



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2017

ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE YESA



**ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**





ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO VS. ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Vicente Sancho Tello Valls 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:

89.000,00 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE YESA

AÑO DE EJECUCIÓN:

2017

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2017



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Vista de la cola del embalse de Yesa desde la presa.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2017). Establecimiento de una metodología para el seguimiento del potencial ecológico vs. estado trófico de los embalses de la cuenca del Ebro. 212 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>17</i> |
| 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO | 20 |
| 6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO | 21 |
| 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 2016-2017. | 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 y de la materia orgánica disuelta cromofórica | 13 |
| Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i> | 16 |
| Figura 7. Vista de la presa del embalse | 27 |
| Figura 8. Vista del punto de acceso al embalse. | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Yesa | 8 |
| Tabla 2. Concentración de los diferentes nutrientes analizados en las muestras integradas..... | 14 |
| Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton..... | 15 |
| Tabla 4. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton..... | 16 |
| Tabla 5. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton..... | 18 |
| Tabla 6. Composición detallada de la comunidad de zooplancton..... | 29 |
| Tabla 7. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico. | 20 |
| Tabla 8. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Yesa. | 20 |
| Tabla 9. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental. | 21 |
| Tabla 10. Combinación de los indicadores. | 22 |
| Tabla 11. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Yesa. | 22 |
| Tabla 12. Valores de referencia propios del tipo (VR_i) y límites de cambio de clase de potencial ecológico de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015). | 23 |
| Tabla 13. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo. | 24 |
| Tabla 14. Combinación de los indicadores. | 24 |
| Tabla 15. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Yesa. | 25 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Yesa durante los muestreos de 2017 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 2017, correspondiente al año hidrológico 2016-2017).

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 experimental”, tras la aplicación de los indicadores biológicos, propuestos en la MEMORIA DEL ESTUDIO, y fisicoquímicos, propuestos en la Directiva Marco del Agua.
- Clasificación del “Potencial Ecológico normativo”, 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 | 2179 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 estratificación térmica. El límite inferior de la capa fótica se encuentra alrededor de los 12,0 metros de profundidad cuando se determina con el medidor fotoeléctrico, mientras que el valor estimado con el Disco de Secchi es muy inferior, 7,0 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Yesa para el año hidrológico 2016-2017 se estima en 3,79 meses.

En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida media correspondientes al año hidrológico 2016-2017.

