



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE YESA
AÑO 2010



VNIVERSITAT D VALÈNCIA

CONSULTOR:

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA ESTUDI GENERAL

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Área de Limnología

Departamento de Microbiología y Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas

46100 – Burjassot (Valencia)

DICIEMBRE 2010

ÍNDICE

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

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

La cuenca vertiente 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.

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

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

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE

Superficie de la cuenca	2170 km ²
Capacidad total N.M.N.	447 hm ³
Capacidad útil	411 hm ³

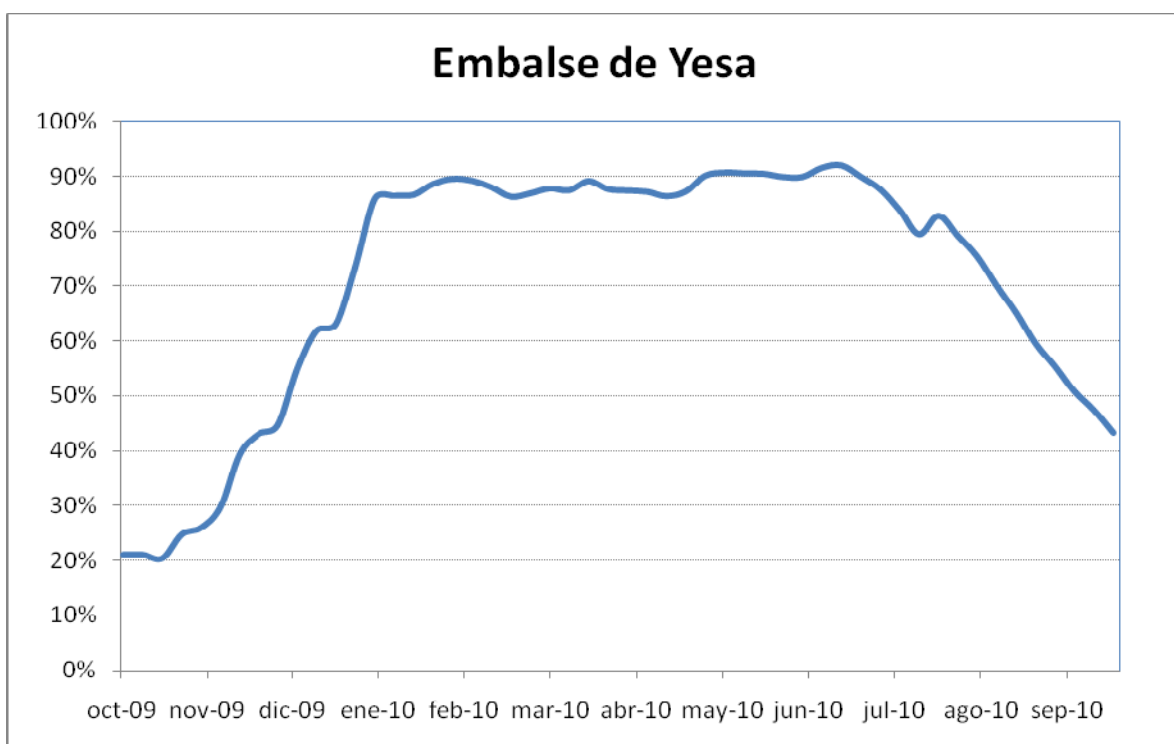
Aportación media anual	1322 hm ³
Superficie inundada	2089 ha
Cota máximo embalse normal	488,81 msnm

Se trata de un embalse monomíctico, de geología calcárea y situado en zona húmeda. Durante el muestreo de 2010 la termoclina está situada entre los 6 y 8,5 m de profundidad. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 15 metros de profundidad cuando se determina con el medidor fotoeléctrico, pues mediante el Disco de Secchi el valor obtenido es de 9 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Yesa para el año hidrológico 2009-2010 fue de 3,1 meses.

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

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



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).

2.3. 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 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 21 de Julio de 2010, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fito y zooplancton.

