



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

EMBALSE DE LA TRANQUERA

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE	1
2.1. Ámbito geográfico	1
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	5
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
4.1. Características físico-químicas de las aguas	7
4.2. Hidroquímica del embalse	9
4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores	12
4.3.1. Cualidad bioindicadora	15
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	15
6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	16
ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS	
ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS	
ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS	
REPORTAJE FOTOGRÁFICO	
APÉNDICE 1. FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE	

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de La Tranquera y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se expone un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico

El embalse de La Tranquera está situado en el extremo oriental de la cuenca de Almazán, sobre materiales del basamento paleozoico y mesozoico en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1957, se sitúa en el término municipal de Carenas, en la provincia de Zaragoza. Regula principalmente las aguas de los ríos Piedra y Mesa, aunque también las de algunos barrancos de carácter intermitente.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de medianas dimensiones, que presenta dos brazos perfectamente definidos, ya que la presa se sitúa inmediatamente después de la confluencia del río Mesa con el Piedra.

La cuenca vertiente al embalse de La Tranquera tiene una superficie total de 146 069,84 ha, de las cuales 77 320 ha corresponden a la cuenca vertiente del río Piedra y 61 480 ha al río Mesa.

El embalse tiene una extensión de 530 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 84,17 hm³. Tiene una profundidad media de 15,8 m, mientras que la profundidad máxima es de 41 m. En el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas

Superficie de la cuenca total (ha)	146 069,84
Superficie de la cuenca parcial (ha)	146 069,84
Superficie de la subcuenca de escorrentía (ha)	16 470
Superficie del embalse (ha)	530
Longitud máxima del embalse (km)	6
Capacidad total (hm ³)	84,17
Capacidad útil (hm ³)	-
Profundidad máxima (m)	41
Profundidad media (m)	15,8
Perímetro en máximo nivel (km)	29
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	685
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	645,3; 648,5; 646,8

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. En verano de 2004 el embalse presenta una tenue termoclina a 10 m de profundidad, mientras que en verano de 2005 no se detectó estratificación térmica. Por su parte la capa fótica en el estío oscila entre los 3 y los 6 m de espesor.

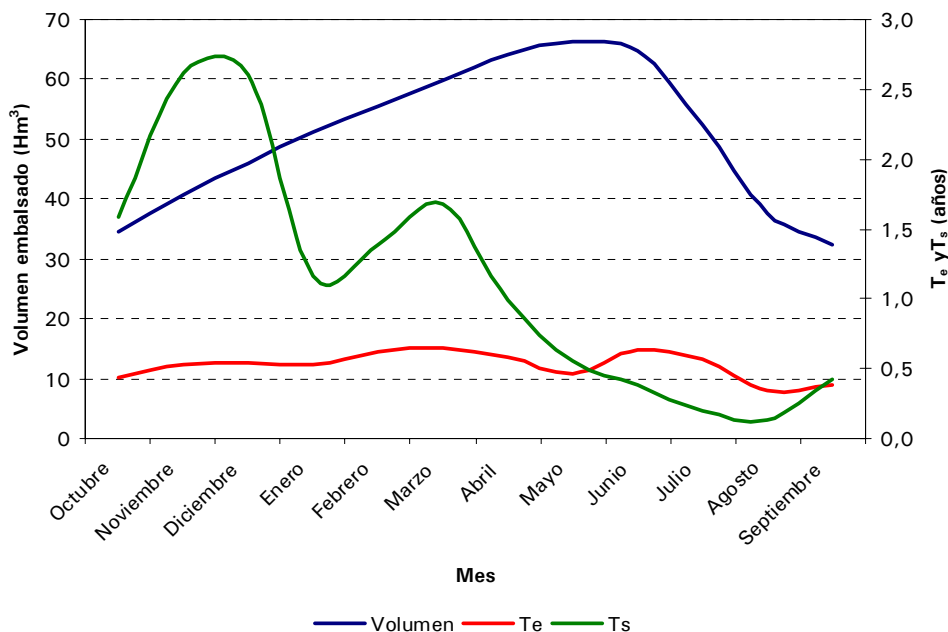
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondiente al periodo 2001-2005.

Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Periodo 2001-2005

BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL					
Periodo	Volumen	Salidas totales	Entradas Totales	Ts	Te
2001-2005	Hm³	Hm³	Hm³	años	años
Octubre	34,64	1,85	6,78	1,59	0,43
Noviembre	40,56	1,28	6,35	2,61	0,53
Diciembre	46,00	1,50	7,13	2,60	0,55
Enero	51,25	3,75	8,20	1,16	0,53
Febrero	55,50	3,08	6,85	1,38	0,62
Marzo	59,78	3,03	7,88	1,68	0,64
Abril	64,23	5,35	9,03	0,99	0,58
Mayo	66,15	10,18	12,25	0,55	0,46
Junio	64,85	14,15	8,48	0,38	0,63
Julio	52,39	22,53	7,78	0,20	0,57
Agosto	37,54	23,00	9,15	0,14	0,35
Septiembre	32,35	6,30	6,93	0,42	0,38
Total anual	50,44	95,98	96,78	0,53	0,52

El tiempo de residencia interanual del agua es alto, en torno a 6 meses. El mínimo se obtiene en el mes de agosto, entre 1,7 y 4,2 meses según se atiende a las salidas o las entradas, respectivamente. Los máximos se dan en noviembre -2.6 años-, según las salidas, y en marzo -7,7 meses-, según las entradas.

¹ Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua


2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y al abastecimiento. Las poblaciones abastecidas con las aguas del embalse son Calatayud y Carenas. Las principales actividades recreativas que se efectúan en el embalse son la pesca y el baño y, en menor medida, la navegación, quedando limitando el uso de embarcaciones a motor.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de La Tranquera 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, dentro de las siguientes categoría:

- *Zonas de extracción para consumo humano*: La captación ubicada en el embalse de la Tranquera abastece a una población de 18961 habitantes. El titular de la captación es el ayuntamiento de Calatayud.