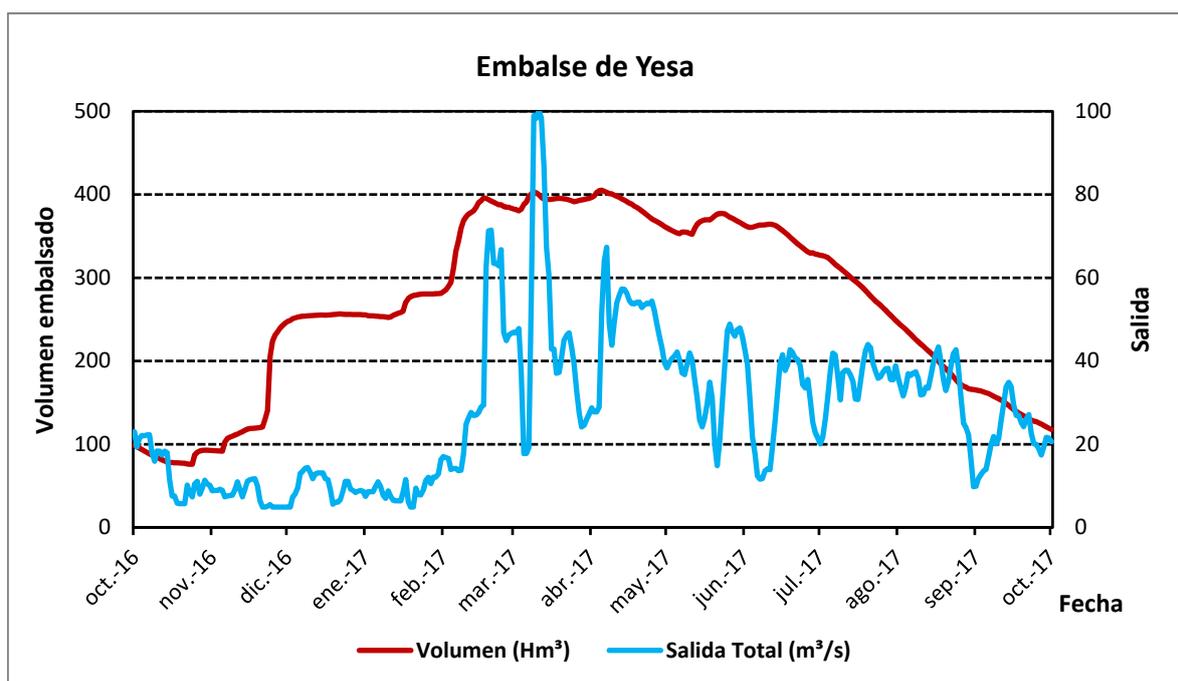


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2016-2017.

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 