



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2017

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

INFORME FINAL DEL EMBALSE DE VADIELLO



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO





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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Vicente Sancho Tello Valls y María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

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

EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

89.000,00 €

CONTENIDO:

INFORME INDIVIDUAL DEL EMBALSE DE VADIELLO

AÑO DE EJECUCIÓN:

2017

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2017



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

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

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2017). Establecimiento de una metodología para el seguimiento del potencial ecológico vs. estado trófico de los embalses de la cuenca del Ebro. 212 págs. más anejos. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

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



ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE.....	7
2.1. <i>Ámbito geológico y geográfico</i>	<i>7</i>
2.2. <i>Características morfométricas e hidrológicas</i>	<i>8</i>
2.3. <i>Usos del agua</i>	<i>9</i>
2.4. <i>Registro de zonas protegidas.....</i>	<i>9</i>
3. TRABAJOS REALIZADOS	10
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
4.1. <i>Características físico-químicas 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. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	21

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2016-2017	9
Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.....	10
Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH	11
Figura 4. Perfil vertical de la extinción luminosa y oxígeno disuelto	12
Figura 5. Perfil vertical de la conductividad y de la materia orgánica disuelta cromofórica.....	13
Figura 6. Perfil vertical de la clorofila <i>a</i>	16
Figura 7. Vista de la presa del embalse	27
Figura 8. Vista del punto de acceso al embalse.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Vadiello.....	8
Tabla 1. Concentración de los diferentes nutrientes analizados en las muestras integradas.....	14
Tabla 3. Estructura y composición de la comunidad de fitoplancton.....	15
Tabla 4. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.....	16
Tabla 5. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.....	18
Tabla 6. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.....	19
Tabla 7. Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.	20
Tabla 8. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Vadiello.	20
Tabla 9. Parámetros y rangos para la determinación del potencial ecológico experimental.	21
Tabla 10. Combinación de los indicadores.....	22
Tabla 11. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Vadiello.	22
Tabla 12. 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 13. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.	24
Tabla 14. Combinación de los indicadores.....	24
Tabla 15. Diagnóstico del potencial ecológico (PE_{norm}) del embalse de Vadiello.....	25



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Vadiello durante los muestreos de 2017 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

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

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano 2017, correspondiente al año hidrológico 2016-2017).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

El Embalse de Vadiello se sitúa dentro del término municipal de Loporzano, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Guatizalema, afluente del Alcanadre, en la cuenca del río Cinca. La cubeta del embalse de Vadiello se enclava en las litologías que se resumen en la siguiente tabla:

TIPO LITOLÓGIA	ORIGEN
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	CARBONATADAS
Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo	DETRÍTICAS
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	DETRÍTICAS
Sales potásicas	EVAPORÍTICAS

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

La cuenca vertiente al embalse de Vadiello tiene una superficie total de 13450,71 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 65,32 hm³. Tiene una profundidad media de 28,5 m, mientras que la profundidad máxima es de 59,80 m.

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

Tabla 1. Características morfométricas del embalse de Vadiello.

Superficie de la cuenca	135 km ²
Capacidad total N.M.N.	65,32 hm ³
Capacidad útil	65 hm ³
Aportación media anual	120 hm ³
Superficie inundada	347 ha
Cota máximo embalse normal	467,69 m

Tipo de clasificación: 7. Monomítico, calcáreo, de zona húmeda, perteneciente a ríos de cabecera y tramo alto, con temperatura media anual menor de 15 °C.

Se trata de un embalse monomítico. En el periodo estival existe termoclina entre los 6 y 11 metros de profundidad. El límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 16 metros de profundidad determinado mediante medidor fotoeléctrico, aunque la estimación mediante el Disco de Secchi era de 13,8 m.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de La Peña para el año hidrológico 2016-2017 fue de 5,01 meses.