- *Zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE:* El embalse se encuadra en la lista de 12 embalses declarados como Zonas Sensibles, a través de la Resolución 25 de mayo de 1998 de la Secretaria de Estado de Aguas y Costas.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en las inmediaciones de la presa (**E1**) y dos más en tributarios, la primera en el río Piedra (**T1**), en la localidad de Nuévalos, y la segunda en el río Mesa (**T2**), antes de su ingreso al embalse -cruce con la ctra. A1501- (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo

1ª Campaña	20/07/2004	Mezcla
2ª Campaña	02/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	29/03/2005	Mezcla
4ª Campaña	04/07/2005	Estratificación

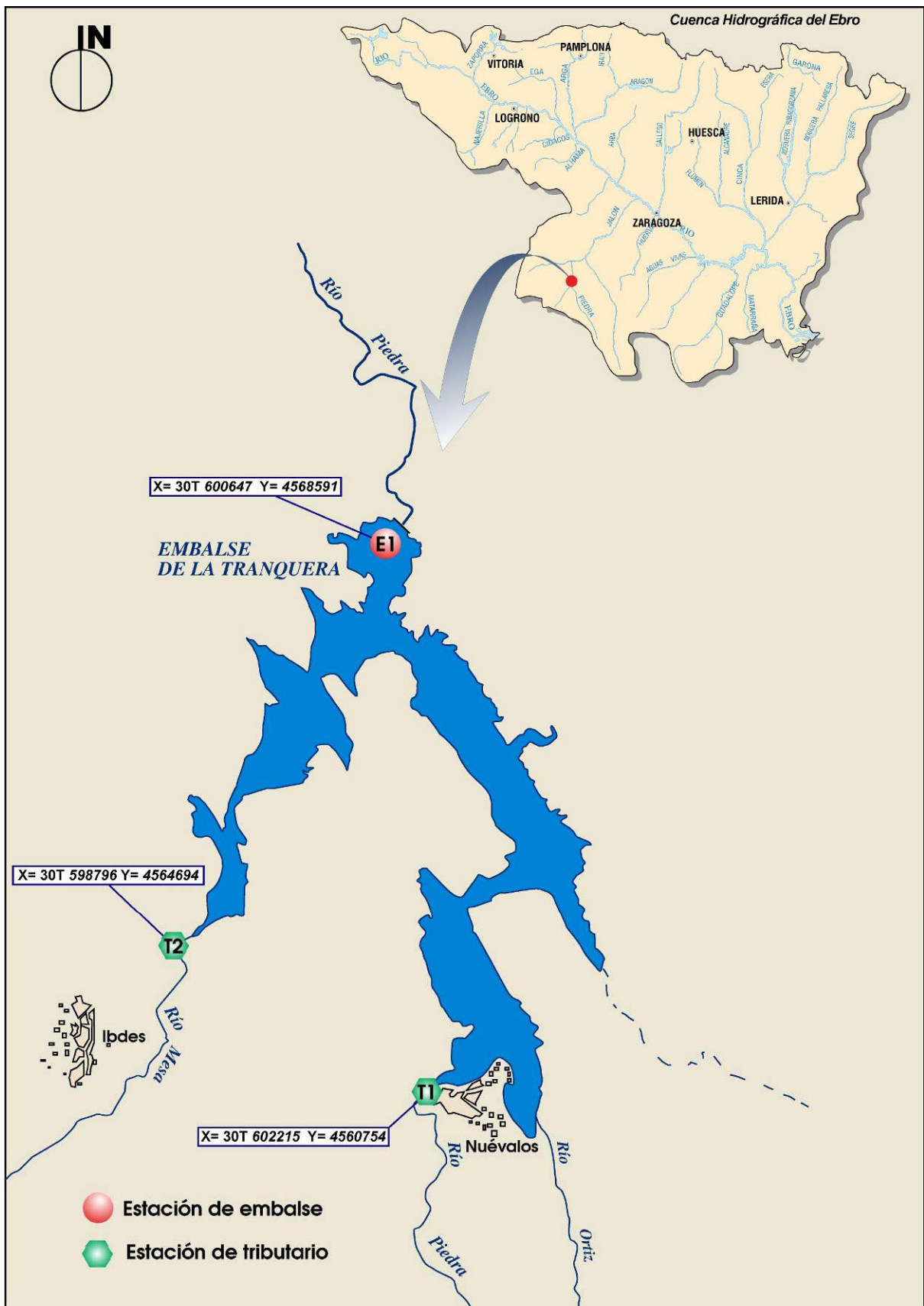


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de La Tranquera

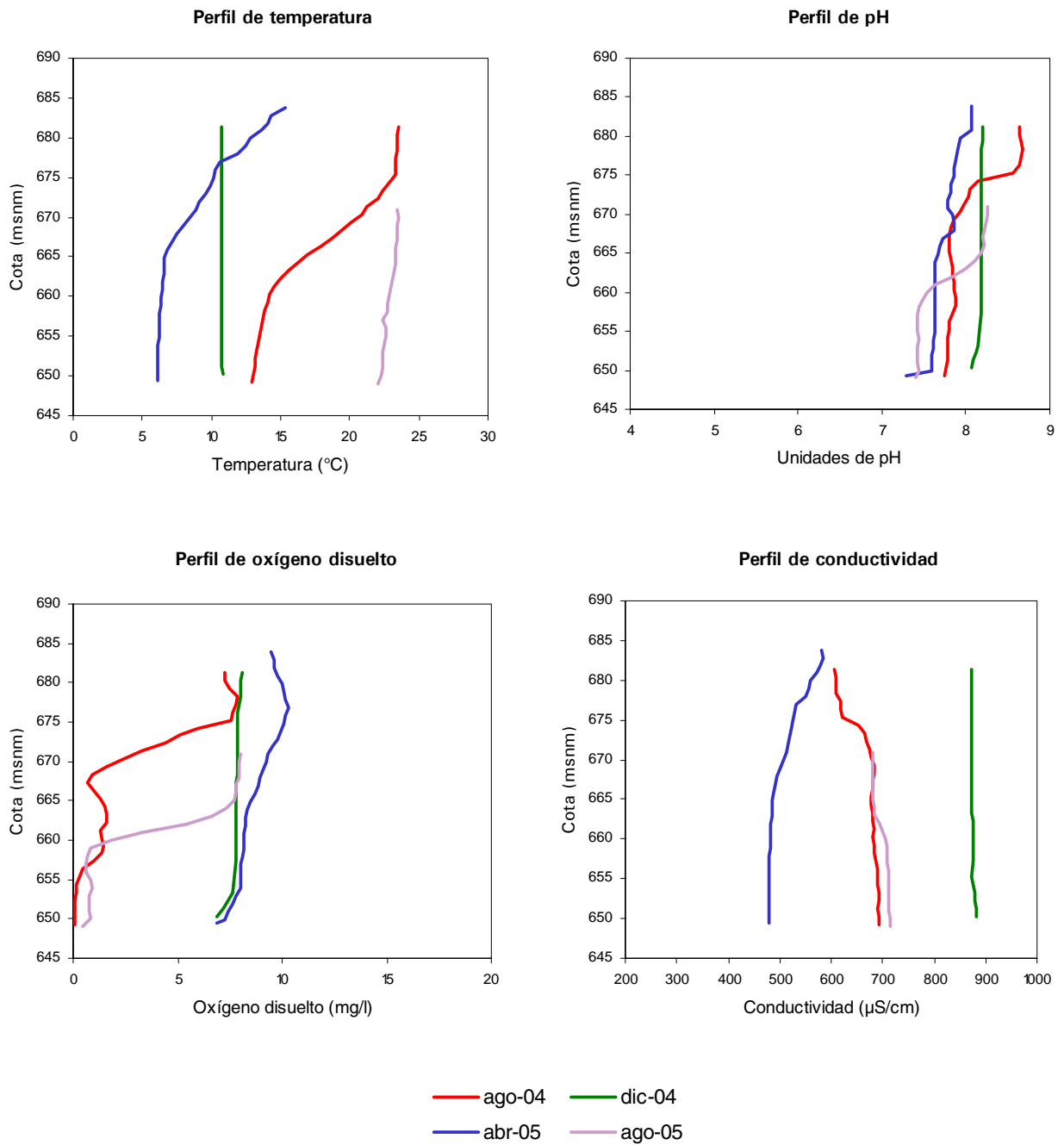
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 6,13 °C -mínimo- y los 23,5 °C, -máximo registrado en el estío-. En verano de 2004 el embalse presentó una tenue termoclina a 10 m de profundidad. En primavera de 2005 la columna de agua ya presentaba un gradiente térmico a 7 m de profundidad, situación que no se reprodujo en verano de 2005, donde el embalse no presentaba estratificación térmica.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 7,9 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,67 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,29 ud.
- La transparencia del agua es moderada, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 3,4 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 6 metros. El mínimo (1,5 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (6,4 m) se registra en primavera.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas durante el invierno y la primavera, estaciones en las que la columna de agua presenta concentraciones de oxígeno entre 6,9 y 10,3 mg/ O₂. Esta situación empeora ostensiblemente en el estío, donde a partir de 12 metros de profundidad se detectan condiciones anóxicas (< 1mg/l O₂).