4 de Julio de 2017, 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.

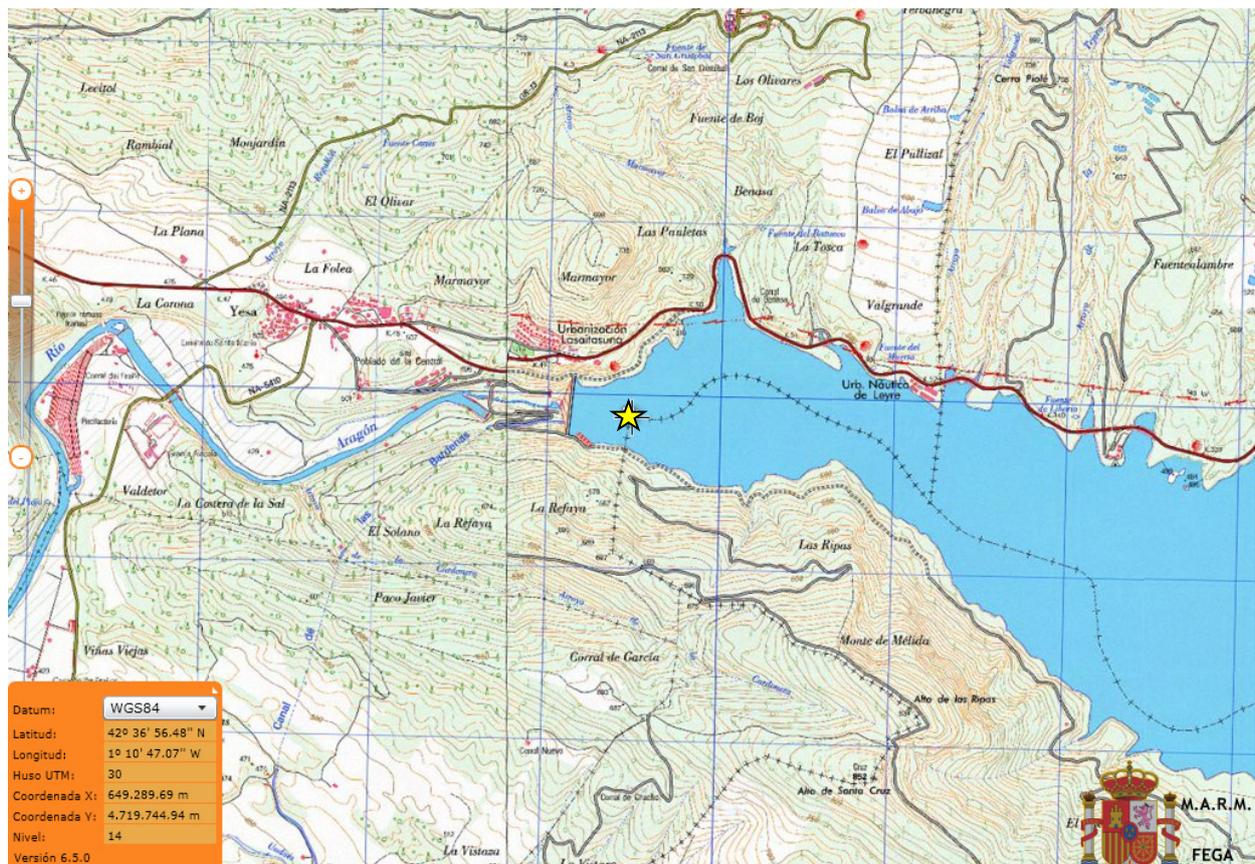
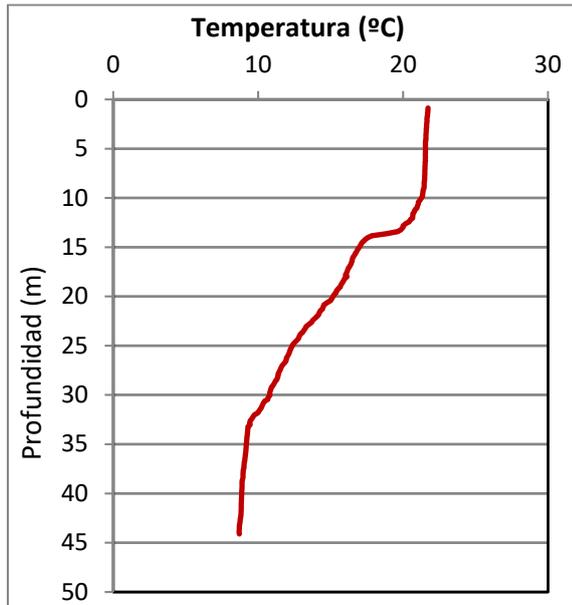


