



EXPLOTACIÓN DE LA RED DE SEGUIMIENTO DE EMBALSES EN APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE YESA



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

EXPLOTACIÓN DE LA RED DE SEGUIMIENTO DE EMBALSES EN APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna y María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia Estudi General

EQUIPO DE TRABAJO:

Área de Limnología, dirigida por Dr. Eduardo Vicente Pedrós, Catedrático de Ecología. Director del Estudio.

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

70.862,60 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE YESA

AÑO DE EJECUCIÓN:

2014

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2014



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la cola del embalse de Yesa desde el punto de toma de muestras.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2014). Explotación de la red de seguimiento de embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. 208 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

ÍNDICE

| | Página |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE..... | 7 |
| 2.1. <i>Ámbito geológico y geográfico</i> | <i>7</i> |
| 2.2. <i>Características morfométricas e hidrológicas</i> | <i>8</i> |
| 2.3. <i>Usos del agua</i> | <i>9</i> |
| 2.4. <i>Registro de zonas protegidas.....</i> | <i>9</i> |
| 3. TRABAJOS REALIZADOS | 10 |
| 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... | 11 |
| 4.1. <i>Características fisicoquímicas de las aguas</i> | <i>11</i> |
| 4.2. <i>Hidroquímica del embalse.....</i> | <i>14</i> |
| 4.3. <i>Fitoplancton y concentración de clorofila</i> | <i>15</i> |
| 4.4. <i>Zooplancton.....</i> | <i>19</i> |
| 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO | 21 |
| 6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO | 22 |
| ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO | |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2014. | 9 |
| Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse. | 10 |
| Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH | 11 |
| Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto | 12 |
| Figura 5. Perfil vertical de la conductividad | 13 |
| Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i> | 16 |
| Figura 7. Fotografía de la presa del embalse. | 28 |
| Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse. | 28 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Yesa | 8 |
| Tabla 2. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton. | 15 |
| Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton. | 16 |
| Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton. | 19 |
| Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton. | 20 |
| Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. | 21 |
| Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Yesa. | 21 |
| Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. | 22 |
| Tabla 9. Combinación de los indicadores. | 23 |
| Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Yesa. | 23 |
| Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (Orden ARM/2656/2008). | 24 |
| Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. | 25 |
| Tabla 13. Combinación de los indicadores. | 25 |
| Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Yesa. | 26 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Yesa durante los muestreos de 2014 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 aspecto del embalse durante el periodo estudiado (verano 2014, correspondiente al año hidrológico 2013-2014).

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 al embalse de Yesa se sitúa entre los Macizos Vascos y el área occidental de la Cordillera Pirenaica. Queda delimitado al norte por la frontera Hispano-Francesa, y al sur por el gran sinclinorio de Guarga. El embalse se encuentra dentro del término municipal de Yesa en la provincia de Navarra. Regula las aguas del río Aragón.

Los materiales geológicos sobre los que se encuentra el embalse, son del Eoceno medio (Biarritziense): margas, turbiditas en la zona de Yesa; y del Cuaternario indiferenciado: gravas, arenas, limos y arcillas.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones, de geometría alargada, irregular y poco sinuosa.

La cuenca vertiente al embalse de Yesa tiene una superficie total de 217908,28 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 447 hm³. Caracterizado por una profundidad media de 22,5 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 60,7 m.

En la tabla 1 se presentan las características morfométricas del embalse.

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Yesa.

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Superficie de la cuenca | 2170 km ² |
| Capacidad total N.M.N. | 447 hm ³ |
| Capacidad útil | 411 hm ³ |
| Aportación media anual | 1322 hm ³ |
| Superficie inundada | 2089 ha |
| Cota máximo embalse normal | 488,81 msnm |

Tipo de clasificación: 9, Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en una zona húmeda de la red principal. En el periodo de muestreo no existe termoclina. El límite inferior de la capa fótica se encuentra alrededor de los 11 metros de profundidad cuando se determina con el medidor fotoeléctrico, mientras que el valor estimado con el Disco de Secchi es muy inferior, 6,3 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Yesa para el año hidrológico 2013-2014 se estima en 2,69 meses.

En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida media correspondientes al año hidrológico 2013-2014.