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 674 μS/cm. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores históricos de este ámbito.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas-altas y se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,030 mg/l P. El máximo de fósforo total se da en primavera, donde la concentración alcanza un valor de 0,072 mg/l P, mientras que el mínimo -0,012 mg/l P- se localiza en verano del 2005. Los ortofosfatos presentan unas concentraciones más estables, oscilando entre 0,002 mg/l P -mínimo primaveral- y 0,008 mg/l P -máximo invernal-.

De los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitritos que superan el umbral establecido para vida piscícola de tipo ciprinícolas ($\leq 0,03$ mg NO_2/l). La concentración media del nitrógeno inorgánico total (NIT) adquiere un valor de 2,37 mg/l N. Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos ($\text{NO}_3/\text{NIT} = 96\%$), siendo la proporción de amonio y nitritos baja ($\text{NH}_4/\text{NIT} = 2\%$; $\text{NO}_2/\text{NIT} = 2\%$). La evolución temporal del nitrógeno inorgánico total (NIT) presenta un incremento paulatino en el periodo estudiado, en verano de 2004 se registra el mínimo -2,02 mg/l N- valor que se va incrementando en las sucesivas campañas, hasta alcanzar una concentración de 2,86 mg/l N en verano de 2005.

Las concentraciones de nutrientes en los tributarios son moderadas-altas, situándose la media anual de fósforo total en 0,031 y 0,043 mg/l P (ríos Piedra y Mesa, respectivamente). Por su parte, el nitrógeno inorgánico total presenta una mayor diferencia entre tributarios, con una concentración media de 4,15 mg/l N en el río Piedra frente a los 2,7 mg/l N registrados en el río Mesa.

- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en los tributarios, es moderado. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 1,0 y 15,4 mg O_2/l , para la DBO_5 y DQO , respectivamente. Destaca el contenido de

materia orgánica registrado en el río Mesa en verano de 2005, donde se dan los máximos, con unos valores de 7,1 y 27,1 mg O₂/l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente.

- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio (70,8 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes