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

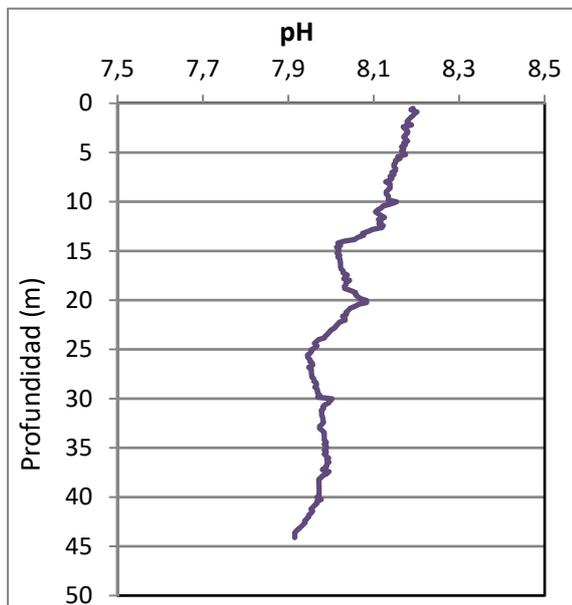
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

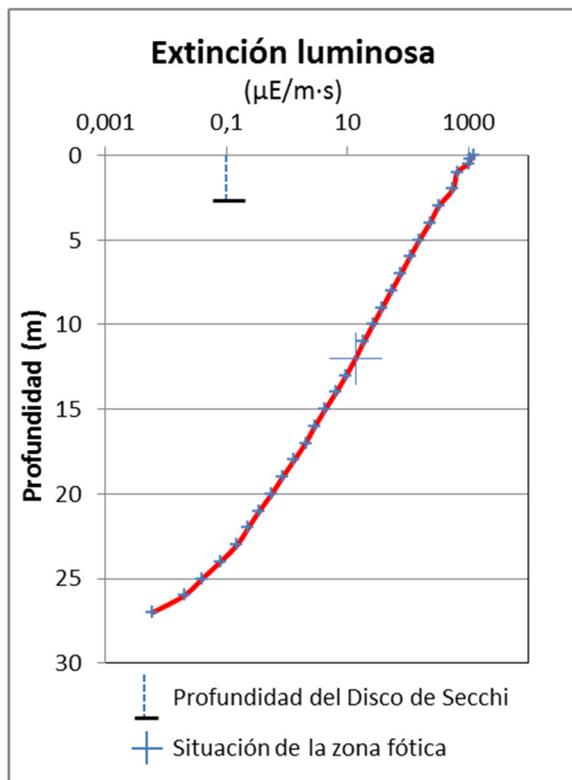


La temperatura del agua oscila entre los 8,79 °C – en el fondo- y los 21,74 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2017) no existe termoclina.



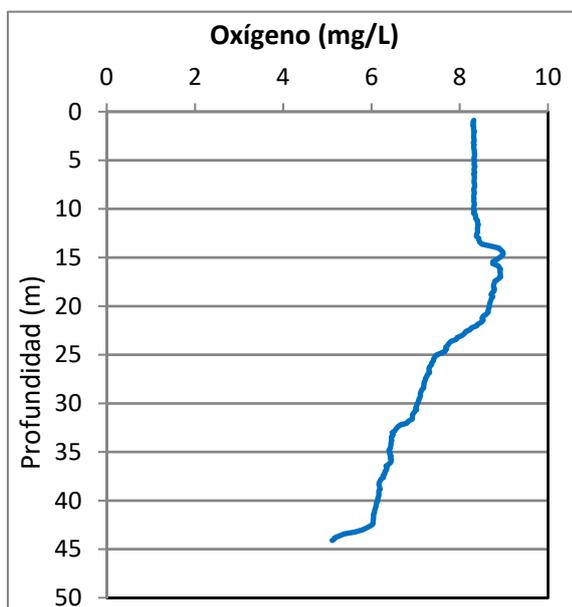
El pH del agua en la superficie es de 8,19 y desciende hasta el fondo del embalse donde se registra un valor de pH de 7,92. Valores máximo y mínimo de la columna de agua.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



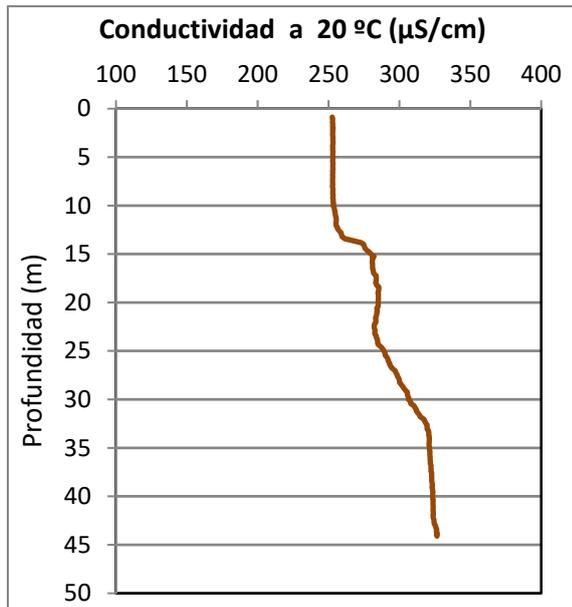
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 2,8 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 7 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 12 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 12 m de profundidad) fue de 2,22 UAF.

