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

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE CASPE



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



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

PROMOTOR:



CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna y María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

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

EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

70.862,60 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE CASPE

AÑO DE EJECUCIÓN:

2014

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2014

REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

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

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

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

ÍNDICE

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

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2014.	10
Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.	11
Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH	12
Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto	13
Figura 5. Perfil vertical de la conductividad	14
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	17
Figura 7. Fotografía de la presa del embalse.	28
Figura 8. Fotografía del punto de acceso al embalse.	28

ÍNDICE DE TABLAS

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

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Caspe durante los muestreos de 2014 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

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

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano de 2014, correspondiente al año hidrológico 2013-2014).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

La cuenca vertiente del embalse de Caspe se ubica sobre las formaciones de lutitas pertenecientes al Paleógeno, así como en depósitos aluviales, gravas, limos y arcillas del Cuaternario.

El embalse de Caspe se sitúa dentro del término municipal de Caspe, en la provincia de Zaragoza. Regula las aguas del río Guadalope.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de geometría irregular y sinuosa.

La cuenca vertiente al embalse de Caspe tiene una superficie total de 366393,47 ha.

Este embalse tiene una capacidad total de 81,62 hm³, que coincide con la capacidad útil. Caracterizado por una profundidad media de 12,7 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 46 m.

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

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Caspe.

Superficie de la cuenca	3664 km ²
Capacidad total N.M.N.	81,62 hm ³
Capacidad útil	81,62 hm ³
Aportación media anual	94 hm ³
Superficie inundada	638 ha
Cota máximo embalse normal	230 msnm

Tipo de clasificación: 12. Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales.

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea y ubicado en tramos bajos de los ejes principales. No existía termoclina en el momento del muestreo. El límite inferior de la capa fótica se encuentra alrededor de los 8 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 5,3 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Caspe para el año hidrológico 2013-2014 fue de 16,78 meses.

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

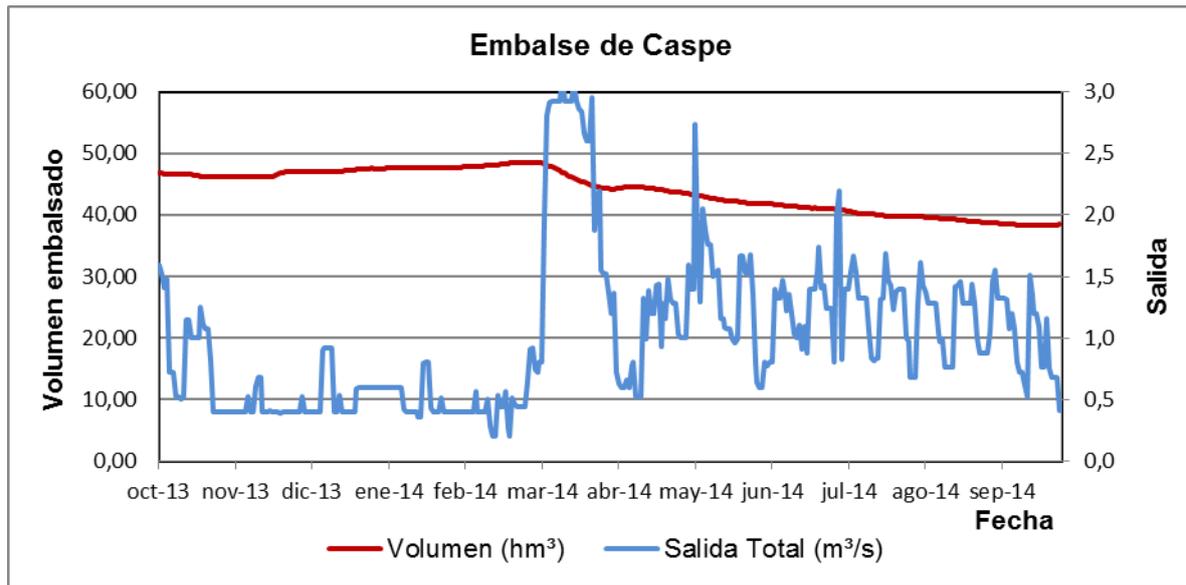


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2013-2014.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al abastecimiento humano y a los regadíos. Con respecto al uso recreativo, destacar la pesca y la navegación (existe un club náutico en las orillas del embalse).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Caspe 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 las categorías de: zonas de extracción de agua para consumo humano y zonas sensibles a nutrientes (zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE).