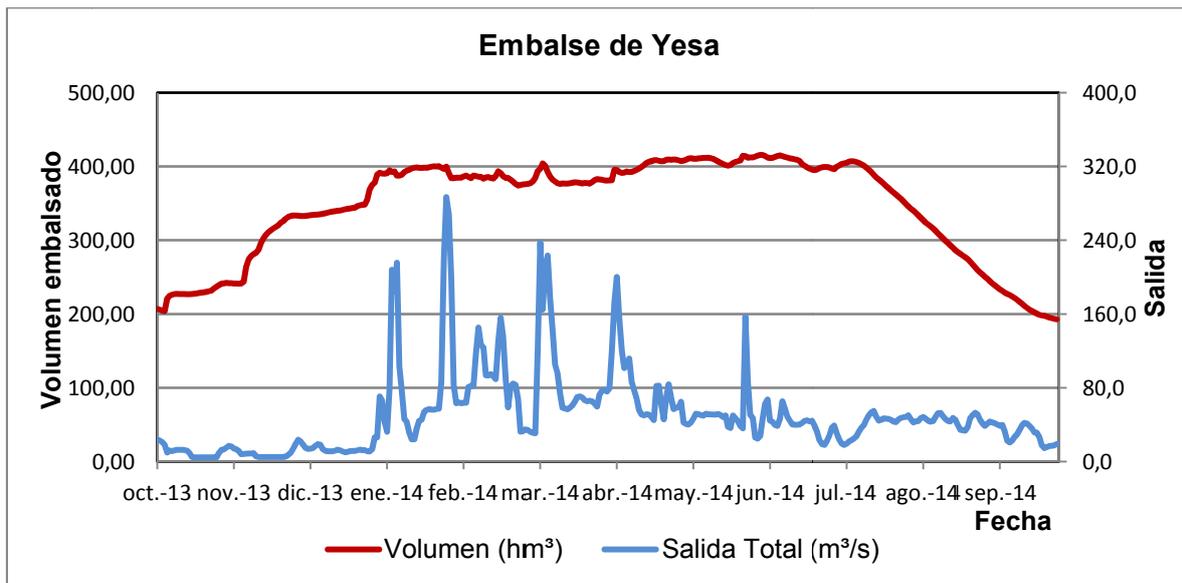


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2014.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al aprovechamiento hidroeléctrico, al abastecimiento de la población y a los regadíos. Además se trata de un embalse muy frecuentado para la realización de actividades recreativas como: pesca, baño y navegación (sin restricciones para la navegación a remo, vela y motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Yesa forma parte de las zonas destinadas al baño reguladas por la Directiva 76/160/CEE, relativa a la calidad de las aguas de baño, transpuesta al Ordenamiento Jurídico Español a través del R.D. 734/1998 de 1 de julio por el que se establecen normas de calidad de las aguas de baño.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa (ver figura 2). Se ha completado una campaña de muestreo el 27 de Agosto de 2014, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y la transparencia en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada y otras puntuales para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

