



RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE YESA



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



RED DE SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA MUY MODIFICADAS

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:

70.590,38 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE YESA

AÑO DE EJECUCIÓN:

2015

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2015

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 (2015). Red de seguimiento de masas de agua muy modificadas 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>18</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 2014-2015.	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	27
Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse.	27

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.....	18
Tabla 5. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	29
Tabla 6. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	20
Tabla 7. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Yesa.	20
Tabla 8. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	21
Tabla 9. Combinación de los indicadores.	22
Tabla 10. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Yesa.	22
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 817/2015).	23
Tabla 12. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	24
Tabla 13. Combinación de los indicadores.	24
Tabla 14. 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 2015 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 2015, correspondiente al año hidrológico 2014-2015).

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 existe estratificación térmica, la termoclina se sitúa entre los 10 y los 30 m. El límite inferior de la capa fótica se encuentra alrededor de los 13,0 metros de profundidad cuando se determina con el medidor fotoeléctrico, mientras que el valor estimado con el Disco de Secchi es muy inferior, 6,9 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Yesa para el año hidrológico 2014-2015 se estima en 2,97 meses.

En la figura 1 se presentan los valores diarios del volumen embalsado y salida media correspondientes al año hidrológico 2014-2015.

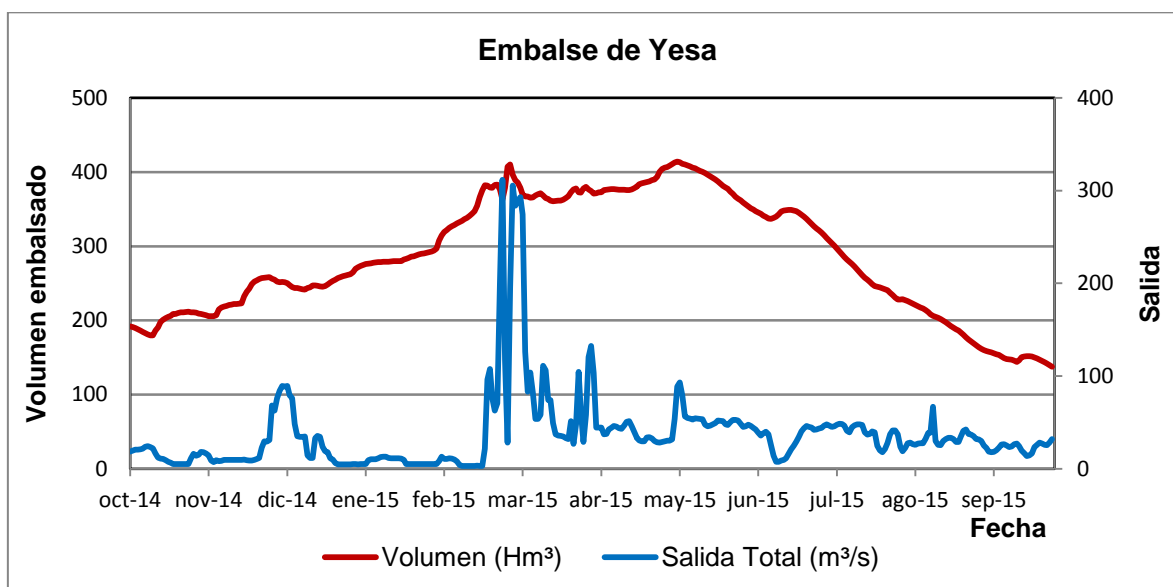


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2014-2015.

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 30 de Junio de 2015, 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.