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 17 de Septiembre de 2014, en la que se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos y la transparencia en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada y otras puntuales para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fitoplancton y zooplancton.

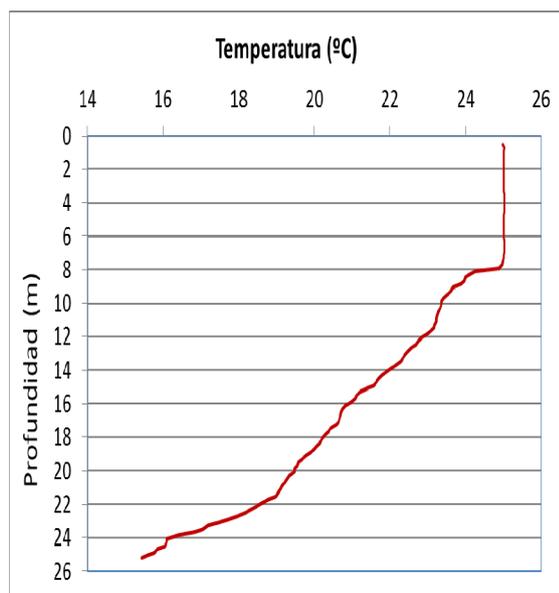


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

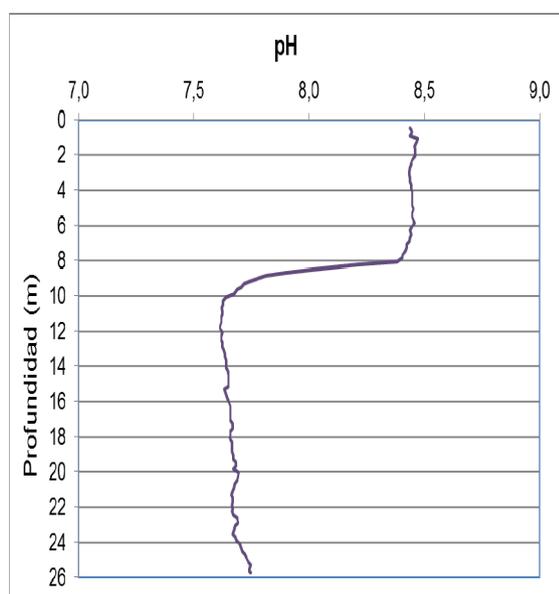
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

