



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE PAJARES
AÑO 2009



UTE DBO5, SL-ICA, SL-ENTECSA
C/MIGUEL MENÉNDEZ BONETA, 2 Puerta 8
28460 LOS MOLINOS (MADRID)
CIF: G-84535319

CONSULTOR:
UTE RED BIOLÓGICA EBRO

Oficinas UTE Madrid: c/ Miguel Menéndez Boneta 2-4, puerta 8
28460 Los Molinos, Madrid TF y FAX 91 855 00 29 E-mail: consultoria@ica1.e.telefonica.net

DICIEMBRE 2009

ÍNDICE

	Página
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	2
2.1. Ámbito geológico y geográfico	2
2.2. Características morfológicas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
<u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u>	5
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	6
4.1. Características físico-químicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	8
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4. Zooplancton	10
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	11
<u>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Pajares durante los muestreos de 2009 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 2009, correspondiente al año hidrológico 2008-2009).

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

En geología, la cuenca del embalse de Pajares, presenta materiales del grupo Urbión con limonitas, areniscas e intercalaciones de calizas arenosas; y grupo Oncala con calizas arenosas, margas, arenitas y limolitas pertenecientes al Sistema Cretácico, Serie Inferior. Aparecen también materiales del Cuaternario como: aluviales de gravas con matriz arenociliosa, arenas, limos y arcillas

La presa de Pajares se sitúa dentro del término municipal de Lumbreras, en la provincia de La Rioja. Regula las aguas del río Iregua.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones.

La cuenca vertiente al embalse de Pajares tiene una superficie de cuenca de escorrentía directa de 97,85 km².

El embalse tiene una capacidad total de 35 Hm³. Caracterizado por una profundidad media de 19 m. y una profundidad máxima de 61 m.

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

CUADRO 1
 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE PAJARES

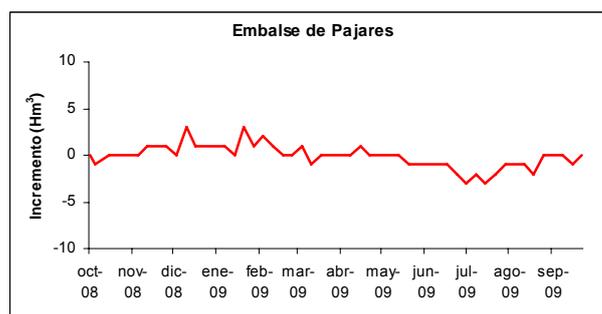
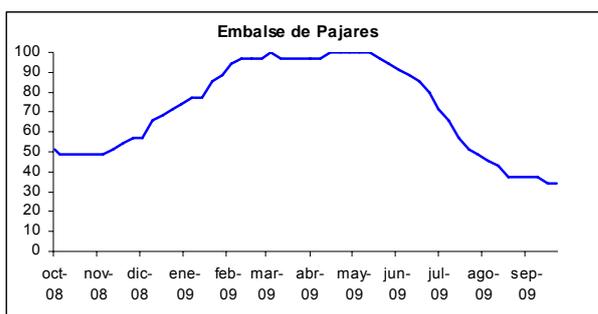
Superficie de la cuenca	98 km ²
Capacidad total N.M.N.	35,29 Hm ³
Capacidad útil	34,83 Hm ³
Aportación media anual	54,35 Hm ³
Superficie inundada	162 ha
Cota máximo embalse normal	1288 msnm

Se trata de un embalse monomítico, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno entre los 7 y 11 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 17 metros de profundidad.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Pajares para el año hidrológico 2008-2009 fue de 14,6 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2008-2009, así como los incrementos semanales en Hm³.

GRÁFICO 1
 VOLUMEN EMBALSADO (%) E INCREMENTOS SEMANALES (Hm³) DURANTE EL AÑO
 HIDROLÓGICO 2008-2009



2.3. Usos del agua

El uso de las aguas del embalse es principalmente regadíos, abastecimiento humano y aprovechamiento hidroeléctrico. También el uso recreativo del embalse es significativo, permitiéndose la pesca (coto de Pajares).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Pajares forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en la categoría de zonas de protección de hábitat o especie (Punto Red Natura 2000: ZEPA y LIC ES0000067, "Sierras de Demanda, Urbión, Cebollera y Cameros").