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

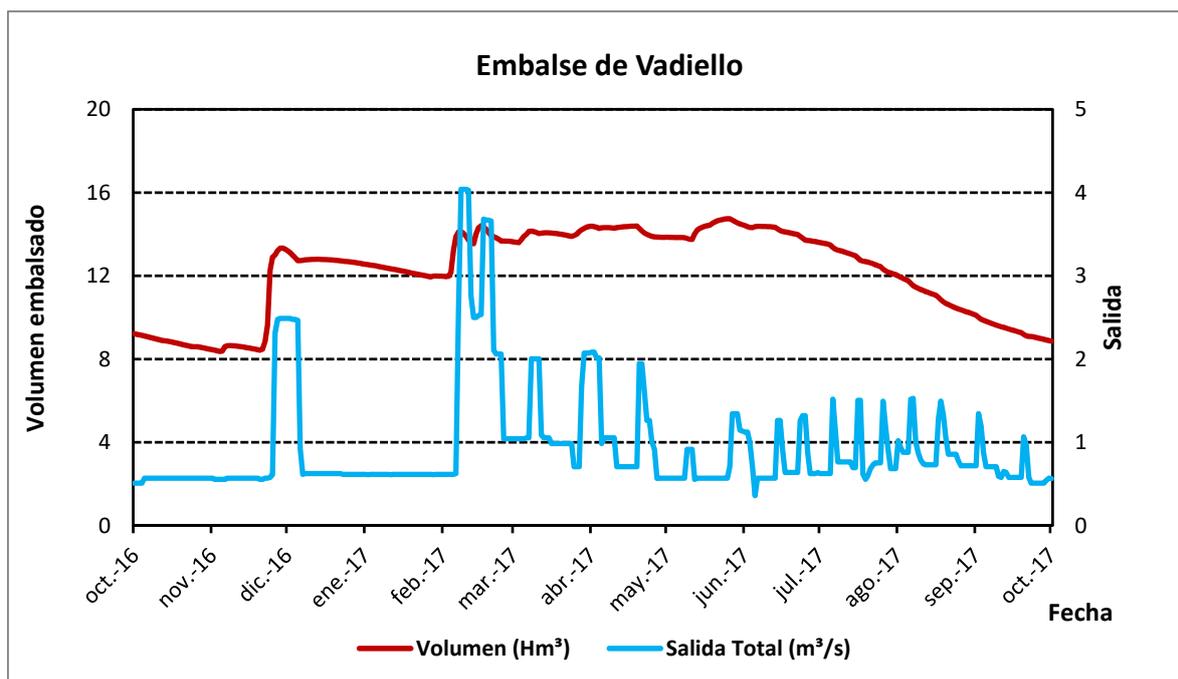


Figura 1. Volumen embalsado y salida durante el año hidrológico 2016-2017.

2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente a los regadíos y al aprovechamiento hidroeléctrico. Los usos recreativo y deportivo también son significativos, permitiéndose el baño, la navegación (a remo y a vela sin restricciones, no es apto para motor) y la pesca en este embalse.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Vadiello 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 uso recreativo (zona de baño: Guesalaz) 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 28 de Junio de 2017, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos 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.