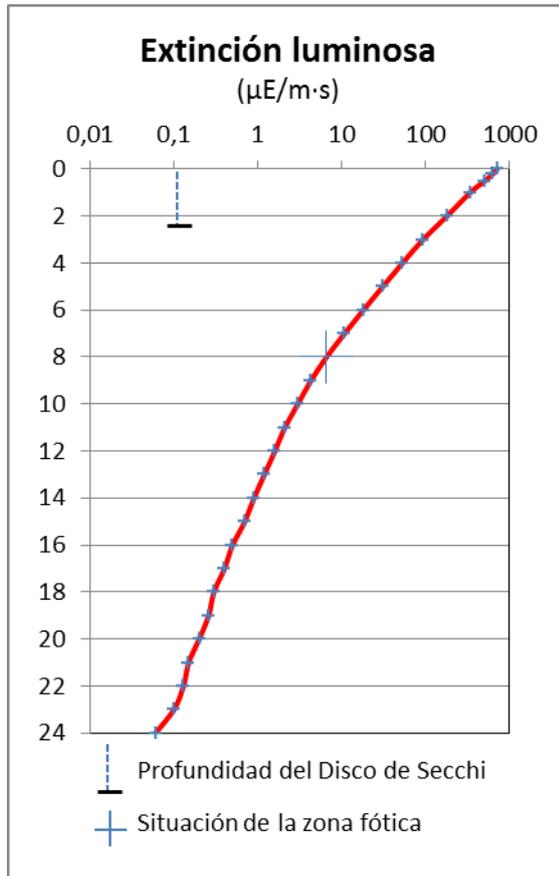


La temperatura del agua oscila entre los 15,43 °C – en el fondo- y los 24,98 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Septiembre 2014) no existe termoclina.



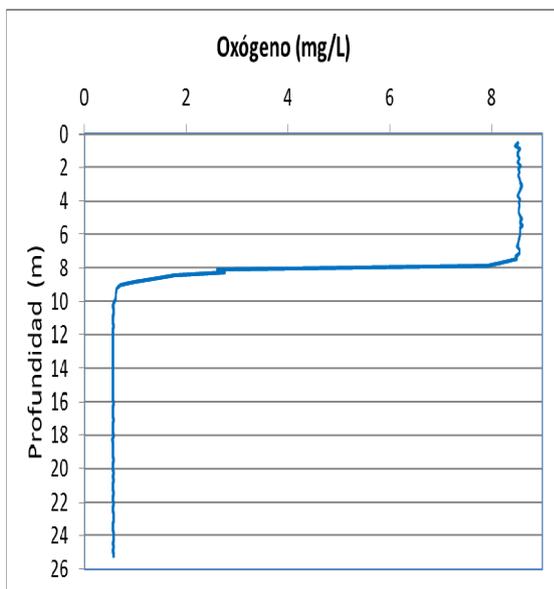
El pH del agua en la superficie es de 8,39, máximo epilimnético. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,85. El valor mínimo estival se sitúa a 12 m con un pH de 7,61.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



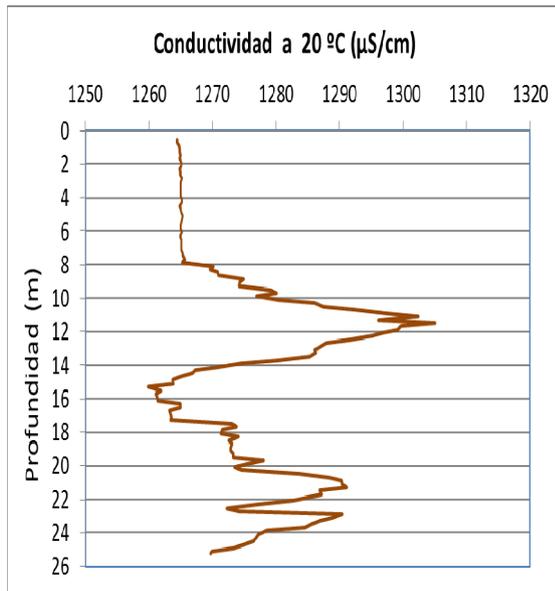
La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 2,10 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 5,3 metros. Sin embargo, la capa fótica determinada con medidor fotoeléctrico es de 8 m, por lo que a efectos de muestreo se considera ese espesor de columna de agua.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 8 m de profundidad) fue de 3,40 UAF.



Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en la zona fótica una concentración media de 8,36 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas ($<2 \text{ mg O}_2/\text{L}$) en profundidades superiores a 8,5 m, creando una fuerte oxiclina entre los 7,5 y los 9,3 metros de profundidad.

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



La conductividad del agua es de 1264 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la superficie y de 1270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo. Encontrando el máximo de conductividad a 11,5 metros de profundidad con un valor de 1305 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 5. Perfil vertical de la conductividad.