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 7 de Junio de 2009, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos 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.

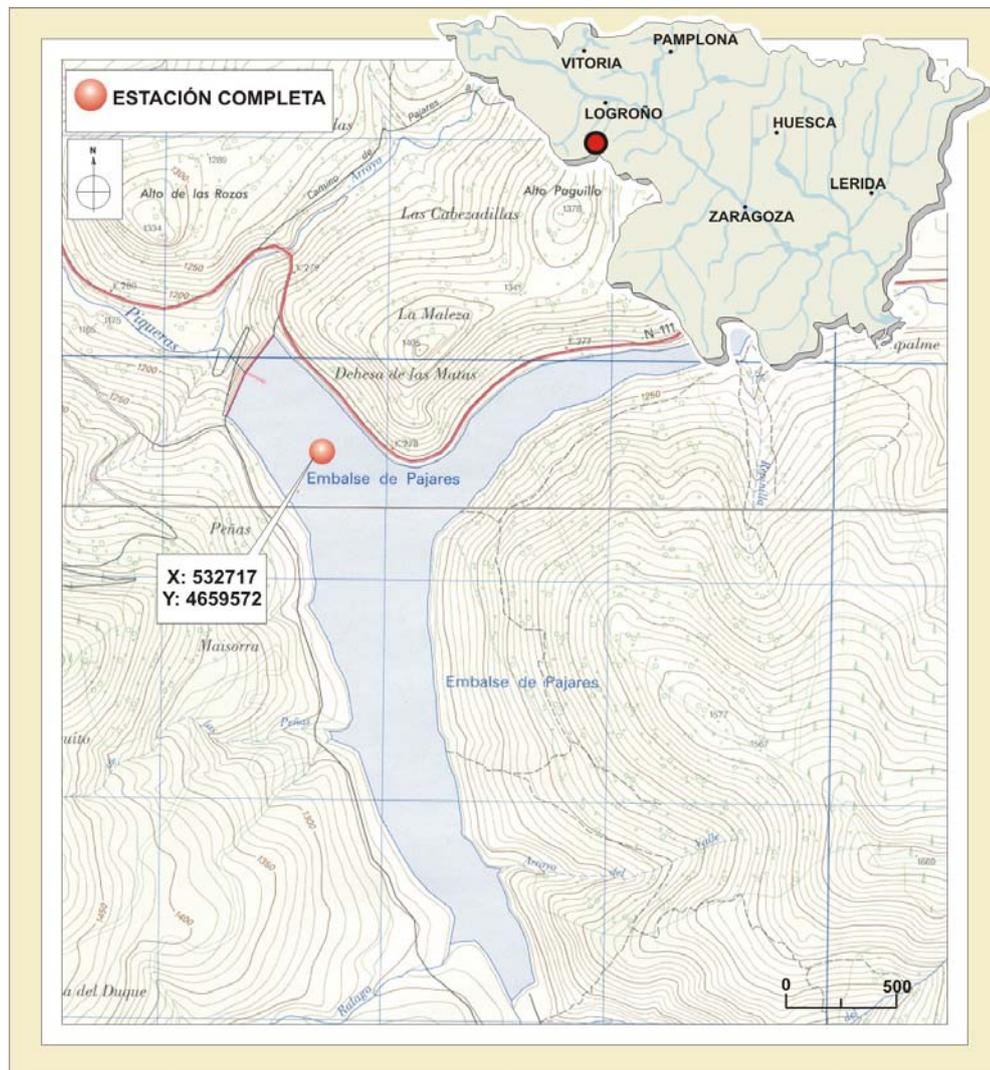


Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

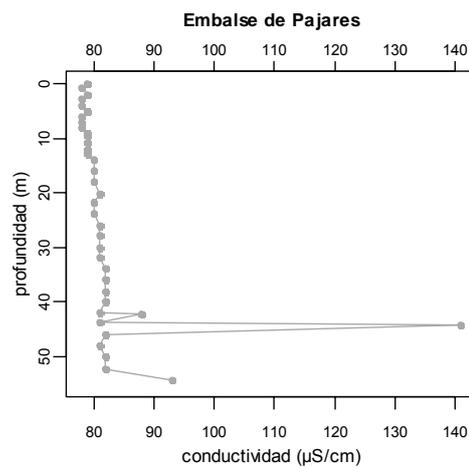
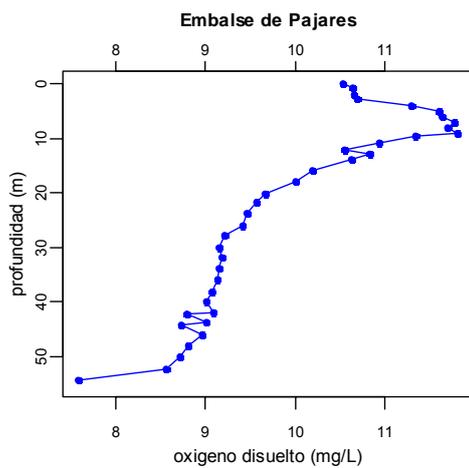
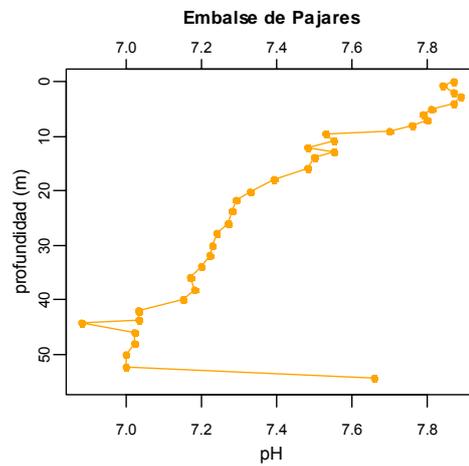
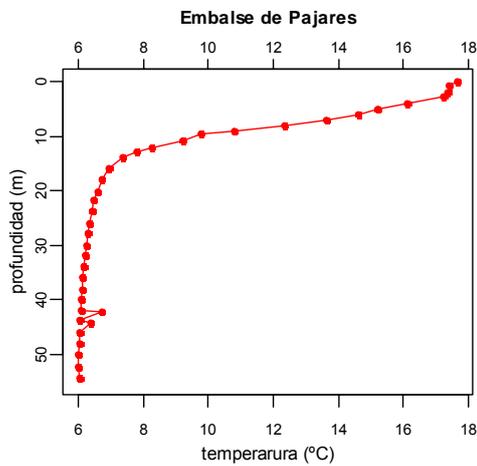
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 6,03 °C – en el fondo- y los 17,67 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2009) la termoclina se sitúa entre 7 y 10,9 m de profundidad.
- El pH del agua en la superficie es de 7,87 y en el fondo del embalse el valor del pH es de 7,66.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 6,80 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 17 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 3,48 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 11,00 mg/L. En el hipolimnion las condiciones de oxigenación se sitúan en 9,30 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L).
- La conductividad del agua es de 79 µS/cm en la superficie, siendo el máximo valor, y de 93 µS/cm en el fondo del embalse.