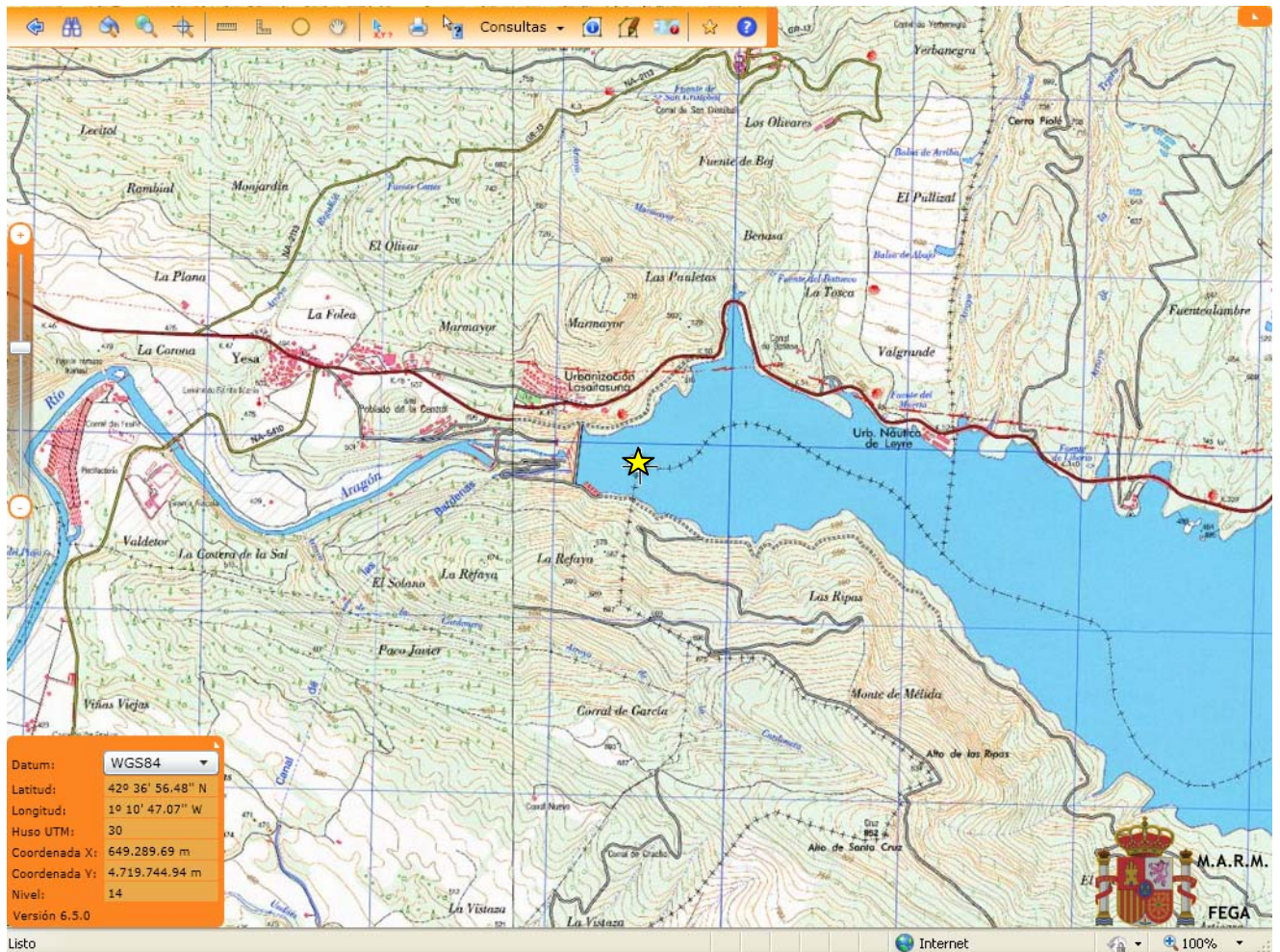
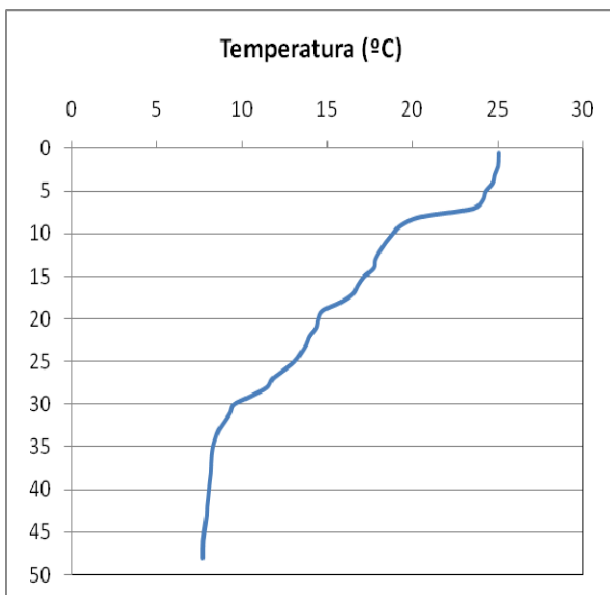