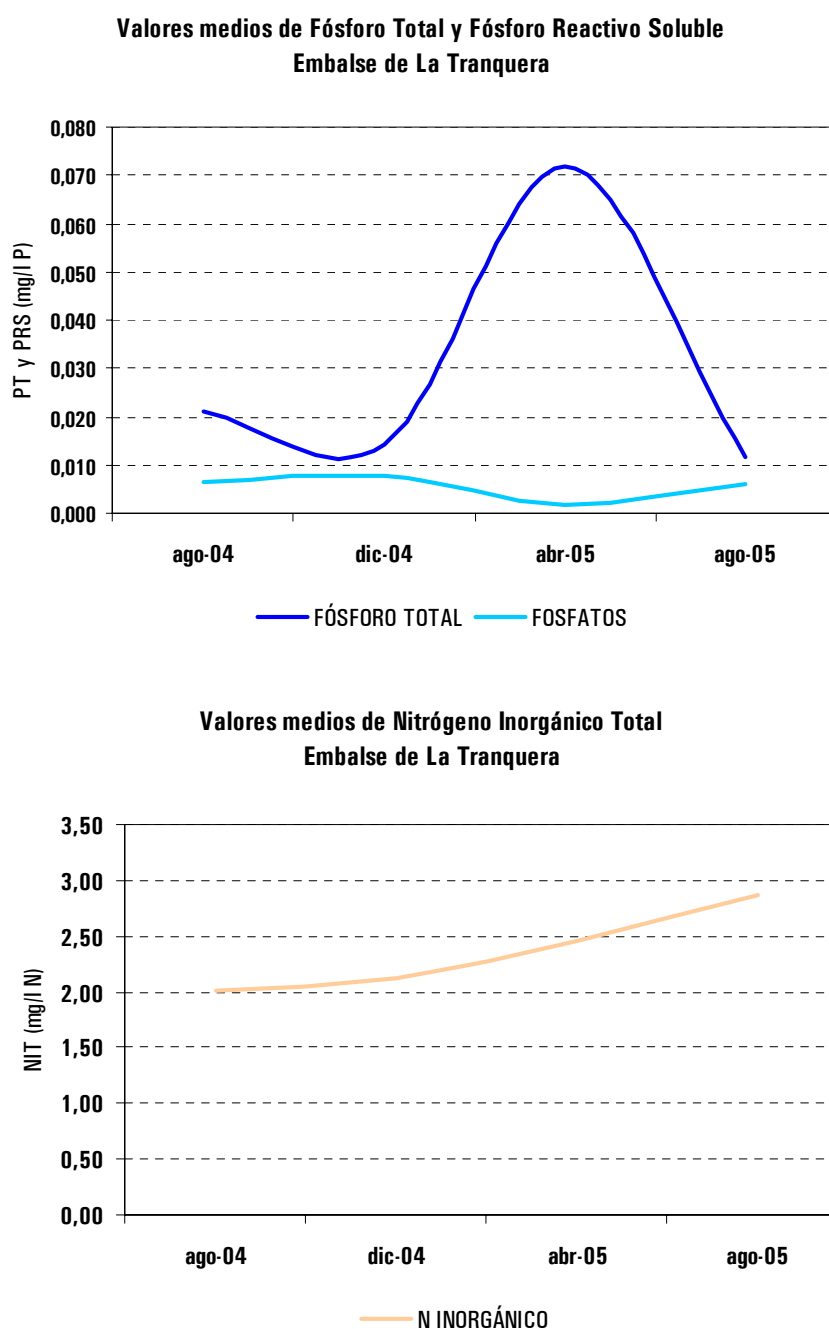
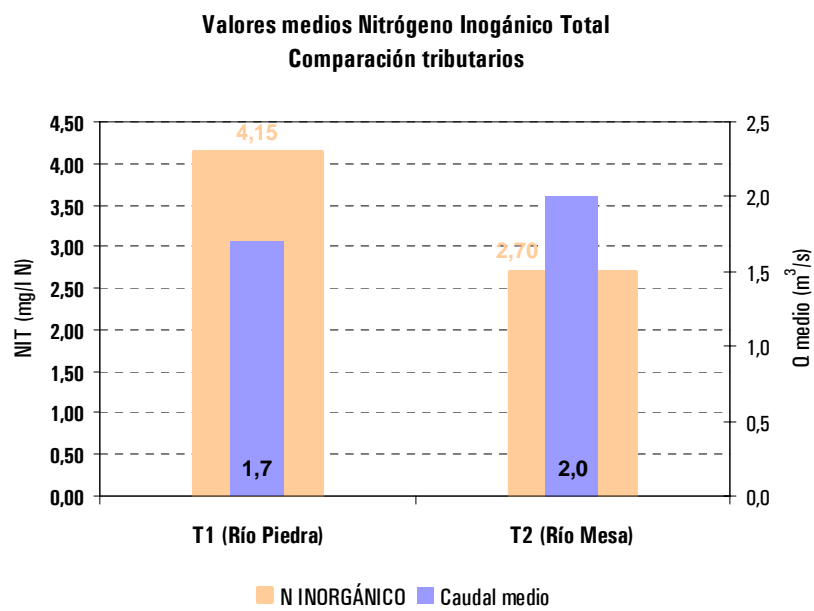
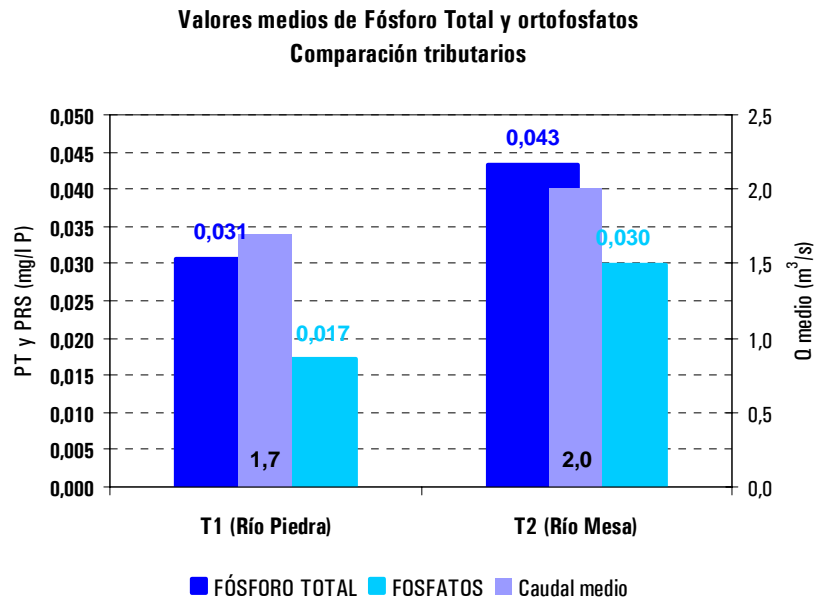


Figura 5: Comparación de la concentración de nutrientes entre tributarios.
Valores medios anuales



	Río Piedra en Nuévalos	Río Mesa en Jaraba
Estación aforo	8	56
Periodo	1913-2002	1931-2002
nº datos	24.762	15.585

Nota: Los caudales representados se han obtenido de la tabla resumen de aforos. Web <http://oph.chebro.es/ContenidoAforo>