4.2. Hidroquímica del embalse

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

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 7,80 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de P soluble fue de 0,16 $\mu\text{g P/L}$.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,44 mg N/L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,03 mg N/L.
- La concentración de amonio (NH_4) resultó ser de 0,012 mg N/L.
- La concentración de sílice tomó un valor de 1,73 mg SiO_2/L .
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 1,96 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

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

BACILLARIOPHYCEAE	3
CHRYSTOPHYCEAE	1
XANTHOPHYCEAE	1
CHLOROPHYCEAE	7
ZYGNEMATOPHYCEAE	1
CYANOBACTERIA	5
CRYPTOPHYCEAE	3
DINOPHYCEAE	2
EUGLENOPHYCEAE	1

La estructura de la comunidad de fitoplancton se resume en la tabla 2 y la composición detallada en la tabla 3.

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cel./ml	190570,09
BIOVOLUMEN TOTAL	µm³/ml	1940011
Diversidad Shannon-Wiener		1,12
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cyanobacteria
Nº células/ml		181745,87
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Merismopedia tenuissima</i>
Nº células/ml		138374,89
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Cyanobacteria
µm³/ml		743646
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Cyclotella ocellata</i>
µm³/ml		764024

La concentración de clorofila fue de 5,79 $\mu\text{g/L}$ para la muestra integrada, cuya profundidad se ha señalado en la figura 6 con una línea roja. El perfil vertical determinado mediante fluorimetría ha mostrado un máximo epilimnético entre los 4 y los 6 metros de profundidad.

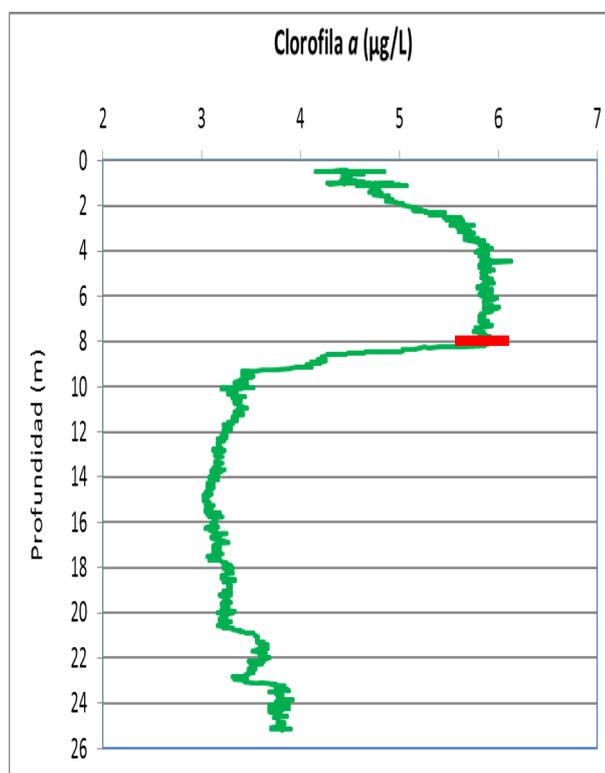


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a.

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

Tabla 3. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
CYCLOCELO	<i>Cyclotella ocellata</i>	3039,96	764024	3
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
CYMASOLE0	<i>Cymatopleura solea</i>			1
CYMBMINU0	<i>Encyonema minutum (=Cymbella minuta)</i>	16,26	7864	
FRAGCROT0	<i>Fragilaria crotonensis</i>			1
NITZPALE0	<i>Nitzschia palea</i>	0,94	469	1
SURIOVAL0	<i>Surirella ovalis</i>			1