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

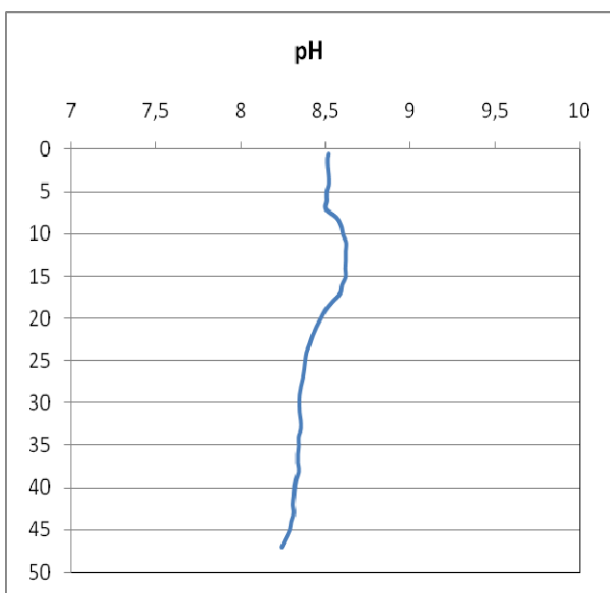
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

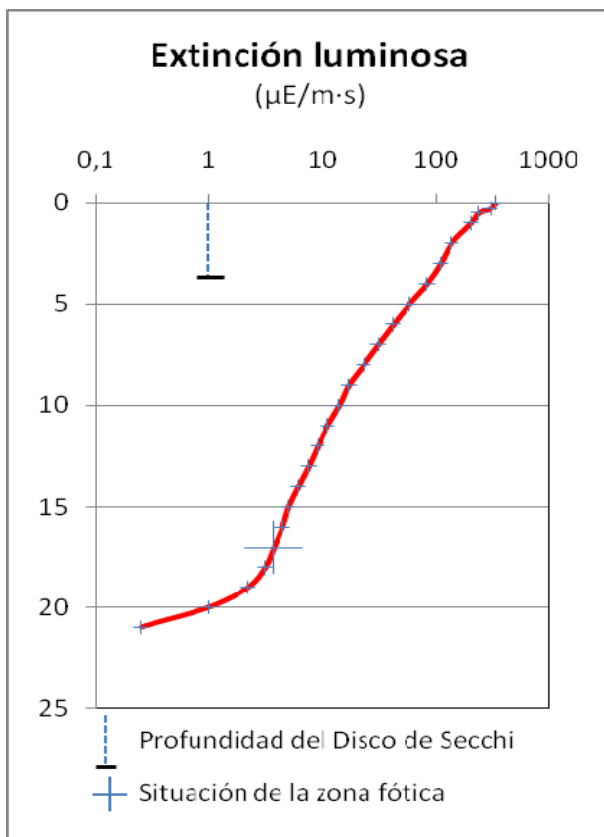
De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:



La temperatura del agua oscila entre los 8,0 °C – en el fondo- y los 25,0 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2010) la termoclina se sitúa entre los 6 y 8,5 m de profundidad.

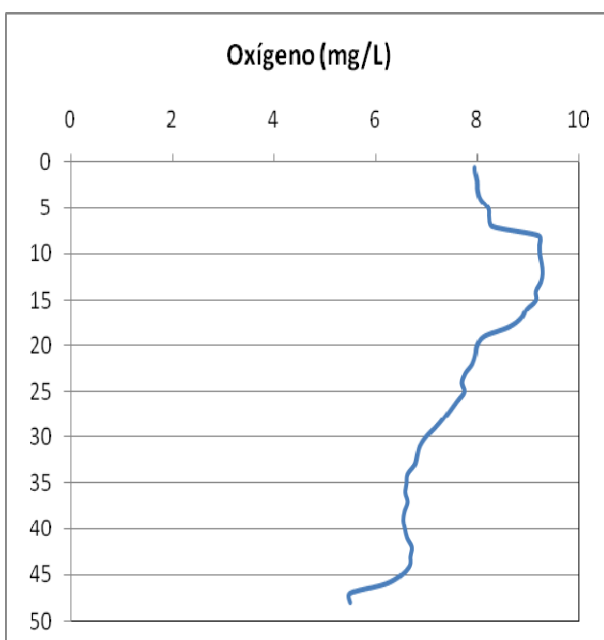


El pH del agua en la superficie es de 8,52. En el fondo del embalse el valor del pH es de 8,24. El máximo epilimnético estival registrado es de 8,62 a 12 m de profundidad, coincidiendo con el máximo de oxígeno también. El mínimo hipolimnético coincide con el fondo.