4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

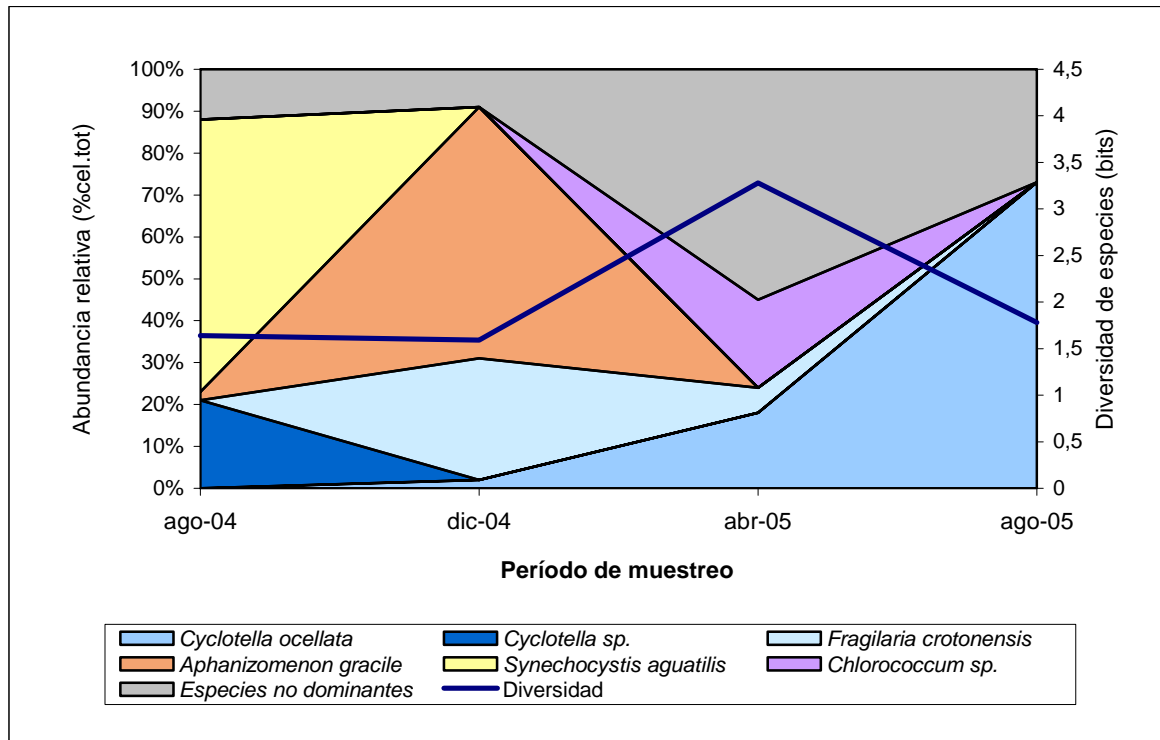
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 78 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 16 diatomeas
- 10 cianobacterias
- 31 clorofíceas
- 5 criptofíceas
- 4 crisofíceas
- 4 dinofíceas
- 3 euglenofíceas
- 5 zigofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 6 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

Figura 5: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal



La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

Durante el verano de 2004, la comunidad fitoplanctónica presenta la máxima densidad celular registrada en el periodo de estudio -18 440 cel/ml- y el grupo algal dominante son las cianobacterias (70% de la comunidad) debido a la abundancia de la especie *Synechocystis aquatilis*. La principal especie acompañante es una diatomea del género *Cyclotella*.

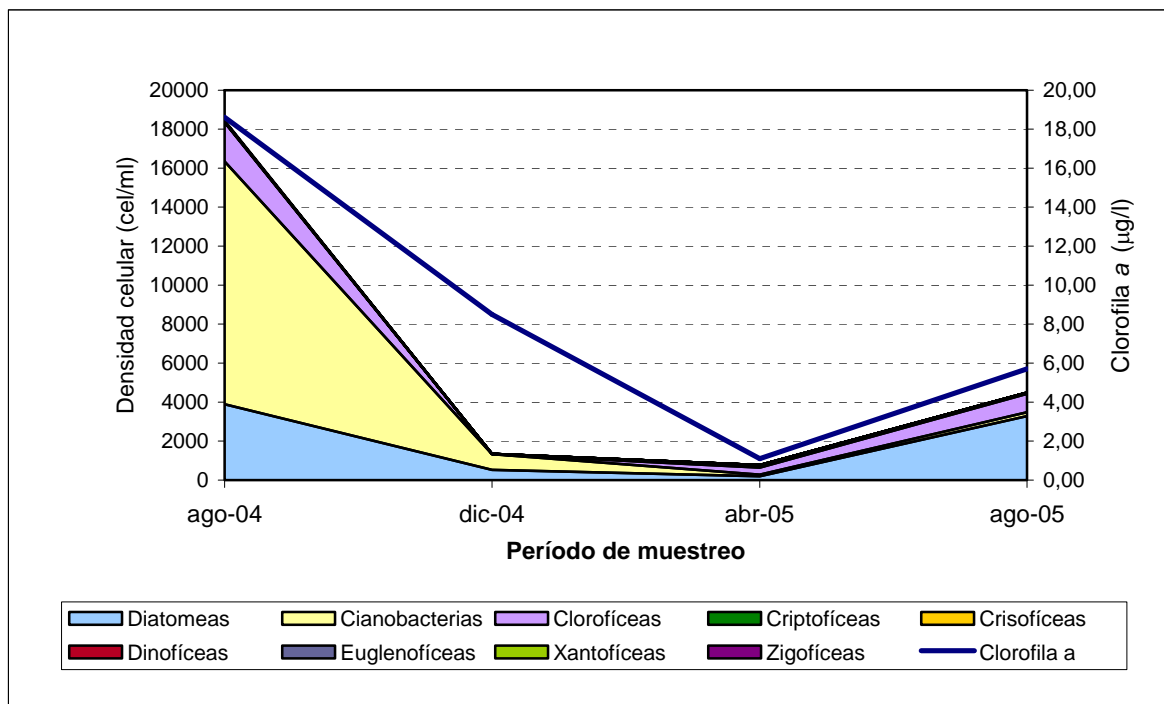
En el periodo invernal se reduce la densidad de algas del embalse hasta contabilizarse 1344 cel/ml. La composición de la comunidad fitoplanctónica es muy semejante a la de la estación precedente de manera que predominan las cianobacterias y las diatomeas. Dentro de estos grupos las especies que se distinguen por su mayor densidad relativa son *Aphanizomenon gracile* y la diatomea *Fragilaria crotonensis*. Se registra el valor más bajo del índice de diversidad de Shannon-Weaver -1,59 bits- a causa del reducido número de especies identificadas y la desigual distribución de abundancias.