GRÁFICO 2
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE PAJARES



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2009 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 3,34 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 1,92 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,45 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,18 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) resultó inferior al límite de detección (0,1 mg N/L).
- La concentración de sílice tomó un valor de 4,28 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,0 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:

- 8 Chrysophyceae
- 8 Bacillariophyceae
- 7 Chlorophyta
- 3 Chryptophyta
- 1 Dynophyta
- 1 Cyanobacteria
- 1 Xantophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de Cyanobacteria (54%). Entre las especies más abundantes, encontramos la cianobacteria *Aphanocapsa* sp (54,5% de la densidad total). En cuanto al porcentaje de biovolumen total, destacan los criptófitos y bacilariofíceas, con un 24% cada una. Las clorófitas y crisofíceas cuentan con un 21% y 14% de biovolumen total respectivamente. El criptófito *Cryptomonas ovata* Ehr y el dinófito *Gymnodinium lacustre* Schiller, proporcionan gran parte del biovolumen total (19,8% y 14% respectivamente).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de crisófitos y bacilariofíceas son los más representativos con 8 especies cada uno.

La concentración de clorofila fue de 1,55 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Pajares se han identificado un total de 10 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 6 Rotífera
- 2 Copepoda
- 2 Cladocera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 2**).

CUADRO 2
 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

EMBALSE DE PAJARES		FECHA DE MUESTREO	7/06/2009
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	PAJ	
PROFUNDIDAD	m	54	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	286	
BIOMASA TOTAL	µg/L	37	
CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		ROTÍFERA (93%)	
individuos/L		266	
ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		<i>Keratella cochlearis</i> (88%)	
individuos/L		251	
CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		CLADÓCERA (59%)	
µg/L		22	
ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		<i>Bosmina longirostris</i> (46%)	
µg/L		17	

La composición y estructura de la comunidad en el periodo estival de 2009, está caracterizada por el rotífero *Keratella cochlearis* que representa un 88% de la densidad total y por el cladócero *Bosmina longirostris* que representa un 46% de la biomasa total en la muestra. En cuanto a diversidad de especies, el grupo de rotíferos es el mejor representado, con 6 especies.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 3** para los valores medios en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 120).

CUADRO 3
 PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P (µg/L P)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a (µg/L) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 4** 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 4
 DIAGNOSTICO DEL ESTADO TROFICO DEL EMBALSE DE PAJARES

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	3,34	Ultraoligotrófico
CLOROFILA A	1,55	Oligotrófico
DISCO SECCHI	6,80	Ultraoligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1282	Mesotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,25	ULTRAOLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la densidad algal indica un estado de mesotrofia. Los resultados obtenidos según la concentración de clorofila a clasifica al embalse como oligotrófico. Mientras que la transparencia (DS) y el fósforo total lo clasifican como ultraoligotrófico. El estado trófico final para el embalse de PAJARES se ha propuesto como **ULTRAOLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 5**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 157).

CUADRO 5
 PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Óptimo	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 y zooplancton.

(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).

En el **Cuadro 6** 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 6
 DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE PAJARES

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	1282	Moderado
		Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	1,55	Bueno
		Biovolumen algal(mm^3/L)	0,25	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	2,45	Moderado
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,72	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,48	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	8,5	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	6,80	Óptimo
	Oxigenación	O_2 hipolimnética ($\text{mg/L}\text{O}_2$)	9,30	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P($\mu\text{g/LP}$)	3,3	Óptimo
INDICADOR FISICOQUÍMICO			5,0	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO

Este diagnóstico se podría matizar teniendo en cuenta los valores óptimos obtenidos con los parámetros fisico-químicos. No obstante, con el fin de seguir la misma metodología utilizada en el resto del estudio, finalmente se ha valorado el potencial ecológico experimental como moderado teniendo en cuenta los valores obtenidos con los indicadores biológicos (densidad algal, *Phytoplankton Assemblage Index (Q)* y *Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)*)

b) Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

Se han considerado 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 7**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 163).

CUADRO 7

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*).

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 Catalan (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 Catalan (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 Catalan (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 Catalan (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 Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 8** 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 estado fisicoquímico.

CUADRO 8

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE PAJARES.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	1,55	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,25	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	1,30	Bueno
		Porcentaje de cianobacterias	54,47	No Alcanza
INDICADOR BIOLÓGICO			2,25	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	6,80	Óptimo
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	9,30	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	3,3	Óptimo
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,6	MPE
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Panorámica del embalse



Foto 3: Presa del embalse de Pajares