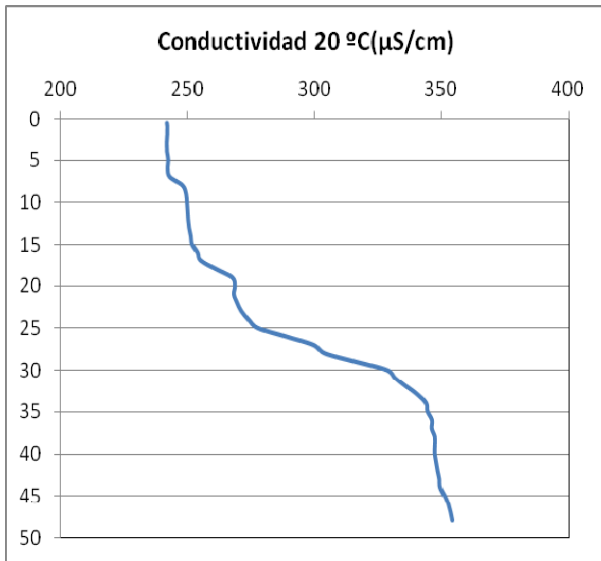


La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 3,60 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,0 metros. Sin embargo, la determinación mediante medidor fotoeléctrico de PAR proporciona un valor de 17 m.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,09 NTU.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,33 mg/L. El valor promedio para el hipolimnion es de 6,88 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O_2/L).



La conductividad del agua es de 242 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie; y va aumentando con la profundidad hasta alcanzar un valor de 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del embalse coincidiendo con el máximo.

4.2. Hidroquímica del embalse

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

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 4,35 µg P/L.
- La concentración de P soluble resultó inferior al límite de detección (0,1 µg P/L).
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,30 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,24 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) fue de 0,087 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,94 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,45 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 29 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

BACILLARIOPHYCEAE	4
CHRYSOPHYCEAE	10
CHLOROPHYCEAE	7
CRYPTOPHYTA	5
DINOPHYTA	2
XANTHOPHYTA	1

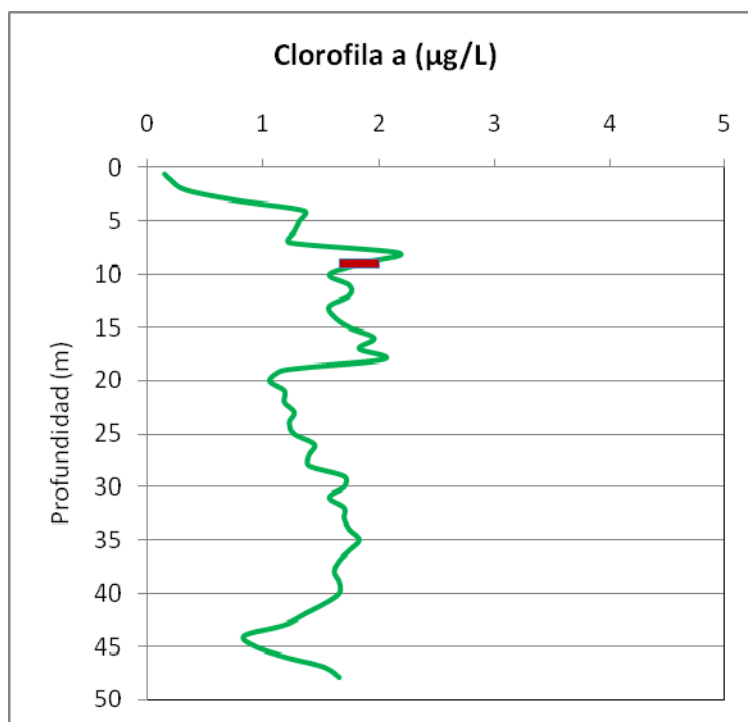
La estructura y composición de la comunidad de fitoplancton se resume en el siguiente cuadro:

CUADRO 2
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

Nº CÉLULAS TOTALES FITOPLANCTON	nº cel/ml	284,93
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON	µm ³ /ml	80677
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		Cryptophyta
	Nº células/ml	139,67
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (DENSIDAD)		<i>Rhodomonas (=Plagioselmis) lacustris</i> Pascher & Rutter
	Nº células/ml	108,94
CLASE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		Cryptophyta
	Nº células/ml	45123
ESPECIE PREDOMINANTE FITOPLANCTON (BIOVOLUMEN)		<i>Cryptomonas erosa</i> Ehr.
	Nº células/ml	17200

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 3,23.