	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
	CHRYSOPHYCEAE			
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	1446,82	46298	
	XANTHOPHYCEAE			
TRACSEXA0	<i>Trachydiscus sexangulatus</i>	227,59	21450	
	CHLOROPHYTA			
CARTEGEN0	<i>Carteria</i> sp.	5,67	8144	
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.	16,26	2920	
DIDYCOMA0	<i>Didymocystis comasii</i>	32,51	340	
ELAKGELA0	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	32,51	1735	
KIRCOBES0	<i>Kirchneriella obesa</i>			2
OOCYLACU0	<i>Oocystis lacustris</i>	32,51	1907	
OOCYMARS0	<i>Oocystis marssonii</i>	16,26	3677	
PANDMORU0	<i>Pandorina morum</i>			1
PLANLAUT0	<i>Planctonema lauterbornii</i>	3836,52	131827	2
	ZYGNEMATOPHYCEAE			
COSMLAEV0	<i>Cosmarium laeve</i>	0,94	886	
	CYANOBACTERIA			
MERIMINIO	<i>Merismopedia minima</i>	105,81	1496	
MERITENU0	<i>Merismopedia tenuissima</i>	138374,89	125199	1
MICRAERU0	<i>Microcystis aeruginosa</i>			2
PLANRUBE0	<i>Oscillatoria rubescens</i>	38,73	5830	1
PSEUDGEN0	<i>Pseudanabaena</i> sp.	4,02	79	
SPIRUGEN0	<i>Spirulina</i> sp.			1
WORONAEG1	<i>Woronichinia naegeliana</i>	43222,43	611043	1
WOROELOR0	<i>Woronichinia elorantae</i>			3
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	65,03	155429	
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	2,83	1615	
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (= <i>Rhodomonas lacustris</i> var. <i>nannoplanctica</i>)	48,77	2860	
	DINOPHYCEAE			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,94	41322	1
GYMNWAWR0	<i>Gymnodinium wawriake</i>	0,94	1567	
PERICINC0	<i>Peridinium cinctum</i>			1
	EUGLENOPHYCEAE			
PHACCAUD0	<i>Phacus caudatus</i>	0,94	2030	
PHACLONG0	<i>Phacus longicauda</i>			1

	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
COD_EMB_LW	FITOPLANCTON	cél./ml	µm ³ /ml	
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	3057,16	772357	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	1446,82	46298	
	TOTALES XANTHOPHYCEAE	227,59	21450	
	TOTALES CHLOROPHYTA	3972,24	150550	
	TOTALES ZYGNEMATOPHYCEAE	0,94	886	
	TOTALES CYANOBACTERIA	181745,87	743646	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	116,63	159904	
	TOTALES DINOPHYCEAE	1,89	42889	
	TOTALES EUGLENOPHYCEAE	0,94	2030	
	TOTALES ALGAS	190570,09	1940011	

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

4.4. Zooplancton

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

- 3 Cladocera
- 4 Copepoda
- 9 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	9,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	385,19
BIOMASA TOTAL	µg/L	622,11
Diversidad Shannon-Wiener		2,97
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Copépodos
individuos/L		175,77
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Copidodiaptomus numidicus</i>
individuos/L		84,62
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Copépodos
µg/L		381,66
TAXÓN PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Copidodiaptomus numidicus</i>
µg/L		338,62
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 25 m
CLADÓCEROS: 18,75 %	COPÉPODOS: 22,85 %	ROTÍFEROS: 58,40 %