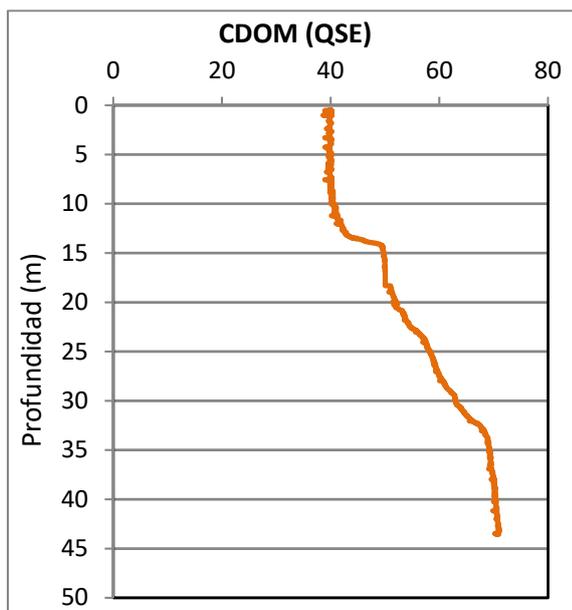


Las condiciones de oxigenación en la columna de agua alcanzan en el epilimnion una concentración media de 8,40 mg/L. En el hipolimnion las condiciones de oxigenación obtenidas son 7,19 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas ($<2 \text{ mg/L O}_2$).

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 326 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo.



El CDOM del agua es de 39 QSE (equivalentes de sulfato de quinina) en la superficie y de 70 QSE en el fondo, valor máximo de CDOM registrado.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad y de la materia orgánica disuelta cromofórica.

3.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2017 en la muestra integrada, se desprenden los resultados de la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de los diferentes nutrientes -analizados en las muestras integradas.

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR |
|--|------------------------|-------|
| PROFUNDIDAD CAPA FÓTICA | m | 12,0 |
| AMONIO | mg NH ₄ /L | 0,017 |
| FÓSFORO TOTAL | µg P/L | 2,24 |
| FÓSFORO SOLUBLE | µg P/L | 0,33 |
| NIO (NO ₃ + NO ₂) | mg N/L | 0,28 |
| NITRÓGENO TOTAL | mg N/L | 0,40 |
| SÍLICE | mg SiO ₂ /L | 1,91 |
| ALCALINIDAD | meq/L | 2,16 |

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 | 1 |
| CHRYSOPHYCEAE | 5 |
| XANTHOPHYCEAE | 1 |
| CHLOROPHYTA | 8 |
| CYANOBACTERIA | 1 |
| CRYPTOPHYCEAE | 5 |
| DINOPHYCEAE | 3 |

La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 3:

Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR |
|--|--------------------------|--|
| Nº CÉLULAS TOTALES | nº cél./ml | 3105 |
| BIOVOLUMEN TOTAL | µm³/ml | 519194 |
| Diversidad Shannon-Wiener | | 1,98 |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Cyanobacteria |
| Nº células/ml | | 1794 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | <i>Aphanocapsa</i> sp. |
| Nº células/ml | | 1794 |
| CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN) | | Bacillariophyceae |
| Nº células/ml | | 281869 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN) | | <i>Cyclotella ocellata</i> (=Lindavia ocellata)* |
| Nº células/ml | | 281869 |

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

La concentración de clorofila fue de 1,68 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 8 m de profundidad.

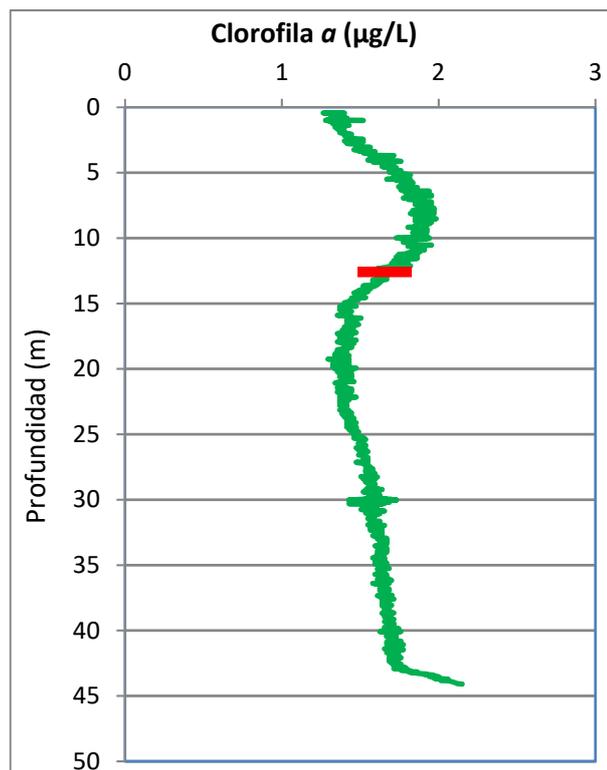


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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.