La concentración de clorofila fue de 1,00 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada, indicando con una línea roja en la figura la profundidad de la misma. El perfil vertical realizado mediante sonda fluorimétrica no presenta ningún máximo importante, distribuyéndose a lo largo del perfil algunas zonas más altas y otras más bajas sin diferencias de importancia.



4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Yesa se han identificado un total de 16 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 1 Cladocera
- 4 Copepoda
- 11 Rotifera

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

CUADRO 3
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

PROFUNDIDAD ZOOPLANCTON	m	12,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	167,4
BIOMASA TOTAL	µg/L	38,58
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Rotíferos
individuos/L		145,0
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Polyarthra dolichoptera</i>
individuos/L		107,2
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		19,70
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i>
µg/L		19,70

COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)	0 - 29 m	
CLADÓCEROS: 9 %	COPÉPODOS: 39 %	ROTÍFEROS: 52 %

La diversidad calculada según el índice de Shannon-Wiener ha sido de 2,05.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

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

CUADRO 4
PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P (µg 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 (µg/L) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 5** se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final.

CUADRO 5
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE YESA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	4,35	Oligotrófico
CLOROFILA A	1,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	3,60	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	285	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	4	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de clorofila a, la densidad algal, el fósforo total y la transparencia (DS) sitúan al embalse en rangos de oligotrofia. El estado trófico final para el embalse de YESA se ha propuesto como **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

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

CUADRO 6
PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

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

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

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del

ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el indicador fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

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

CUADRO 7
DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE YESA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	285	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	1,00	Bueno
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,08	Máximo
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	2,61	Moderado
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	2,47	Deficiente
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,12	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	10,7	Deficiente
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	5,13	Bueno
INDICADOR BIOLÓGICO			3,4	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,60	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/L O ₂)	7,50	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg/L P)	4,35	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,0	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{Eexp}			BUENO	

b) Aproximación normativa (PEnorm)

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

CUADRO 8

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

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

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

CUADRO 9

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

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	2,60	Máximo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	9,42	Máximo
		Índice de Catalán (IGA)	1,001	Máximo
		Porcentaje de cianobacterias	1,00	Máximo
INDICADOR BIOLÓGICO			5	MÁXIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,60	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,50	Bueno
	Nutrientes	Concentración de P (µg P/L)	4,35	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,0	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRAFICO

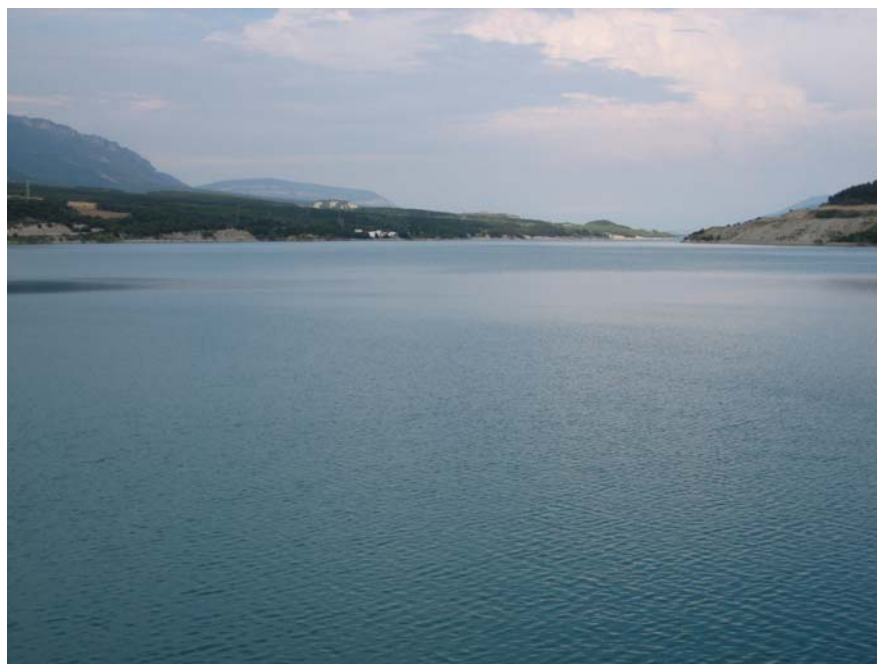


Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Punto de acceso