En la primavera de 2005 la densidad algal continúa decreciendo hasta alcanzar el valor más bajo para el periodo de estudio -773 cel/ml-. En relación a la composición, destacan 3 especies con mayor abundancia relativa, la clorofícea *Chlorococcum sp.*, la diatomea *Cyclotella ocellata* y la criptofícea *Rhodomonas minuta*. El índice de diversidad de Shannon-Weaver es el máximo registrado durante el periodo de estudio -3,28 bits-. Este valor se debe a la equilibrada distribución de abundancias entre todas las especies identificadas -32 especies-.

En el estío de 2005 se incrementa la densidad celular hasta registrarse valores moderados -4 496 cel/ml-. Cualitativamente la población se caracteriza por la dominancia de la diatomea *Cyclotella ocellata* -su población representa el 73% de la comunidad fitoplanctónica-, por lo que las diatomeas se establecen como grupo dominante. El principal grupo acompañante es el de las clorofíceas, entre las que destacan *Oocystis sp.* y *Coelastrum reticulatum*.

El siguiente gráfico representa la evolución temporal de la densidad celular, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila a.

Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas



La evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. La tendencia de ambos parámetros es igual y el registro de los mínimos y máximos valores se producen en los mismos periodos de tiempo.

4.3.1. Calidad bioindicadora

La comunidad algal en el periodo estival de 2004 se caracteriza por la elevada densidad relativa de la cianobacteria *Synechocystis aquatilis*,



Scenedesmus acuminatus
identificada en el embalse el
28/04/2005

acompañada principalmente de la diatomea *Cyclotella sp.* La especie que proporcionaría una información más fiable del estado del embalse es *Synechocystis aquatilis* que suele crecer en embalses con una carga relativamente alta de nutrientes. La dominancia de cianobacterias se mantiene durante el invierno con la presencia de *Aphanizomenon gracile*. Esta especie es característica de finales del verano en medios eutróficos y tiene la capacidad facultativa de producir cianotoxinas. La densidad registrada de

Aphanizomenon gracile es muy baja para considerar el embalse estudiado como un medio eutrófico. En primavera no se observan cianobacterias y dominan especies características de medios mesotróficos como la clorofícea *Chlorococcum sp.* y la diatomea *Cyclotella ocellata*. El carácter mesotrófico del embalse se mantiene durante el verano de 2005 tal y como nos indica la dominancia de la diatomea *Cyclotella ocellata*.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de La Tranquera, como **meso-eutrófico**.

Prácticamente la totalidad de índices contrastados sitúan al embalse en rangos mesotróficos, no obstante, tanto la composición algal como el acusado déficit de

oxígeno que presenta el embalse en el estío, indican que existe un estrecho margen entre los niveles de mesotrofia y eutrofia.

Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	30	EUTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	6.263	MESOTRÓFICO
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	18,6	MESOTRÓFICO
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	8,5	MESO-EUTRÓF.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	30	MESO-EUTRÓF.
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	3,4	MESOTRÓFICO
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	6.263	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	8,5	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	30	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>NO₃-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	2.267	E. AVANZADA
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	3,4	E. MODERADA
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	8,5	EUTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	18,6	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4-10-35-100 > Heu.	30	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6; > 6-3; 3-1.5; < 1.5	3,4	MESOTRÓFICO
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	1,5	EUTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): DST	<i>TSI = 10(6-log₂(DST))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	42	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): CLA	<i>10(6-log₂ 7,7(1/Cl^a^0,68))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	51	MESOTRÓFICO
TSI (Carlson, 1974): PT	<i>TSI = 10(6-log₂(54,9/PT))</i>	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	51	MESOTRÓFICO

6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO - se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de La Tranquera es **MODERADO**.

EMBALSE DE LA TRANQUERA			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
Indicadores	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	6.263	4	2,0	2,0	0,67
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	8,5	2			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 ⁵	808	4			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	3,4	3	3,0	2,0	0,67
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O ₂)	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	5,6	3			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	29,7	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			1	2	3	4	5					

CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					
	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
EQR	1-0,95	0,95-0,80	0,80-0,60	0,60-0,40	0,40-0

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

TRIBUTARIO: Piedra **CAMPAÑA:** 1

Estación: LTT1 Cod. Est.: LT1T1
 Fecha: 13/08/2004 Hora: 9:58

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	15,54	8,58	7,63	76,0	657	294	427

TRIBUTARIO: Mesa **CAMPAÑA:** 1

Estación: LTT2 Cod. Est.: LT1T2
 Fecha: 13/08/2004 Hora: 10:54

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	17,43	8,59	7,43	71,6	696	294	452

TRIBUTARIO: Piedra **CAMPAÑA:** 2

Estación: LTT1 Cod. Est.: LT2T1
 Fecha: 02/12/2004 Hora: 9:12

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	10,80	8,34	11,05	100,2	819	171	532

TRIBUTARIO: Mesa **CAMPAÑA:** 2

Estación: LTT2 Cod. Est.: LT2T2
 Fecha: 02/12/2004 Hora: 9:36

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	13,42	8,28	13,42	128,9	903	166	587

TRIBUTARIO: Piedra **CAMPAÑA:** 3

Estación: LTT1 Cod. Est.: LT3T1
 Fecha: 28/04/2005 Hora: 13:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	15,54	7,76	8,82	88,6	574	199	373

TRIBUTARIO: Mesa **CAMPAÑA:** 3

Estación: LTT2 Cod. Est.: LT3T3
 Fecha: 28/04/2005 Hora: 14:00

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	19,32	8,46	8,61	93,5	678	113	441