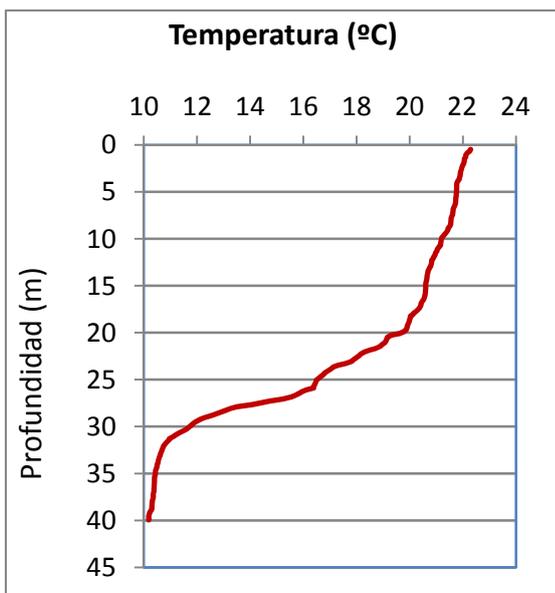


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

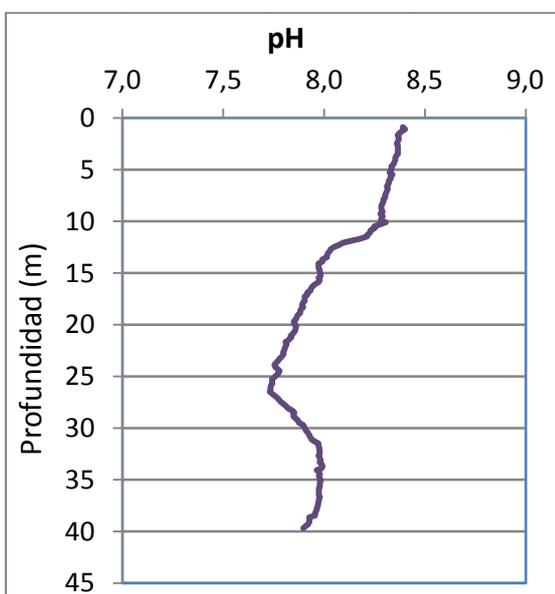
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

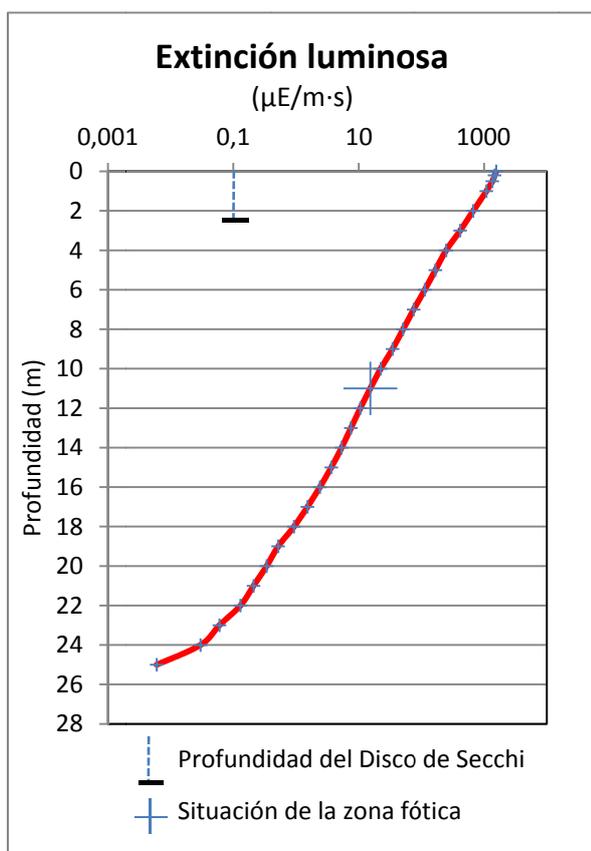


La temperatura del agua oscila entre los 10,18 °C – en el fondo- y los 22,29 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2014) la termoclina se sitúa entre los 20 y 30 metros de profundidad.



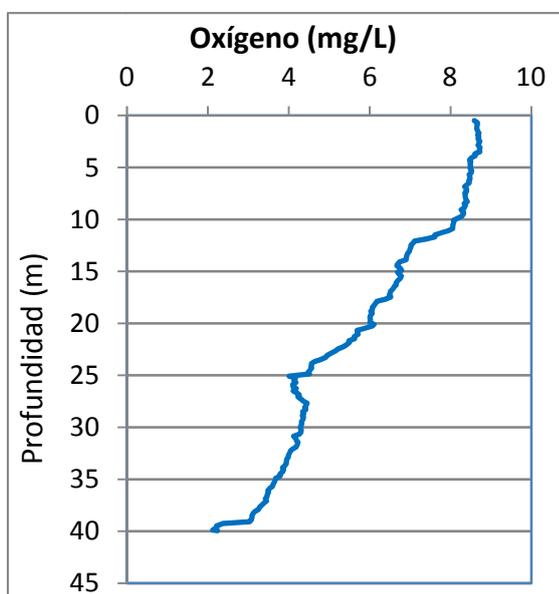
El pH del agua en la superficie es de 8,44. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,90. El valor más bajo se sitúa sobre los 26,6 metros, con un valor de pH de 7,73.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