| COD_EMB_LW | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOVOLUMEN | CUALITATIVO |
|------------|---|------------|---------------------|-------------|
| | FITOPLANCTON | cél./ml | µm ³ /ml | (1 al 5) |
| | BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/ | | | |
| CYCLOCEL0 | <i>Cyclotella ocellata</i> (=Lindavia ocellata) | 2.401 | 663.802 | 4 |
| CYCLRAD10 | <i>Cyclotella radiosa</i> (=Lindavia radiosa) | 1 | 1.163 | |
| | BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/ | | | |
| ASTEFORM0 | <i>Asterionella formosa</i> | 1 | 589 | 2 |
| FRAGIGEN0 | <i>Fragilaria</i> sp. | 4 | 1.292 | 1 |
| | CHRYSOPHYCEAE | | | |
| BITRCHOD0 | <i>Bitrichia chodatii</i> | 1 | 165 | |
| CHRYOGEN0 | <i>Chrysochromulina</i> sp. | 478 | 15.294 | 1 |
| CHRYPLAN0 | <i>Chrysolykos planctonicus</i> | 34 | 3.128 | |
| DINOBAVA0 | <i>Dinobryon bavaricum</i> | 9 | 1.536 | 2 |
| DINODIVE0 | <i>Dinobryon divergens</i> | 3 | 439 | 2 |
| DINOSERT0 | <i>Dinobryon sertularia</i> | | | 1 |
| KEPHPLAN0 | <i>Kephyrion planktonicum</i> | 1 | 63 | |
| OCHROGEN0 | <i>Ochromonas</i> sp. | 27 | 7.200 | |
| SPINIGEN0 | <i>Spiniferomonas</i> sp. | 4 | 6.678 | |
| | CHLOROPHYTA | | | |
| CARTEGEN0 | <i>Carteria</i> sp. | 4 | 9.721 | |



| COD_EMB_LW | COMPOSICIÓN | ABUNDANCIA | BIOVOLUMEN | CUALITATIVO |
|------------|--|--------------|------------------|-------------|
| | FITOPLANCTON | cél./ml | µm3/ml | (1 al 5) |
| COENHIND0 | <i>Coenochloris hindakii</i> | 68 | 2.288 | 2 |
| CHLAMGEN0 | <i>Chlamydomonas</i> sp. | 3 | 452 | 1 |
| CHORCHOD0 | <i>Choricystis chodatii</i> | 23 | 751 | |
| DICTPULC0 | <i>Dactylosphaerium pulchellum</i> | | | 1 |
| SCENHYST0 | <i>Desmodesmus hystrix</i> (=Scenedesmus hystrix) | 46 | 1.716 | |
| DIDYFINA0 | <i>Didymocystis fina</i> | 18 | 185 | |
| ELAKGELA0 | <i>Elakathrix gelatinosa</i> | 6 | 267 | 1 |
| KIRCCORN0 | <i>Kirchneriella cornuta</i> | 102 | 2.413 | |
| SCENLINE0 | <i>Scenedesmus ellipticus</i> (=Scenedesmus linearis) | 40 | 3.377 | 1 |
| SCENDISC0 | <i>Scenedesmus verrucosus</i> (=Scenedesmus disciformis) | | | 1 |
| | CYANOBACTERIA | | | |
| APHASGEN0 | <i>Aphanocapsa</i> sp. | 1.707 | 894 | |
| | CRYPTOPHYCEAE | | | |
| CRYPERSO0 | <i>Cryptomonas erosa</i> | 6 | 15.054 | |
| CRYPMARS0 | <i>Cryptomonas marsonii</i> | 8 | 4.305 | 1 |
| CRYPOVAT0 | <i>Cryptomonas ovata</i> | 1 | 4.575 | |
| PLAGLACU0 | <i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris | 91 | 6.951 | 1 |
| | DINOPHYCEAE | | | |
| CERAHIRU0 | <i>Ceratium hirundinella</i> | 1 | 55.096 | 1 |
| GYMNUBER0 | <i>Gymnodinium uberrimum</i> | 11 | 150.057 | 1 |
| GYMNWAWR0 | <i>Gymnodinium wawriake</i> | 23 | 37.609 | |
| KATODGEN0 | <i>Katodinium</i> sp. | 8 | 5.413 | |
| PERICINC0 | <i>Peridinium cinctum</i> | | | 1 |
| PERIUMBO0 | <i>Peridinium umbonatum</i> (=Parvodinium umbonatum) | 1 | 2.992 | 1 |
| | EUGLENOPHYCEAE | | | |
| EUGLAGILO0 | <i>Euglena agilis</i> | 1 | 5.573 | |
| | TOTALES BACILLARIOPHYCEAE | 2.407 | 666.847 | |
| | TOTALES CHRYSOPHYCEAE | 556 | 34.503 | |
| | TOTALES CHLOROPHYTA | 310 | 21.170 | |
| | TOTALES CYANOBACTERIA | 1.707 | 894 | |
| | TOTALES CRYPTOPHYCEAE | 106 | 30.885 | |
| | TOTALES DINOPHYCEAE | 44 | 251.167 | |
| | TOTALES EUGLENOPHYCEAE | 1 | 5.573 | |
| | TOTALES ALGAS | 5.132 | 1.011.039 | |