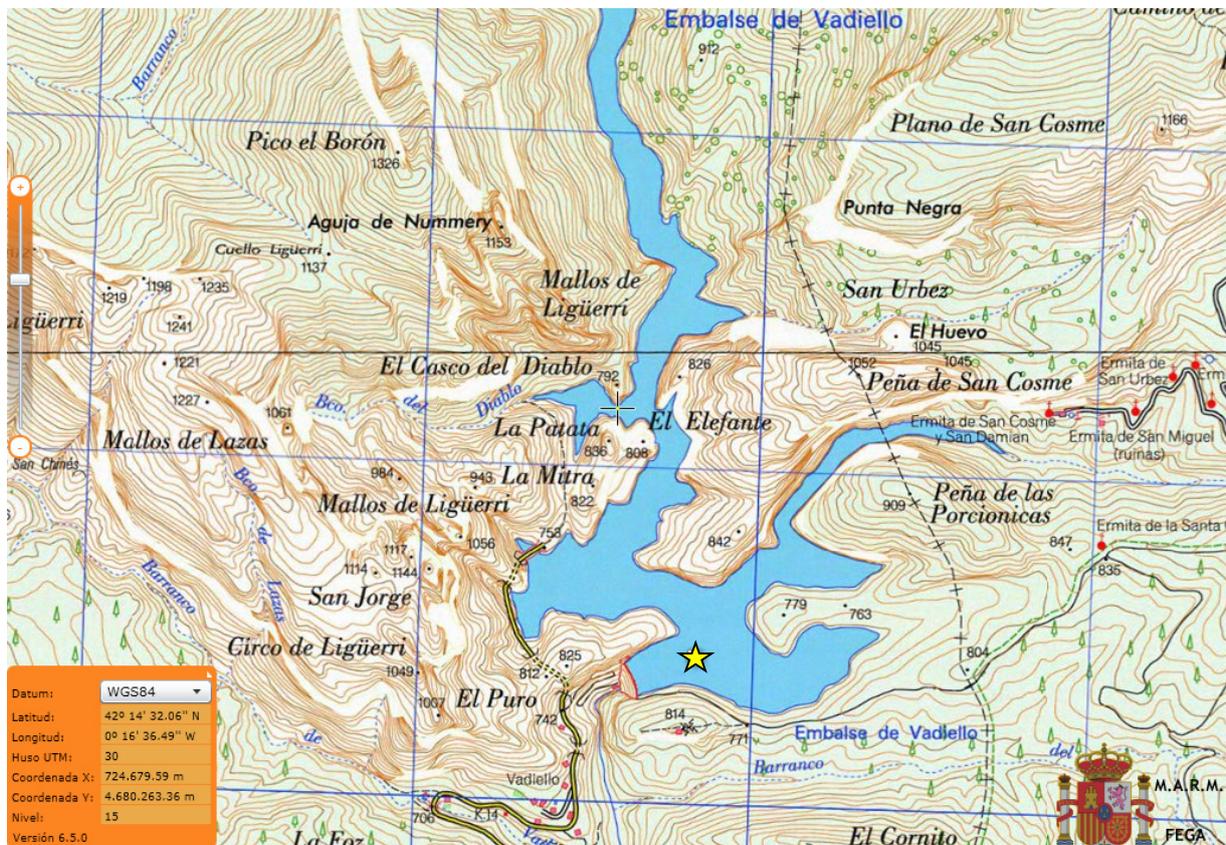
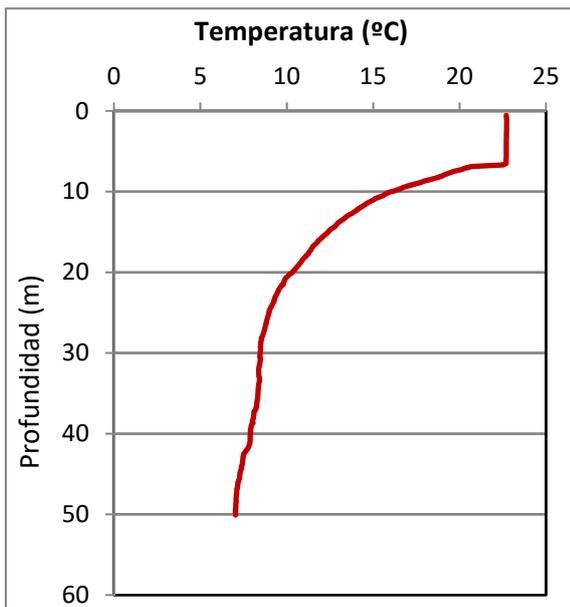


Figura 2. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

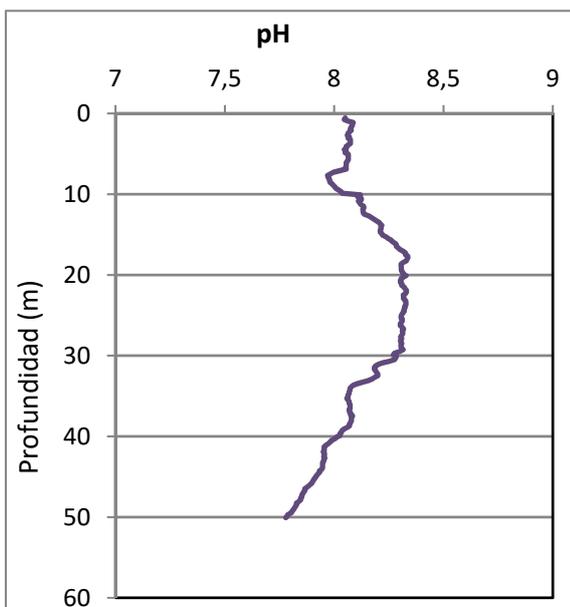
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos en las variables fisicoquímicas se desprenden las siguientes apreciaciones:

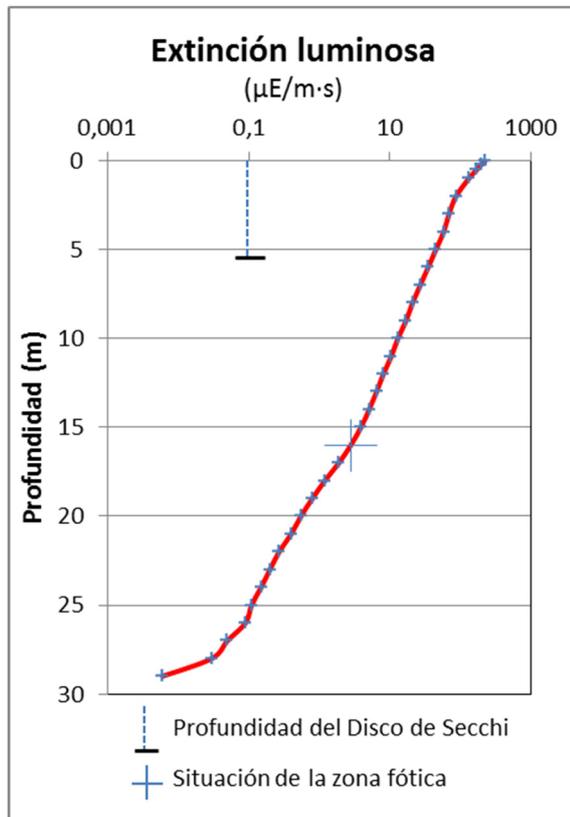


La temperatura del agua oscila entre los 7,04 °C – en el fondo- y los 22,71 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2017) la termoclina se sitúa entre los 6 – 11 metros de profundidad.



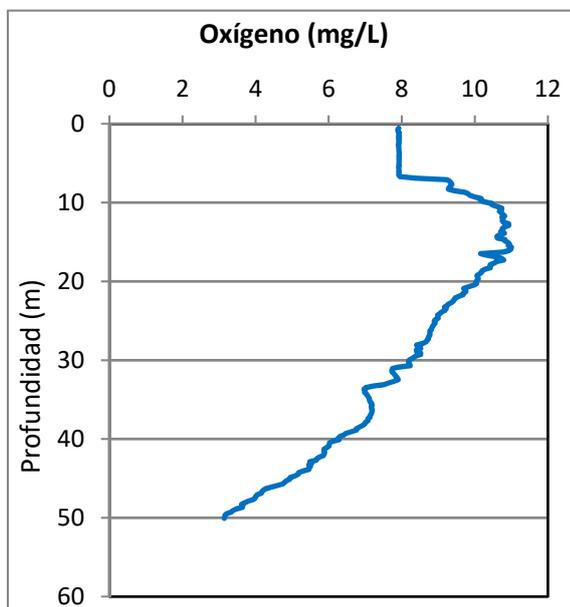
El pH del agua en la superficie es de 8,05, máximo epilimnético. En el fondo del embalse de Vadiello el pH es de 7,78, mínimo hipolimnético. El valor máximo del perfil vertical es de 8,34 a 18 metros de profundidad.

Figura 3. Perfil vertical de la temperatura y pH.



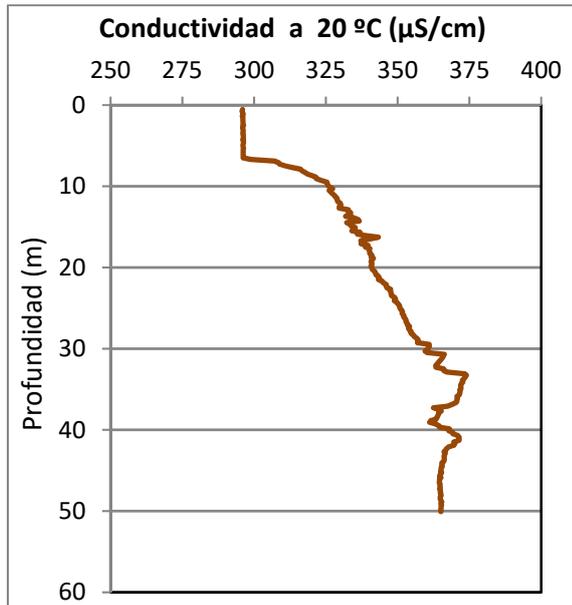
La transparencia del agua registrada en la lectura del disco de Secchi (DS) es de 5,50 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 13,8 metros. Valor mucho menor al registrado con medidor fotoeléctrico de 16 m de profundidad.