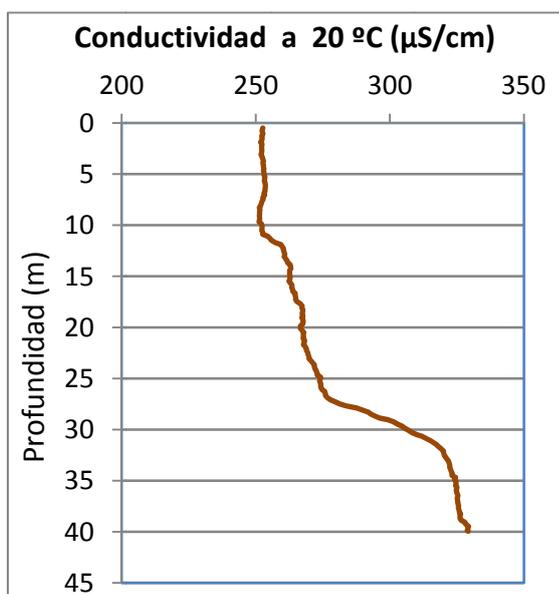
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 2,5 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 6,3 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 11 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 12 m de profundidad) fue de 2,90 UAF.



Las condiciones de oxigenación en la columna de agua alcanzan en el epilimnion una concentración media de 7,63 mg/L. En el hipolimnion las condiciones de oxigenación obtenidas son 3,58 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg/L O_2).

Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto.



La conductividad del agua es de 252 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 329 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

3.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2014 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 8,74 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,33 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,35 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,27 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser <0,01 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,30 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,36 meq/L.

3.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 24 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

| | |
|-------------------|---|
| BACILLARIOPHYCEAE | 3 |
| CHRYSTOPHYCEAE | 4 |
| XANTHOPHYCEAE | 1 |
| CHLOROPHYTA | 5 |
| CYANOBACTERIA | 1 |
| CRYPTOPHYCEAE | 7 |
| DINOPHYCEAE | 3 |

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2:

Tabla 2. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Nº CÉLULAS TOTALES | nº cel./ml | 4871,40 |
| BIOVOLUMEN TOTAL | µm³/ml | 955544 |
| Diversidad Shannon-Wiener | | 1,87 |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Bacillariophyceae |
| Nº células/ml | | 3309,51 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | <i>Cyclotella ocellata</i> |
| Nº células/ml | | 3257,39 |
| CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN) | | Bacillariophyceae |
| Nº células/ml | | 552328 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN) | | <i>Cyclotella ocellata</i> |
| Nº células/ml | | 486405 |

* Nota: Entre paréntesis se cita el anterior nombre de la especie.

La concentración de clorofila fue de 1,94 µg/L en la muestra integrada, cuya profundidad se indica en la figura 6 con una línea roja. Se observa en el perfil vertical realizado con el fluorímetro un valor máximo en la zona epilimnética, sobre los 6,7 m de profundidad.