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 10 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 2 Copepoda
- 5 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 | 10,0 |
| DENSIDAD TOTAL | individuos/L | 70,96 |
| BIOMASA TOTAL | µg/L | 11,11 |
| Diversidad Shannon-Wiener | | 0,90 |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | Rotíferos |
| individuos/L | | 63,38 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD) | | <i>Collotheca pelagica</i> |
| individuos/L | | 61,54 |
| CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA) | | Cladóceros |
| µg/L | | 5,79 |
| ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA) | | <i>Daphnia cucullata</i> |
| µg/L | | 4,62 |
| COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical) | | 0 - 30 m |
| CLADÓCEROS: 25,67 % | COPÉPODOS: 33,10 % | ROTÍFEROS: 41,24 % |

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> | 0,19 | 0,25 | 6,75 |
| CERIPULC0 | <i>Ceriodaphnia pulchella</i> | 0,77 | 0,92 | 2,70 |
| DAPHCUCU0 | <i>Daphnia cucullata</i> | 1,54 | 4,62 | 16,21 |
| | COPÉPODOS | | | |
| ACANAMER0 | <i>Acanthocyclops americanus</i> | | | 0,34 |
| EUDIVULG0 | <i>Eudiaptomus vulgaris</i> | 0,19 | 2,12 | 9,79 |
| CYCLOPFAM | Fam. Cyclopidae | 2,88 | 0,69 | 22,97 |
| | ROTÍFEROS | | | |
| ASCOECAU0 | <i>Ascomorpha ecaudis</i> | | | 4,05 |
| ASCOOVAL0 | <i>Ascomorpha ovalis</i> | 0,38 | 0,02 | 0,34 |
| ASPLAGEN0 | <i>Asplanchna</i> sp. | 0,38 | 0,27 | 0,03 |
| COLLPELA0 | <i>Collotheca pelagica</i> | 61,54 | 1,85 | 10,81 |
| POLYDOLI0 | <i>Polyarthra dolichoptera</i> | 0,38 | 0,02 | 0,34 |
| POLYMAJO0 | <i>Polyarthra major</i> | 2,69 | 0,35 | 25,67 |
| | Total Cladóceros | 2,50 | 5,79 | 25,67 |
| | Total Copépodos | 3,08 | 2,81 | 33,10 |
| | Total Rotíferos | 65,38 | 2,51 | 41,24 |
| | Total | 70,96 | 11,11 | 100 |