La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 16 m de profundidad) fue de 0,67 UAF.

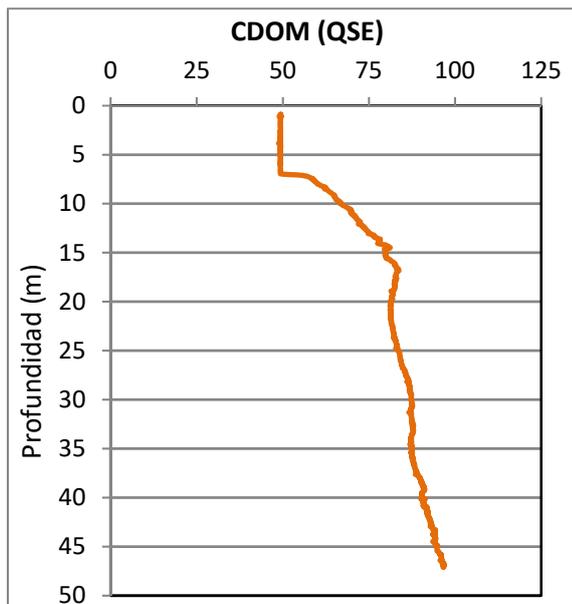


Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan una concentración media de 7,92 mg/L. En el hipolimnion las condiciones de oxigenación obtenidas son 7,84 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas ($<2 \text{ mg/L O}_2$).

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



La conductividad del agua registrada es de 296 $\mu\text{S/cm}$ en la superficie y de 365 $\mu\text{S/cm}$ en el fondo. La conductividad más alta se registra a los 33 m de profundidad, 374 $\mu\text{S/cm}$.



El CDOM del agua es de 49 QSE (equivalentes de sulfato de quinina) en la superficie y de 96 QSE en el fondo, valor máximo de CDOM registrado.

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

4.2. Hidroquímica del embalse

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

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD CAPA FÓTICA	m	16,0
AMONIO	mg NH ₄ /L	<0,01
FÓSFORO TOTAL	µg P/L	2,43
FÓSFORO SOLUBLE	µg P/L	0,49
NIO (NO ₃ + NO ₂)	mg N/L	0,01
NITRÓGENO TOTAL	mg N/L	0,15
SÍLICE	mg SiO ₂ /L	2,72
ALCALINIDAD	meq/L	3,09

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

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

BACILLARIOPHYCEAE	5
CHRYSOPHYCEAE	7
CHLOROPHYCEAE	6
CYANOBACTERIA	2
CRYPTOPHYCEAE	4
DINOPHYCEAE	5

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

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

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nº CÉLULAS TOTALES	nº cel./ml	1334
BIOVOLUMEN TOTAL	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	231249
Diversidad Shannon-Wiener		2,93
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cyanobacteria
Nº células/ml		761
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Planktothrix agardhii</i>
Nº células/ml		436
CLASE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		Dinophyceae
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		83688
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOVOLUMEN)		<i>Planktothrix agardhii</i>
$\mu\text{m}^3/\text{ml}$		48244

La concentración de clorofila fue de 1,05 $\mu\text{g/L}$ en la muestra integrada (profundidad señalada en la figura 6 con una línea roja). Se observa en el perfil medido por fluorimetría que el valor máximo de concentración de clorofila se sitúa en los 17,3 m de profundidad.