TRIBUTARIO: Piedra **CAMPAÑA:** 4

Estación: LTT1 Cod. Est.: LT4T1
 Fecha: 16/08/2005 Hora: 20:00

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	18,24	8,24	7,31	77,9	682	146	443

TRIBUTARIO: Mesa **CAMPAÑA:** 4

Estación: LTT2 Cod. Est.: LT3T3
 Fecha: 16/08/2005 Hora: 20:30

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. μS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
1	-	20,60	8,10	6,54	72,9	715	189	465

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT1			
CAMPAÑA:	1	FECHA:	13/08/2004			
COTA MÁXIMA:	685	NIVEL:	681			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	16	32		
COTA	msnm	680	665	649		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,0	4,0	1,6	2,4	9,3
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	144,2	177,9	190,6	237,6	245,2
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,4	0,5	1,1	4,7	2,6
DQO	mg O ₂ /l	12,0	32,0	20,0	8,0	12,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,023	0,023	0,017	0,017	0,030
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,010	0,006	0,043	0,027	0,081
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,002	0,014	0,009	0,026
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,48	0,58	0,69	0,51	0,30
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,05	0,27	0,07	0,12
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,04	0,21	0,05	0,09
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,46	0,54	0,47	0,46	0,21
NITRATOS	mg NO ₃ /l	8,50	9,83	6,14	18,85	15,12
NITRATOS	mg N/l	1,92	2,22	1,39	4,26	3,41
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,083	0,632	0,129	0,131	0,055
NITRITOS	mg N/l	0,025	0,192	0,039	0,040	0,017
N INORGÁNICO	mg N/l	1,96	2,45	1,64	4,35	3,52
CALCIO	mg Ca/l	58,7	77,4	76,2		
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	28,0	28,5	27,3		
SODIO	mg Na/l	29,3	28,0	30,6		
POTASIO	mg K/l	2,5	2,5	2,9		
CLORUROS	mg Cl/l	53,0	49,0	55,4		
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /l	72,7	67,8	88,9		
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,0006		
SÍLICE	mg SiO ₂ /l	1,18	3,35	4,80		
CLOROFILA a	µg/l	18,6				

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT2			
CAMPAÑA:	2	FECHA:	02/12/2004			
COTA MÁXIMA:	685	NIVEL:	681			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	16	31		
COTA	msnm	680	665	650		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	6,7			26,7	16,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	189,0			251,2	254,2
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,4			0,5	1,0
DQO	mg O ₂ /l	28,6			16,3	8,2
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,017	0,017	0,083	0,034
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,021	0,019	0,032	0,140	0,067
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,006	0,010	0,046	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,39	0,33	0,38	0,23	0,20
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,36	0,30	0,35	0,20	0,17
NITRATOS	mg NO ₃ /l	9,14	9,25	9,09	18,26	14,41
NITRATOS	mg N/l	2,06	2,09	2,05	4,12	3,25
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,094	0,098	0,098	0,030	0,014
NITRITOS	mg N/l	0,029	0,030	0,030	0,009	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	2,12	2,14	2,11	4,16	3,29
CLOROFILA a	µg/l	8,5				

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO: LT3				
CAMPAÑA:	3	FECHA: 28/04/2005				
COTA MÁXIMA:	685	NIVEL: 684				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	17	34		
COTA	msnm	683	667	650		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	0,8			1,8	34,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO ₃ Ca/l	191,2			165,3	244,8
DBO ₅	mg O ₂ /l	0,7			1,4	0,9
DQO	mg O ₂ /l	4,0			11,9	7,9
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,183	0,024	0,007	0,041
FOSFATOS	mg PO ₄ ³⁻ /l	0,004	0,008	0,004	0,021	0,066
FOSFATOS	mg P/l	0,001	0,003	0,001	0,007	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,43	0,44	0,59	0,64	0,70
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,02	0,02	0,10	0,07	0,06
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,07	0,05	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,41	0,42	0,51	0,59	0,65
NITRATOS	mg NO ₃ /l	11,11	10,65	10,28	18,51	14,43
NITRATOS	mg N/l	2,51	2,41	2,32	4,18	3,26
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,069	0,055	0,055	0,136	0,061
NITRITOS	mg N/l	0,021	0,017	0,017	0,041	0,019
N INORGÁNICO	mg N/l	2,54	2,44	2,41	4,27	3,32
CLOROFILA a	µg/l	1,1				

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO: LT4				
CAMPAÑA:	4	FECHA: 16/08/2005				
COTA MÁXIMA:	685	NIVEL: 671				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1S	E1M	E1F	T1	T2
PROFUNDIDAD	m	1	11	22		
COTA	msnm	670	660	649		
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	2,7			12,4	8,6
DBO ₅	mg O ₂ /l	2,0			1,5	7,1
DQO	mg O ₂ /l	7,9			11,9	27,7
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,020	0,009	0,016	0,068
FOSFATOS	mg PO ₄ ³ /l	0,018	0,015	0,023	0,023	0,151
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,005	0,007	0,007	0,049
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,48	0,16	0,25	0,26
AMONIO TOTAL	mg NH ₄ /l	0,06	0,05	0,07	0,07	0,11
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,04	0,05	0,06	0,08
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,11	0,44	0,11	0,19	0,18
NITRATOS	mg NO ₃ /l	8,81	8,49	19,21	16,54	2,33
NITRATOS	mg N/l	1,99	1,92	4,34	3,73	0,53
NITRITOS	mg NO ₂ /l	0,136	0,227	0,328	0,062	0,151
NITRITOS	mg N/l	0,041	0,069	0,100	0,019	0,046
N INORGÁNICO	mg N/l	2,08	2,02	4,49	3,81	0,65
SULFUROS	mg S ⁻² /l			0,0000		
CLOROFILA a	µg/l	5,7				