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 | 2,24 | Ultraoligotrófico |
| CLOROFILA a | 1,68 | Oligotrófico |
| DISCO SECCHI | 2,80 | Mesotrófico |
| DENSIDAD ALGAL | 3106 | Mesotrófico |
| ESTADO TROFICO FINAL | 2,25 | 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 (*PE_{exp}*)

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 | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo | |
|------------------------------------|---------------|---|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|-------|
| Biológico | Fitoplancton | Densidad algal (cel/ml) | < 10 ³ | 10 ³ -10 ⁴ | 10 ⁴ -10 ⁵ | >10 ⁵ | |
| | | Biomasa algal, Clorofila a (µg/L) | < 2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | >25 | |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | < 0,5 | 0,5-2 | 2-8 | >8 | |
| | | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i> | > 3 | 2-3 | 1-2 | <1 | |
| | | <i>Trophic Index (TI)</i> | < 2,79 | 2,79-3,52 | 3,52-4,25 | >4,25 | |
| | | <i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i> | > 3,4 | 2,6-3,4 | 1,8-2,6 | <1,8 | |
| | Zooplancton | <i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i> | < 6,6 | 6,6-9,4 | 9,4-12,2 | >12,2 | |
| | | <i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i> | < 6,6 | 6,6-9,4 | 9,4-12,2 | >12,2 | |
| INDICADOR BIOLÓGICO (1) | | | >3,4 | 2,6-3,4 | 1,8 - 2,6 | < 1,8 | |
| 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 | 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) | | | Muy bueno | Bueno | Moderado | | |
| | | | >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 asignando la calificación del elemento de menor puntuación o peor calidad, según la metodología *one out, all out*.

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 Fisicoquímico | Potencial Ecológico Experimental |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Bueno o superior | Muy bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Moderado | 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) | 3106 | Moderado |
| | | Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) | 1,68 | Bueno o superior |
| | | Biovolumen algal (mm^3/L) | 0,52 | Moderado |
| | | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i> | 3,01 | Bueno o superior |
| | | <i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i> | 3,92 | Bueno o superior |
| | | <i>Trophic Index (TI)</i> | 2,24 | Bueno o superior |
| | | <i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i> | 6,72 | Moderado |
| | Zooplancton | <i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i> | 4,86 | Bueno o superior |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | 2 | BUENO O SUPERIOR |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 2,80 | Moderado |
| | Oxigenación | O_2 hipolimnética ($\text{mg O}_2/\text{L}$) | 7,60 | Bueno |
| | Nutrientes | Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$) | 2,24 | Muy Bueno |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | 3 | MODERADO |
| POTENCIAL ECOLÓGICO PE_{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 (RD 817/2017).

| 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 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 <i>a</i> 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 | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo | |
| Biológico | Fitoplancton | Clorofila a (µg/L) | ≥ 0,433 | 0,432 – 0,287 | 0,286 – 0,143 | < 0,143 | |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /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 | |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | > 0,6 | 0,4-0,6 | 0,2-0,4 | < 0,2 | |
| | | | 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 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 |
| | | | Muy bueno | Bueno | Moderado | | |
| 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 Experimental |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Bueno o superior | Muy bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Moderado | 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) | 1,68 | 1,55 | 1,38 | Bueno o superior |
| | | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | 0,52 | 1,46 | 1,29 | Bueno o superior |
| | | | Media | | | | 1,34 |
| | | Composición | <i>Índice de Catalán (IGA)</i> | 0,23 | 1,001 | 1,02 | Bueno o superior |
| | | | <i>Porcentaje de cianobacterias</i> | 0,18 | 1,00 | 1,00 | Bueno o superior |
| | | | Media | | | | 1,01 |
| Media global | | | | | | 1,17 | |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | | 2 | | | BUENO O SUPERIOR |
| Indicador | Elementos | Indicador | Valor | | | <i>PE_{norm}</i> | |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 2,80 | | | Moderado | |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 7,60 | | | Bueno | |
| | Nutrientes | Concentración de PT (µg P/L) | 2,24 | | | Muy Bueno | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | | 3 | | MODERADO | |
| 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