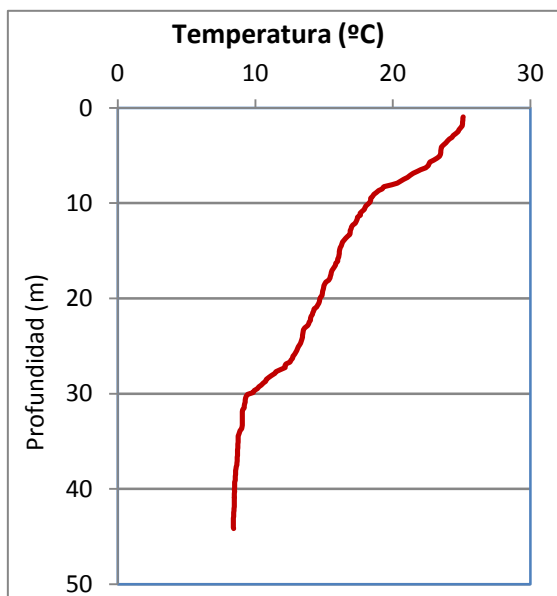


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

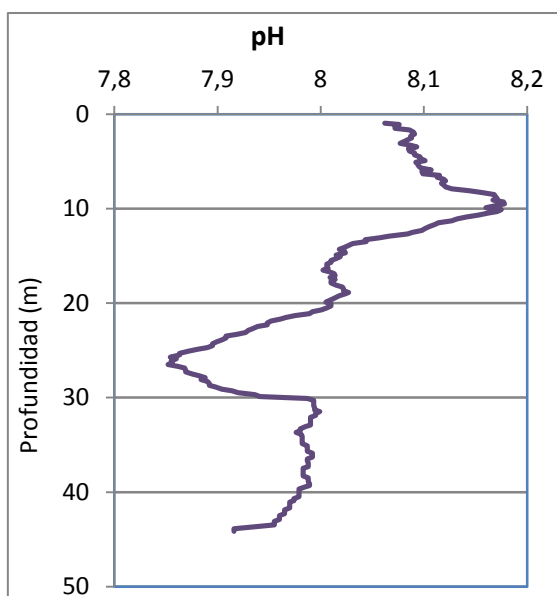
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

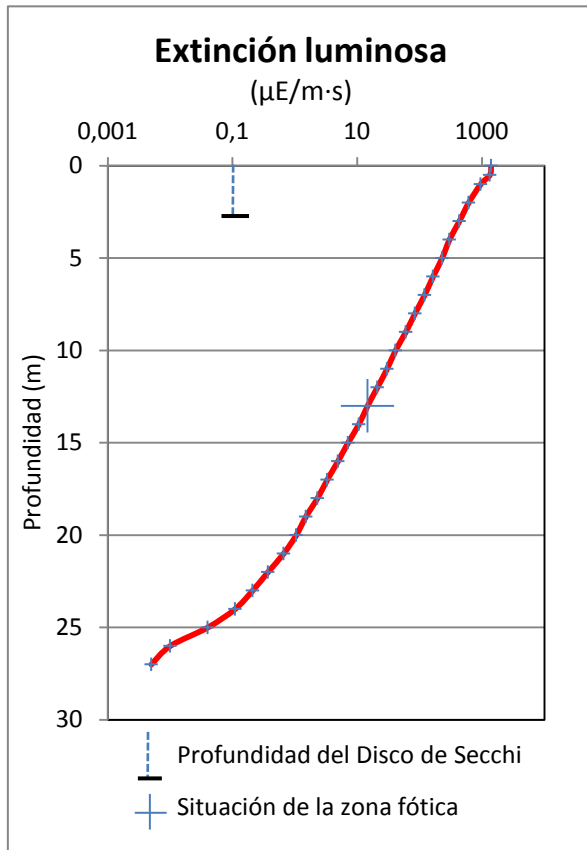


La temperatura del agua oscila entre los 8,42 °C – en el fondo- y los 25,11 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2015) la termoclina se sitúa entre los 10 y 30 metros de profundidad.



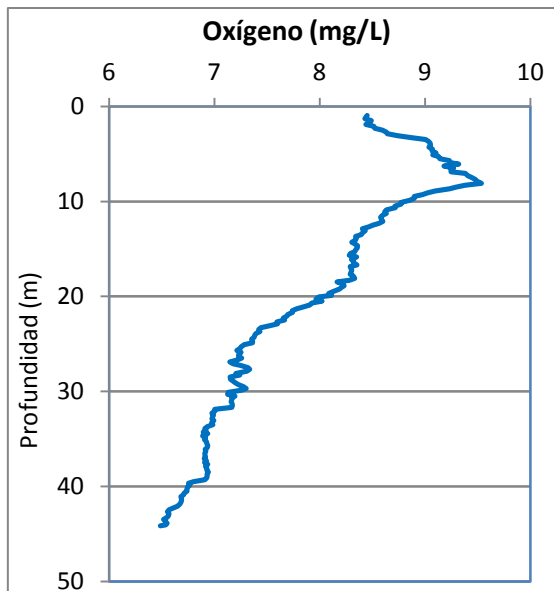
El pH del agua en la superficie es de 8,06. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,92. El valor más bajo se sitúa sobre los 26 metros, con un valor de pH de 7,86 y el máximo se encuentra a los 9,5 metros de profundidad con un valor de 8,18.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



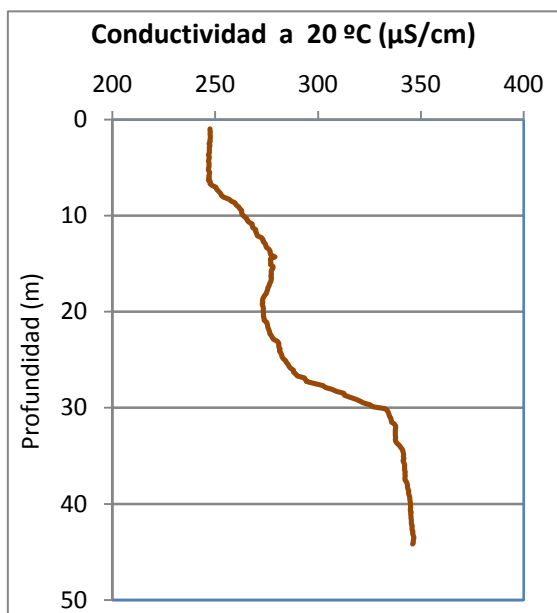
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 2,8 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 6,9 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 13 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 13 m de profundidad) fue de 1,85 UAF.