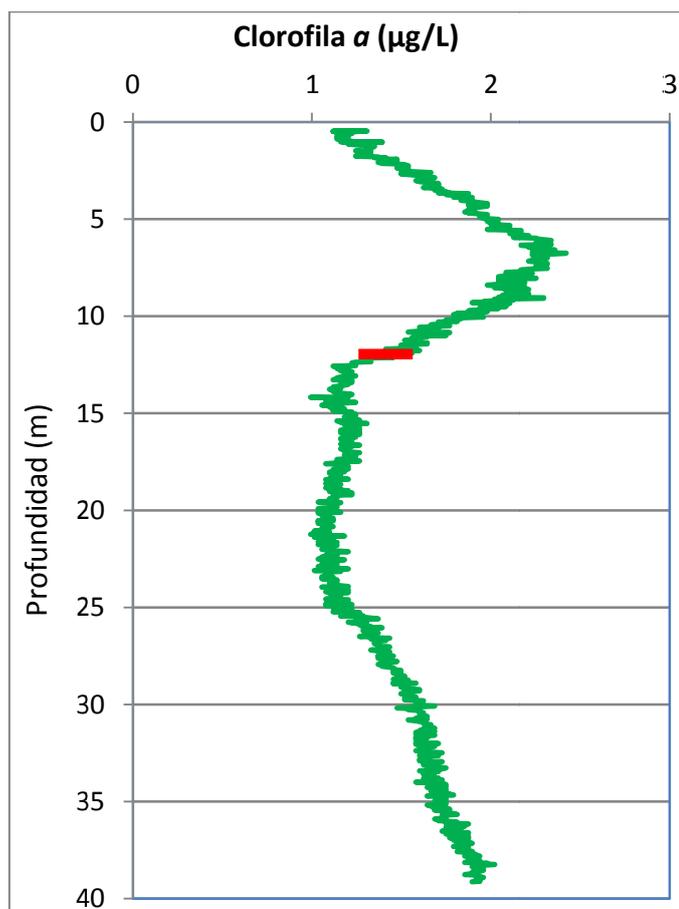


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

La composición de la población fitoplanctónica de la muestra integrada de la zona fótica indicando su abundancia y biovolumen, y la densidad cualitativa de la muestra integrada de fitoplancton del muestreo vertical con red de plancton, muestran los resultados de la tabla 3:

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

| | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOVOLUMEN | CUALITATIVO |
|------------|-------------------------------------|------------|---------------------------|-------------|
| COD_EMB_LW | FITOPLANCTON | cél./ml | $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ | |
| | BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/ | | | |
| CYCLOCEL0 | <i>Cyclotella ocellata</i> | 3257,39 | 486405 | 4 |
| CYCLRADI0 | <i>Cyclotella radiosa</i> | 42,67 | 59121 | 1 |
| | BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/ | | | |
| ASTEFORM0 | <i>Asterionella formosa</i> | 9,45 | 6802 | 2 |
| NAVICRYH0 | <i>Navicula cryptocephala</i> | | | 1 |
| | CHRYSOPHYCEAE | | | |
| CHRYPLAN0 | <i>Chrysolykos planctonicus</i> | 28,45 | 2979 | |
| CHRYOGEN0 | <i>Chrysochromulina sp.</i> | 184,92 | 9246 | |
| DINOBAVA0 | <i>Dinobryon bavaricum</i> | | | 2 |
| DINOCREN0 | <i>Dinobryon crenulatum</i> | | | 1 |
| DINODIVE0 | <i>Dinobryon divergens</i> | | | 2 |

| | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOVOLUMEN | CUALITATIVO |
|------------|--|------------|---------------------|-------------|
| COD_EMB_LW | FITOPLANCTON | cél./ml | µm ³ /ml | |
| DINOSERT0 | <i>Dinobryon sertularia</i> | | | 1 |
| KEPHPLAN0 | <i>Kephyrion planktonicum</i> | 71,12 | 3575 | |
| OCHROGEN0 | <i>Ochromonas</i> sp. | 4,72 | 2963 | 1 |
| | XANTHOPHYCEAE | | | |
| TRACLENT0 | <i>Trachydiscus lenticularis</i> | 56,90 | 7299 | |
| | CHLOROPHYTA | | | |
| CARTEGEN0 | <i>Carteria</i> sp. | 2,36 | 6076 | |
| COENHIND0 | <i>Coenochloris hindakii</i> | | | 1 |
| CHLAMGEN0 | <i>Chlamydomonas</i> sp. | 4,72 | 2121 | |
| SCENHYST0 | <i>Desmodesmus hystrix</i> (= <i>Scenedesmus hystrix</i>) | 28,34 | 1068 | |
| ELAKGELA0 | <i>Elakatothrix gelatinosa</i> | 2,36 | 126 | |
| COELRETI0 | <i>Hariotina reticulata</i> (= <i>Coelastrum reticulatum</i>) | | | 1 |
| MONONANU0 | <i>Monoraphidium nanum</i> | 170,69 | 4189 | |
| SCENDISC0 | <i>Scenedesmus verrucosus</i> (= <i>Scenedesmus disciformis</i>) | | | 1 |
| | CYANOBACTERIA | | | |
| APHAGRAC0 | <i>Aphanizomenon gracile</i> | | | 1 |
| APHASGEN0 | <i>Aphanocapsa</i> sp. | 711,22 | 69824 | |
| | CRYPTOPHYCEAE | | | |
| CRYPERSO0 | <i>Cryptomonas erosa</i> | 14,17 | 33872 | 1 |
| CRYERREF2 | <i>Cryptomonas erosa</i> var. <i>reflexa</i> | 9,45 | 22581 | |
| CRYPMARS0 | <i>Cryptomonas marsonii</i> | 28,34 | 31163 | 1 |
| CRYPROST0 | <i>Cryptomonas rostratiformis</i> (= <i>Cryptomonas curvata</i>) | 7,09 | 21369 | |
| CHILOGEN0 | <i>Chilomonas</i> sp. | 2,36 | 1603 | |
| PLAGLACU0 | <i>Plagioselmis</i> (= <i>Rhodomonas</i>) <i>lacustris</i> | 156,47 | 22305 | 1 |
| PLAGNANN0 | <i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (= <i>Rhodomonas lacustris</i> var. <i>nannoplanctica</i>) | 71,12 | 4171 | |
| | DINOPHYCEAE | | | |
| CERAHIRU0 | <i>Ceratium hirundinella</i> | 2,36 | 103304 | 2 |
| GYMNWAWR0 | <i>Gymnodinium wawriake</i> | 2,36 | 3918 | |
| PERICINC0 | <i>Peridinium cinctum</i> | 2,36 | 49465 | 1 |
| PERIUMBO0 | <i>Peridinium umbonatum</i> | | | 1 |
| | EUGLENOPHYCEAE | | | |
| EUGLAGILO0 | <i>Euglena agilis</i> | | | 1 |

| | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOVOLUMEN | CUALITATIVO |
|------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|-------------|
| COD_EMB_LW | FITOPLANCTON | cél./ml | $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ | |
| | TOTALES BACILLARIOPHYCEAE | 3309,51 | 552328 | |
| | TOTALES CHRYSOPHYCEAE | 289,21 | 18763 | |
| | TOTALES XANTHOPHYCEAE | 56,90 | 7299 | |
| | TOTALES CHLOROPHYTA | 208,48 | 13580 | |
| | TOTALES CYANOBACTERIA | 711,22 | 69824 | |
| | TOTALES CRYPTOPHYCEAE | 289,00 | 137063 | |
| | TOTALES DINOPHYCEAE | 7,09 | 156687 | |
| | TOTALES ALGAS | 4871,40 | 955544 | |

Nota: Entre paréntesis se cita el anterior nombre de la especie.

| Clases de abundancia | % de presencia |
|----------------------|----------------|
| 1 | <9 |
| 2 | 10-24 |
| 3 | 25-60 |
| 4 | 61-99 |
| 5 | >99 |

3.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Yesa se han identificado un total de 14 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 4 Copepoda
- 6 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 4:

Tabla 4. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR |
|--|--------------|---------------------------------|
| PROFUNDIDAD | m | 12,0 |
| DENSIDAD TOTAL | individuos/L | 60,58 |
| BIOMASA TOTAL | µg/L | 49,61 |
| Diversidad Shannon-Wiener | | 1,10 |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Copépodos |
| individuos/L | | 26,73 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Ciclópido |
| individuos/L | | 25,00 |
| CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA) | | Cladóceros |
| µg/L | | 39,58 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA) | | <i>Diaphanosoma mongolianum</i> |
| µg/L | | 23,08 |
| COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical) | | 0 - 30 m |
| CLADÓCEROS: 37,78 % COPÉPODOS: 44,13 % ROTÍFEROS: 18,10 % | | |

La composición detallada de la población zooplanctónica presente en la muestra cuantitativa de zooplancton indicando la densidad y biomasa, y el porcentaje de las especies presentes en la muestra integrada de la red vertical, se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