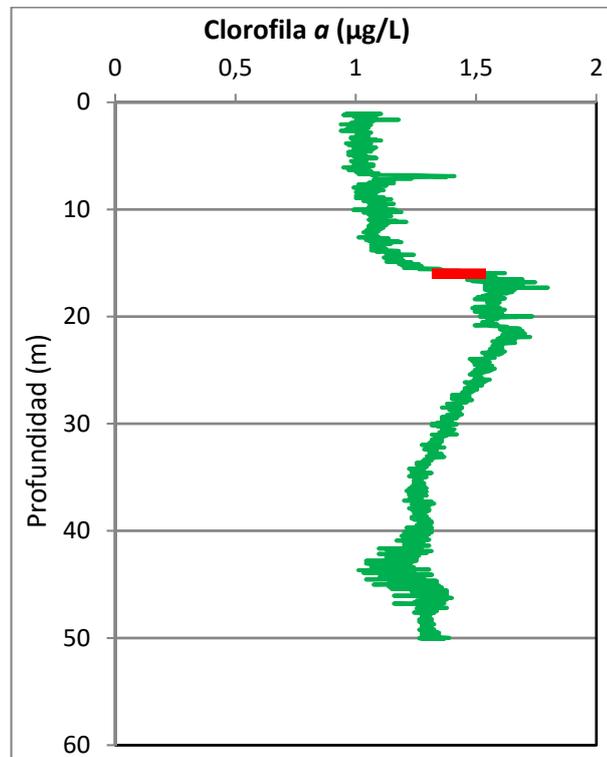


Figura 6. Perfil vertical de la clorofila a

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 4:

Tabla 4. Composición detallada de la comunidad de fitoplancton.

COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	(1 al 5)
	BACILLARIOPHYCEAE/CENTRALES/			
AULAAMB10	<i>Aulacoseira ambigua</i>	0,49	435,67	1
CYCLCYCL0	<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	100,38	15.451,62	1
STEPNEOA0	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>			1
	BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/			
FRAGIGEN0	<i>Fragilaria sp.</i>	0,33	106,64	
NAVIRADI0	<i>Navicula radiosa</i>	0,16	865,92	
FRAULACU2	<i>Ulnaria acus (=Fragilaria ulna var. acus)</i>			1
FRAGULNA0	<i>Ulnaria ulna (=Fragilaria ulna)</i>	0,16	187,33	
	CHRYSOPHYCEAE			
BITRCHOD0	<i>Bitrichia chodatii</i>	1,18	154,58	



COD_EMB_LW	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOVOLUMEN	CUALITATIVO
	FITOPLANCTON	cél./ml	µm3/ml	(1 al 5)
CHRYOGEN0	<i>Chrysochromulina</i> sp.	98,01	4.961,95	
CHRYCGEN0	<i>Chrysooccus</i> sp.	1,18	260,85	
DINODIVE0	<i>Dinobryon divergens</i>	136,98	23.866,23	3
KEPHLITTO	<i>Kephyrion littorale</i>	2,36	118,72	
OCHROGEN0	<i>Ochromonas</i> sp.	62,59	16.778,52	1
PSEUPSEU0	<i>Pseudokephyrion pseudospirale</i>	1,18	59,36	
	SYNUROPHYCEAE			
MALLOVIF1	<i>Mallomonas oviformis</i> (=Mallomonopsis oviformis)			1
	CHLOROPHYTA			
CHLAMGEN0	<i>Chlamydomonas</i> sp.	5,90	1.060,41	
COENHIND0	<i>Coenochloris hindakii</i>	10,63	356,15	
ELAKGELA0	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	10,63	450,75	
KIRCCORN0	<i>Kirchneriella cornuta</i>	2,36	55,65	
MONONANU0	<i>Monoraphidium nanum</i>	1,18	28,98	
PEDIBORY0	<i>Pediastrum boryanum</i>			1
PEDIDUPL0	<i>Pediastrum duplex</i>			1
PEDISIMP0	<i>Pediastrum simplex</i>			1
PEDINGEN0	<i>Pedinomonas</i> sp.	28,34	356,15	
SCENMAGN0	<i>Scenedesmus magnus</i> (=Desmodesmus magnus)			1
SCENOBTU0	<i>Scenedesmus obtusus</i>			1
SPHAPLAN0	<i>Sphaerocystis planctonica</i>			1
	CYANOBACTERIA			
APHASGEN0	<i>Aphanocapsa</i> sp.	324,74	170,04	
PLANAGAR0	<i>Planktothrix agardhii</i>	436,81	48.244,18	5
	CRYPTOPHYCEAE			
CRYPERSO0	<i>Cryptomonas erosa</i>	8,27	19.758,54	1
CRYPMARS0	<i>Cryptomonas marsonii</i>	10,63	9.014,99	
PLAGLACU0	<i>Plagioselmis</i> (=Rhodomonas) lacustris	41,33	3.155,97	
PLAGNANN0	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (=Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica)	42,51	1.662,02	
	DINOPHYCEAE			
CERAHIRU0	<i>Ceratium hirundinella</i>	0,66	32.628,82	1
GYMNHV0	<i>Gymnodinium helveticum</i>	0,66	5.412,01	
GYMNLACU0	<i>Gymnodinium lacustre</i>	1,18	8.230,97	1
GYMNUBER0	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	2,46	27.214,66	1
PERIELPA0	<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>			1
PERIPENR0	<i>Peridiniopsis penardiforme</i>	1,18	10.202,15	
PERICINC0	<i>Peridinium cinctum</i>			1
	TOTALES BACILLARIOPHYCEAE	101,52	17.047,18	
	TOTALES CHRYSOPHYCEAE	303,49	46.200,19	
	TOTALES CHLOROPHYTA	59,04	2.308,08	
	TOTALES CYANOBACTERIA	761,55	48.414,21	
	TOTALES CRYPTOPHYCEAE	102,74	33.591,52	
	TOTALES DINOPHYCEAE	6,14	83.688,61	
	TOTALES ALGAS	1.334,48	231.249,80	

