | 0 - 24 m | |
| CLADÓCEROS: 11 % | COPÉPODOS: 41 % | ROTÍFEROS: 48 % |

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 2,32.

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 (µg/L P) | 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 (µg/L) epilimnion | 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 DE PENA

| INDICADOR | VALOR | ESTADO TRÓFICO |
|-----------------------------|-------|--------------------------|
| P TOTAL | 0,18 | Ultraoligotrófico |
| CLOROFILA A | 0,73 | Ultraoligotrófico |
| DISCO SECCHI | 4,80 | Oligotrófico |
| DENSIDAD ALGAL | 389 | Oligotrófico |
| ESTADO TRÓFICO FINAL | 4,5 | ULTRAOLIGOTRÓFICO |

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de clorofila y fósforo total, califican el embalse en el rango de ultraoligotrofia. El resto de parámetros, transparencia (DS) y densidad algal, indican un estado de oligotrofia. El estado trófico final para el embalse de PENA se ha propuesto como **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

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 ³ | 10 ³ -10 ⁴ | 10 ⁴ -10 ⁵ | >10 ⁵ |
| | | Biomasa algal, Clorofila a (µg/L) | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | >25 |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /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 | |
| INDICADOR BIOLÓGICO (1) | | | 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 ₂ (mg O ₂ /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 |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO (2) | | | >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 DE PENA.

| Indicador | Elementos | Parámetros | Valor | Potencial |
|--------------------------------|---------------|---|--------------|---------------|
| Biológico | Fitoplancton | Densidad algal (cel/ml) | 389 | Bueno |
| | | Clorofila a (µg/L) | 0,73 | Máximo |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | 0,21 | Bueno |
| | | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i> | 4,64 | Máximo |
| | | <i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i> | 2,58 | Deficiente |
| | | <i>Trophic Index (TI)</i> | 2,18 | Bueno |
| | | <i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i> | 4,9 | Bueno |
| | Zooplancton | <i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i> | 5,2 | Bueno |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | 4,0 | BUENO |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 4,80 | Bueno |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg/L O ₂) | 7,33 | Bueno |
| | Nutrientes | Concentración de P (µg/L P) | 0,18 | Máximo |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | 4,3 | MÁXIMO |
| POTENCIAL ECOLÓGICO | | | BUENO | |

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 (*PE_{norm}*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

CUADRO 9

DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE PENA.

| Indicador | Elementos | Parámetros | Valor RCE | <i>PE_{norm}</i> |
|---|---------------|---|---------------|--------------------------|
| Biológico | Fitoplancton | Clorofila a (µg/L) | 3,56 | Máximo |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | 3,57 | Máximo |
| | | Índice de Catalán (IGA) | 1,001 | Máximo |
| | | Porcentaje de cianobacterias | 0,93 | Bueno |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | 5 | MÁXIMO |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 4,80 | Bueno |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 7,33 | Bueno |
| | Nutrientes | Concentración de P (µg P/L) | 0,18 | Máximo |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | 4,3 | MÁXIMO |
| POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i> | | | MÁXIMO | |

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista general del embalse desde el punto de acceso