| CÓDIGO | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOMASA | PORCENTAJE |
|------------|----------------------------------|------------|---------|------------|
| TAXÓN | ZOOPLANCTON | Ind./L | mg/L | % |
| | CLADÓCEROS | | | |
| BOSMLONG0 | <i>Bosmina longirostris</i> | 1,15 | 1,50 | 1,90 |
| CERIPULC0 | <i>Ceriodaphnia pulchella</i> | 12,50 | 15,00 | 20,63 |
| DIAPMONG0 | <i>Diaphanosoma mongolianum</i> | 9,23 | 23,08 | 15,24 |
| | COPÉPODOS | | | |
| ACANAMER0 | <i>Acanthocyclops americanus</i> | 0,58 | 1,62 | 0,95 |
| EUDIVULG0 | <i>Eudiaptomus vulgaris</i> | 0,77 | 3,44 | 1,27 |
| TROPTRAS0 | <i>Tropocyclops prasinus</i> | 0,38 | 0,19 | 0,63 |
| CYCLOPFAM | Ciclópido | 25,00 | 7,18 | 41,27 |
| | ROTÍFEROS | | | |
| COLLOGEN0 | <i>Collotheca</i> sp. | 1,92 | 0,06 | 3,17 |
| KERACCOCH0 | <i>Keratella cochlearis</i> | 0,19 | 0,01 | 0,32 |
| POLYDOLIO | <i>Polyarthra dolichoptera</i> | 0,58 | 0,03 | 0,95 |
| POLYMAJO0 | <i>Polyarthra major</i> | 5,96 | 0,78 | 9,84 |
| SYNCKITIO | <i>Synchaeta kitina</i> | 1,92 | 0,10 | 3,17 |
| SYNCOBLO0 | <i>Synchaeta oblonga</i> | 0,38 | 0,02 | 0,63 |
| | Total Cladóceros | 22,88 | 39,58 | 37,78 |
| | Total Copépodos | 26,73 | 12,42 | 44,13 |
| | Total Rotíferos | 10,96 | 0,99 | 18,10 |
| | Total | 60,58 | 52,99 | 100,00 |

4. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 6, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 6. 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 ($\mu\text{g/L}$) 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 |
| VALOR PROMEDIO FINAL | > 4,2 | 3,4 – 4,2 | 2,6 – 3,4 | 1,8 – 2,6 | < 1,8 |

En la tabla 7 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.

Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Yesa.

| INDICADOR | VALOR | ESTADO TRÓFICO |
|-----------------------------|------------|---------------------|
| P TOTAL | 8,74 | Oligotrófico |
| CLOROFILA a | 1,94 | Oligotrófico |
| DISCO SECCHI | 2,40 | Mesotrófico |
| DENSIDAD ALGAL | 4871 | Mesotrófico |
| ESTADO TROFICO FINAL | 3,5 | OLIGOTRÓFICO |

Atendiendo a los criterios seleccionados, tanto el fósforo total (PT) como la clorofila a indican un estado de oligotrofia. Mientras que la transparencia según el Disco de Secchi y la densidad algal, clasifican el embalse como mesotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de YESA ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

5. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 8, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.

| Indicador | Elementos | Parámetros | Máximo | Bueno | Moderado | Deficiente | Maló |
|------------------------------------|---|---|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| 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 | 3, 4 -4, 2 | 2,6-3,4 | 1, 8 -2, 6 | < 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) | | | MPE | AS FUN | NO AS FUN | | |
| | | | >4,2 | 3,4-4,2 | <3,4 | | |

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento de menor puntuación (fitoplancton o zooplancton) o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

(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 estado fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico experimental final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 9:

Tabla 9. Combinación de los indicadores.

| Indicador Biológico | Indicador Físicoquímico | Potencial Ecológico Experimental |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Máximo | M P E | Máximo |
| Máximo | As Fun | Bueno |
| Máximo | No As Fun | Moderado |
| Bueno | M P E | Bueno |
| Bueno | As Fun | Bueno |
| Bueno | No As Fun | Moderado |
| Moderado | Indistinto | Moderado |
| Deficiente | Indistinto | Deficiente |
| Malo | Indistinto | Malo |

En la tabla 10 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.

Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Yesa.

| Indicador | Elementos | Parámetros | Valor | Potencial |
|--|---------------|---|------------|------------------|
| Biológico | Fitoplancton | Densidad algal (cel./ml) | 4871 | Moderado |
| | | Clorofila a (µg/L) | 1,94 | Bueno |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | 0,96 | Moderado |
| | | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i> | 4,16 | Máximo |
| | | <i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i> | 3,93 | Bueno |
| | | <i>Trophic Index (TI)</i> | 2,24 | Bueno |
| | | <i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i> | 5,57 | Bueno |
| | Zooplancton | <i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i> | 8,60 | Moderado |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | 3,0 | MODERADO |
| Físicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 2,50 | Moderado |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 3,58 | Deficiente |
| | Nutrientes | Concentración de PT (µg P/L) | 8,74 | Bueno |
| INDICADOR FÍSICOQUÍMICO | | | 3,0 | NO AS FUN |
| POTENCIAL ECOLÓGICO P_{Exp} | | | | MODERADO |

b) Aproximación normativa (PEnorm)