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 Vadiello se han identificado un total de 9 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 3 Cladocera
- 2 Copepoda
- 4 Rotifera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en la tabla 5:

Tabla 5. Estructura y composición de la comunidad de zooplancton.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
PROFUNDIDAD	m	16,0
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	49,23
BIOMASA TOTAL	µg/L	98,34
Diversidad Shannon-Wiener		2,42
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		Cladóceros
individuos/L		28,08
TAXÓN PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Daphnia cucullata</i>
individuos/L		16,92
CLASE PREDOMINANTE (BIOMASA)		Cladóceros
µg/L		92,15
ESPECIE PREDOMINANTE (BIOMASA)		<i>Daphnia cucullata</i>
µg/L		50,77
COLUMNA AGUA INTEGRADA (red vertical)		0 - 30 m
CLADÓCEROS: 5,48 %	COPÉPODOS: 17,81 %	ROTÍFEROS: 76,71 %

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 6:

Tabla 6. Composición detallada de la comunidad de zooplancton.

CÓDIGO	COMPOSICIÓN	ABUNDANCIA	BIOMASA	PORCENTAJE
TAXÓN	ZOOPLANCTON	Ind./L	mg/L	(1 al 5)
	CLADÓCEROS			
CERIPULC0	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	0,38	0,46	1
DAPHCUCU0	<i>Daphnia cucullata</i>	16,92	50,77	
DAPHLONG0	<i>Daphnia longispina</i>	10,77	40,92	1
	COPÉPODOS			
MACRALBI0	<i>Macrocyclus albidus</i>	0,58	4,62	1
CYCLOPFAM	Fam. Cyclopidae	3,46	0,69	2
	ROTÍFEROS			
ASCOOVAL0	<i>Ascomorpha ovalis</i>	1,54	0,10	1
ASPLPRIO0	<i>Asplanchna priodonta</i>			1
COLUOBTU0	<i>Colurella obtusa</i>	0,19	0,00	
KERACOC0	<i>Keratella cochlearis</i>	9,23	0,46	2
POLYLUMI0	<i>Polyarthra luminosa</i>	6,15	0,31	3
POLYMAJO0	<i>Polyarthra major</i>			2
	Total Cladóceros	28,08	92,15	5,48
	Total Copépodos	4,04	5,31	17,81
	Total Rotíferos	17,12	0,88	76,71
	Total	49,23	98,34	100

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

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 7 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.