Las condiciones de oxigenación en la columna de agua alcanzan en el epilimnion una concentración media de 8,96 mg/L. En el hipolimnion las condiciones de oxigenación obtenidas son 6,86 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 247 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 346 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

3.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2015 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 4,54 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,65 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,33 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,30 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser <0,01 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,84 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,57 meq/L.

3.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis realizado se han identificado un total de 32 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	4
CHRYSOPHYCEAE	8
CHLOROPHYTA	9
CYANOBACTERIA	1
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	5
EUGLENOPHYCEAE	1

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 cél./ml	5132
BIOVOLUMEN TOTAL	µm³/ml	1011039
Diversidad Shannon-Wiener		2,10
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		2407
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Cyclotella ocellata (=Lindavia ocellata)*</i>
Nº células/ml		2401
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Bacillariophyceae
Nº células/ml		666847
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Cyclotella ocellata (=Lindavia ocellata)*</i>
Nº células/ml		663802

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

La concentración de clorofila fue de 2,11 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 10 m de profundidad.

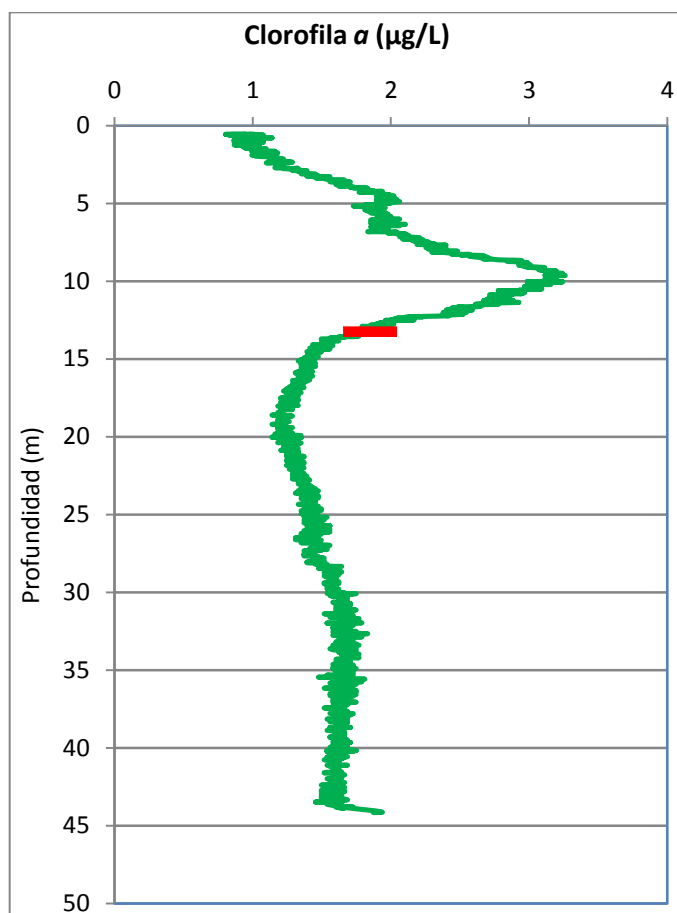


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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
CYCLRADIO	<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>Chrysolynos 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	



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
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	
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>Elakatothrix 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 Rotífera

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	Ciclópido	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
COLPELA0	<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	4,54	Oligotrófico
CLOROFILA a	2,11	Oligotrófico
DISCO SECCHI	2,75	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	5132	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	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)	5132	Moderado
		Clorofila <i>a</i> (µg/L)	2,11	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,01	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,67	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	4,14	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,18	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	4,31	Bueno o superior
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	7,57	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,75	Moderado
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,86	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,54	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,7	BUENO
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 817/2015).

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 a (µg/L)	2,11	1,23	1,16	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,01	0,75	0,84	Bueno o superior
			Media				1,00
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	0,05	1,001	1,03	Bueno o superior
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	0,00	1,00	1,00	Bueno o superior
			Media				1,02
Media global						1,01	
INDICADOR BIOLÓGICO				1,01			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,75			Moderado	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	6,86			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	4,54			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