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			
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	12,31	14,77	0,81
DAPHCUCU0	<i>Daphnia cucullata</i>	0,19	0,58	0,04
DIAPMONG0	<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	83,08	207,69	17,89
	COPÉPODOS			
COPINUMI0	<i>Copidodiaptomus numidicus</i>	84,62	338,62	13,83
THERDYBO0	<i>Thermocyclops dybowskii</i>	12,31	31,02	0,85
CYCLOPFAM	Ciclópido	78,65	11,88	8,13
HARPACORD	Harpacticoides	0,19	0,14	0,04
	ROTÍFEROS			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	1,54	0,10	0,04
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>	3,08	2,31	2,44
COLLOGEN0	<i>Collotheca</i> sp.	7,69	0,23	4,07
HEXAOXYU0	<i>Hexarthra oxyuris</i>	41,54	8,64	26,84
KERACoch0	<i>Keratella cochlearis</i>	13,85	0,69	8,13
KERCOTEC1	<i>Keratella cochlearis tecta</i>	3,08	0,15	1,63
KERAQUAD0	<i>Keratella quadrata</i>	12,31	1,54	2,44
	<i>Lecane stenroosi</i>	-	-	0,41
POLYDOLI0	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	3,08	0,16	0,20
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>	27,69	3,60	10,57
	OTROS			
DREIPOLY0	<i>Dreissena polymorpha</i> (Mejillón cebra)	-	-	1,63
	Total Cladóceros	95,58	223,04	18,75
	Total Copépodos	175,77	381,66	22,85
	Total Rotíferos	113,85	17,42	58,40
	Total Otros	-	-	1,63
	Total	385,19	622,11	100,00

5. 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 Caspe.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	7,80	Oligotrófico
CLOROFILA a	5,79	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,10	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	190570	Hipereutrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,75	MESOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, los parámetros concentración de clorofila a y transparencia (DS), sitúan al embalse en rangos de mesotrofia. Mientras que la densidad algal indica un estado de oligotrofia. El fósforo total (PT), establece un estado hipereutrófico para el embalse. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de CASPE ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

6. 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 de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

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

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
		Phytoplankton Assemblage Index (Q)	>4	3-4	2-3	1-2	<1
		Trophic Index (TI)	<2,06	2,06-2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25
		Phytoplankton Trophic Index (PTI)	>4,2	3,4-4,2	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8
	Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
Zooplancton	Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2	
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			> 4, 2	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	< 1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O ₂ (mg O ₂ /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			MPE	AS FUN	NO AS FUN		
			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

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

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el indicador fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

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

Tabla 9. Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 10 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

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

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	190570	Malo
		Clorofila <i>a</i> (µg/L)	5,79	Moderado
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,93	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,48	Máximo
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,93	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,39	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	10,10	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO			2,0	DEFICIENTE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,10	Moderado
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	3,04	Deficiente
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,80	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,0	NO AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO				DEFICIENTE

b) Aproximación normativa (PENorm)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B⁺/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas 11 y 12, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

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

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR _t	B ⁺ /M (RCE)	M/D (RCE)	D/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm ³ /L	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,10	0,974	0,649	0,325
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm ³ /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 12	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm ³ /L	0,63	0,175	0,117	0,058
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,50	0,929	0,619	0,31
			Porcentaje de cianobacterias	0,10	0,686	0,457	0,229
Tipo 13	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m ³	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm ³ /L	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,10	0,979	0,653	0,326
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

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

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	≥ 1	0,99 – 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	≥ 1	0,99 – 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 1	0,99 – 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 1	0,99 – 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
			Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
INDICADOR BIOLÓGICO			> 0,8	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	< 0,2
			RANGOS DE VALORES				
Indicador	Elementos	Parámetros	Máximo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1,5-3	0,7-1,5	<0,7
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
			MPE	AS FUN	NO AS FUN		
INDICADOR FISICOQUÍMICO			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

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

Tabla 13. Combinación de los indicadores.

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

En la tabla 14 se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PE_{norm}*) tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico.

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

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	5,79	0,41	0,71	Bueno
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,93	0,33	0,67	Bueno
			Media				0,69
		Composición	<i>Índice de Catalán (IGA)</i>	3,47	0,995	0,97	Bueno
			<i>Porcentaje de cianobacterias</i>	63,56	0,36	0,32	Deficiente
			Media				0,65
Media global						0,67	
INDICADOR BIOLÓGICO				0,67		BUENO	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,10			Moderado	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	3,04			Deficiente	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	7,80			Bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3,0	NO AS FUN		
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				MODERADO			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse



Figura 8. Vista del punto de acceso