Tabla 7. 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 <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) 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	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

En la tabla 8 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 8. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Vadiello.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	2,43	Ultraoligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	1,05	Oligotrófico
DISCO SECCHI	5,50	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1334	Mesotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	2,0	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el fósforo total (PT) determina para el embalse un estado ultraoligotrófico. Mientras que la transparencia (DS) y la concentración de clorofila *a*, clasifican el embalse como oligotrófico. Y la densidad algal cataloga el embalse como mesotrófico. Combinando todos los indicadores el estado trófico final para el embalse de Vadiello ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla 9, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 9. 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 <i>a</i> (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)			< 2,6	2,6 - 3,4	3,4 - 4,2	> 4,2	< 2,6
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)			Muy bueno	Bueno	Moderado		
			< 1,6	1,6 - 2,4	> 2,4		

(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 10:

Tabla 10. 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 11 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 11. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Vadiello.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel./ml)	1334	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	1,05	Bueno o superior
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,23	Bueno o superior
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	1,73	Deficiente
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,98	Bueno o superior
		<i>Trophic Index (TI)</i>	3,07	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	7,93	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	5,50	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,84	Bueno
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,43	Muy bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			2	BUENO
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO

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

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 12 y 13, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

Tabla 12. 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 13. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

Indicador	Elementos	Parámetros	RANGOS DEL RCE				
			Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila <i>a</i> (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			< 1,6	1,6 – 2,4	> 2,4		

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 14:

Tabla 14. 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 15 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 15. Diagnóstico del potencial ecológico (*PE_{norm}*) del embalse de Vadiello.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	1,05	2,47	2,03	Bueno o superior
			Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,23	3,29	2,43	Bueno o superior
			Media				2,23
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,96	0,999	0,98	Moderado
			Porcentaje de cianobacterias	20,94	0,79	0,70	Bueno
			Media				0,84
Media global						1,54	
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			<i>PE_{norm}</i>	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	5,50			Bueno	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,84			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	2,43			Muy bueno	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				2		BUENO	
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>				BUENO O SUPERIOR			



ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 7. Vista de la presa del embalse.

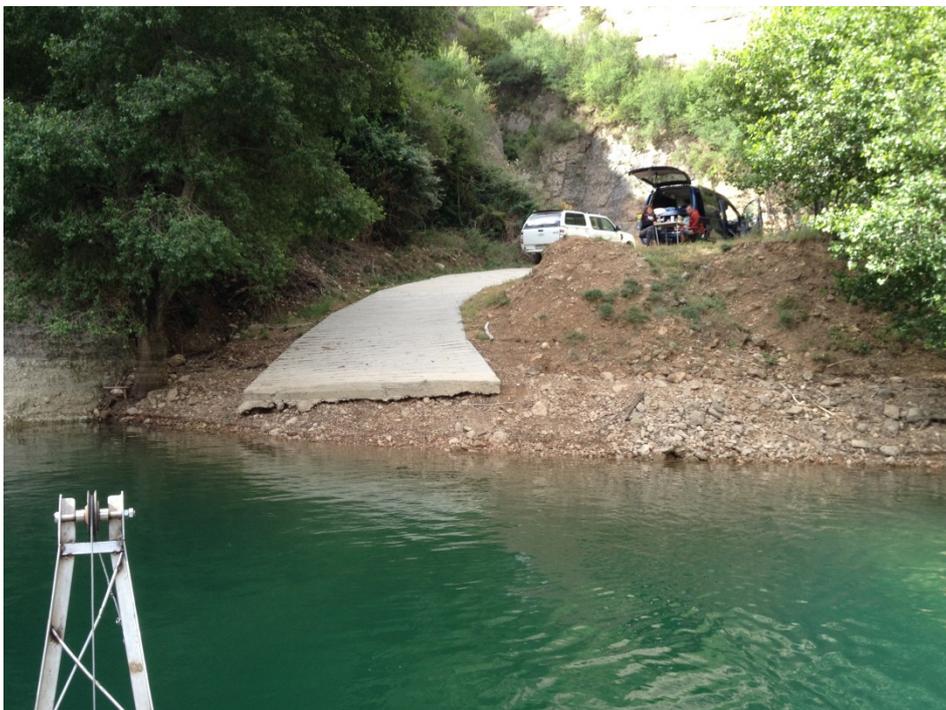


Figura 8. Vista del punto de acceso.