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 11 y 12, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (Orden ARM/2656/2008).

| Tipo | Elemento | Parámetro | Indicador | VR _t | B ⁺ /M (RCE) | M/D (RCE) | D/M (RCE) |
|---------|--------------|-------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Tipo 1 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila a mg/m ³ | 2,00 | 0,211 | 0,14 | 0,07 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,40 | 0,195 | 0,13 | 0,065 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 a mg/m ³ | 2,10 | 0,304 | 0,203 | 0,101 |
| | | | Biovolumen mm ³ /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 |

Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

| | | | RANGOS DEL RCE | | | | |
|--------------------------------|---------------|---|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Indicador | Elementos | Parámetros | Máximo | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| Biológico | Fitoplancton | Clorofila <i>a</i> (µg/L) | ≥ 1 | 0,99 – 0,433 | 0,432 – 0,287 | 0,286 – 0,143 | < 0,143 |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | ≥ 1 | 0,99 – 0,362 | 0,361 – 0,24 | 0,23 – 0,12 | < 0,12 |
| | | Índice de Catalán (IGA) | ≥ 1 | 0,99 – 0,982 | 0,981 – 0,655 | 0,654 – 0,327 | < 0,327 |
| | | Porcentaje de cianobacterias | ≥ 1 | 0,99 – 0,715 | 0,714 – 0,48 | 0,47 – 0,24 | < 0,24 |
| | | | Máximo | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | > 0,8 | 0,6-0,8 | 0,4-0,6 | 0,2-0,4 | < 0,2 |
| | | | RANGOS DE VALORES | | | | |
| Indicador | Elementos | Parámetros | Máximo | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | >6 | 3-6 | 1, 5 -3 | 0, 7 -1,5 | <0, 7 |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (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 |
| | | | MPE | AS FUN | NO AS FUN | | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | >4,2 | 3,4-4,2 | <3,4 | | |

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo final sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla 13:

Tabla 13. Combinación de los indicadores.

| Indicador Biológico | Indicador Fisicoquímico | Potencial Ecológico Normativo |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Máximo | M P E | Máximo |
| Máximo | As Fun | Bueno |
| Máximo | No As Fun | Moderado |
| Bueno | M P E | Bueno |
| Bueno | As Fun | Bueno |
| Bueno | No As Fun | Moderado |
| Moderado | Indistinto | Moderado |
| Deficiente | Indistinto | Deficiente |
| Malo | Indistinto | Malo |

En la tabla 14 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.

Tabla 14. Diagnóstico del potencial ecológico (*PE_{norm}*) del embalse de Yesa.

| Indicador | Elementos | Parámetro | Indicador | Valor | RCE | RCET | <i>PE_{norm}</i> |
|---|---------------|---|---------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------|--------------------------|
| Biológico | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> (µg/L) | 1,94 | 1,34 | 1,24 | Máximo |
| | | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | 0,96 | 0,80 | 0,87 | Bueno |
| | | | Media | | | | 1,06 |
| | | Composición | <i>Índice de Catalán (IGA)</i> | 0,34 | 1,001 | 1,02 | Máximo |
| | | | <i>Porcentaje de cianobacterias</i> | 0,00 | 1,00 | 1,00 | Máximo |
| | | | Media | | | | 1,01 |
| Media global | | | | | | 1,03 | |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | | | | 1,03 | MÁXIMO |
| | | | | | | | |
| Indicador | Elementos | Indicador | Valor | | | <i>PE_{norm}</i> | |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 2,50 | | | Moderado | |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 3,58 | | | Deficiente | |
| | Nutrientes | Concentración de PT (µg P/L) | 8,74 | | | Bueno | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | | 3,0 | | NO AS FUN | |
| POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i> | | | | MODERADO | | | |

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse



Figura 8. Vista del punto de acceso