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT1
CAMPAÑA:	1	FECHA:	13/08/2004
COTAMAX:	685	D. SECCHI:	2,1
NIVEL:	681	C.FÓTICA:	3,6
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	680	
CLOROFILA a	µg/l	18,60	
Población total	n° cel/ml	18.440	
Diversidad (H)	Bits	1,64	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	3.886	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	12.452	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	2.003	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	28	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	23	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	46	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillarioficea	28	
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacillarioficea	3.858	
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cianobacteria	309	
<i>Microcystis sp.</i>	Cianobacteria	5	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	90	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	Cianobacteria	12.048	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Cloroficea	35	
<i>Coelastrum microporum</i>	Cloroficea	2	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Cloroficea	333	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	56	
<i>Chodatella quadriseta</i>	Cloroficea	42	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	35	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	1.160	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Cloroficea	4	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	28	
<i>Tetraedron limneticum</i>	Cloroficea	10	
<i>Tetraedron minimum</i>	Cloroficea	271	
<i>Tetrastrum sp.</i>	Cloroficea	27	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	28	
<i>Dinobryon sociale</i>	Crisoficea	2	
<i>Peridinium sp.1</i>	Dinoficea	5	
<i>Peridinium sp.2</i>	Dinoficea	18	
<i>Closterium acutum</i>	Zigoficea	15	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigoficea	21	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigoficea	10	

EMBALSE:	LA	CÓDIGO:	LT2
CAMPAÑA:	TRANQUERA	FECHA:	02/12/2004
COTAMAX:	2	D. SECCHI:	1,5
NIVEL:	685	C.FÓTICA:	2,6
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	680	
CLOROFILA a	µg/l	8,50	
Población total	n° cel/ml	1.344	
Diversidad (H)	Bits	1,59	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	521	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	809	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	3	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	4	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	6	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillarioficea	16	
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacillarioficea	19	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Bacillarioficea	71	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	28	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	384	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Stephanodiscus sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cianobacteria	808	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	1	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	2	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	3	
<i>Trachelomonas cylindrica</i>	Euglenoficea	1	
<i>Closterium acutum</i>	Zigoficea	3	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigoficea	1	
<i>Spirogyra sp.</i>	Zigoficea	1	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigoficea	1	

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	28/04/2005
COTAMAX:	685	D. SECCHI:	6,4
NIVEL:	684	C.FÓTICA:	10,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	683	
CLOROFILA a	µg/l	1,10	
Población total	n° cel/ml	773	
Diversidad (H)	Bits	3,28	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	197	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	83	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	365	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	120	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	5	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	3	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillarioficea	3	
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	141	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	45	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioficea	4	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chroococcus minutus</i>	Cianobacteria	1	
<i>Microcystis sp.</i>	Cianobacteria	80	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	165	
<i>Chloromonas vulgaris</i>	Cloroficea	43	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	97	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Cloroficea	32	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Cloroficea	12	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Cloroficea	1	
<i>Schroederia setigera</i>	Cloroficea	1	
<i>Selenastrum sp.</i>	Cloroficea	3	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Cloroficea	10	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptoficea	1	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptoficea	1	
<i>Cryptomonas phaseolus</i>	Criptoficea	1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptoficea	5	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptoficea	112	
<i>Dinobryon cylindricum</i>	Crisoficea	4	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisoficea	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinoficea	1	

Continuación 3ª Campaña

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT3
CAMPAÑA:	3	FECHA:	28/04/2005
COTAMAX:	685	D. SECCHI:	6,4
NIVEL:	684	C.FÓTICA:	10,9
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO E1S	
ESPECIES	TAXÓN	nº cel/ml	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	

EMBALSE:	LA TRANQUERA	CÓDIGO:	LT4
CAMPAÑA:	4	FECHA:	16/08/2005
COTAMAX:	685	D. SECCHI:	3,7
NIVEL:	671	C.FÓTICA:	6,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO EIS	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	670	
CLOROFILA a	µg/l	5,70	
Población total	n° cel/ml	4.496	
Diversidad (H)	Bits	1,78	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	3.276	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	204	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	954	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	44	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	6	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	2	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	8	
ESPECIES	TAXÓN	n° cel/ml	
<i>Aulacoseira sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Caloneis sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillarioficea	3.266	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillarioficea	5	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillarioficea	1	
<i>Anabaena sp.</i>	Cianobacteria	14	
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chroococcus sp.</i>	Cianobacteria	13	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Cianobacteria	20	
<i>Planktothrix agardhii</i>	Cianobacteria	156	
<i>Botryococcus braunii</i>	Cloroficea	1	
<i>Coelastrum astroideum</i>	Cloroficea	1	
<i>Coelastrum microporum</i>	Cloroficea	4	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Cloroficea	280	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Cloroficea	28	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Cloroficea	5	
<i>Chodatella ciliata</i>	Cloroficea	8	
<i>Chodatella quadriseta</i>	Cloroficea	2	
<i>Chodatella subsalsa</i>	Cloroficea	1	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Cloroficea	1	
<i>Didymocystis sp.</i>	Cloroficea	133	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	Cloroficea	49	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cloroficea	27	
<i>Oocystis sp.</i>	Cloroficea	291	
<i>Pediastrum clathratum</i>	Cloroficea	1	
<i>Pediastrum duplex</i>	Cloroficea	1	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Cloroficea	4	
<i>Scenedesmus linearis</i>	Cloroficea	32	

Continuación 4ª Campaña

EMBALSE:	LA	CÓDIGO:	LT4
CAMPAÑA:	TRANQUERA	FECHA:	16/08/2005
COTAMAX:	4	D. SECCHI:	3,7
NIVEL:	685	C.FÓTICA:	6,3
PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	
		E1S	
ESPECIES	TAXÓN	nº cel/ml	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Clorofícea	1	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	Clorofícea	61	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	22	
<i>Tetraselmis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	44	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	6	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	2	
<i>Euglena oxyuris</i>	Euglenofícea	1	
<i>Phacus sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Closterium acutum</i>	Zigofícea	4	
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	Zigofícea	1	
<i>Staurastrum sp.</i>	Zigofícea	3	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Invierno de 2004 (02/12/2004)



Detalle de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2005 (16/08/2005)



Panorámica del embalse de La Tranquera desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (13/08/2004)



Río Piedra, tributario principal del embalse de La Tranquera. Verano de 2004 (13/08/2004)



Río Mesa, tributario secundario del embalse de La Tranquera (E1). Verano de 2005 (16/08/2005)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: LA TRANQUERA

CÓDIGO: LT

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Zaragoza
Municipio: Carenas



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

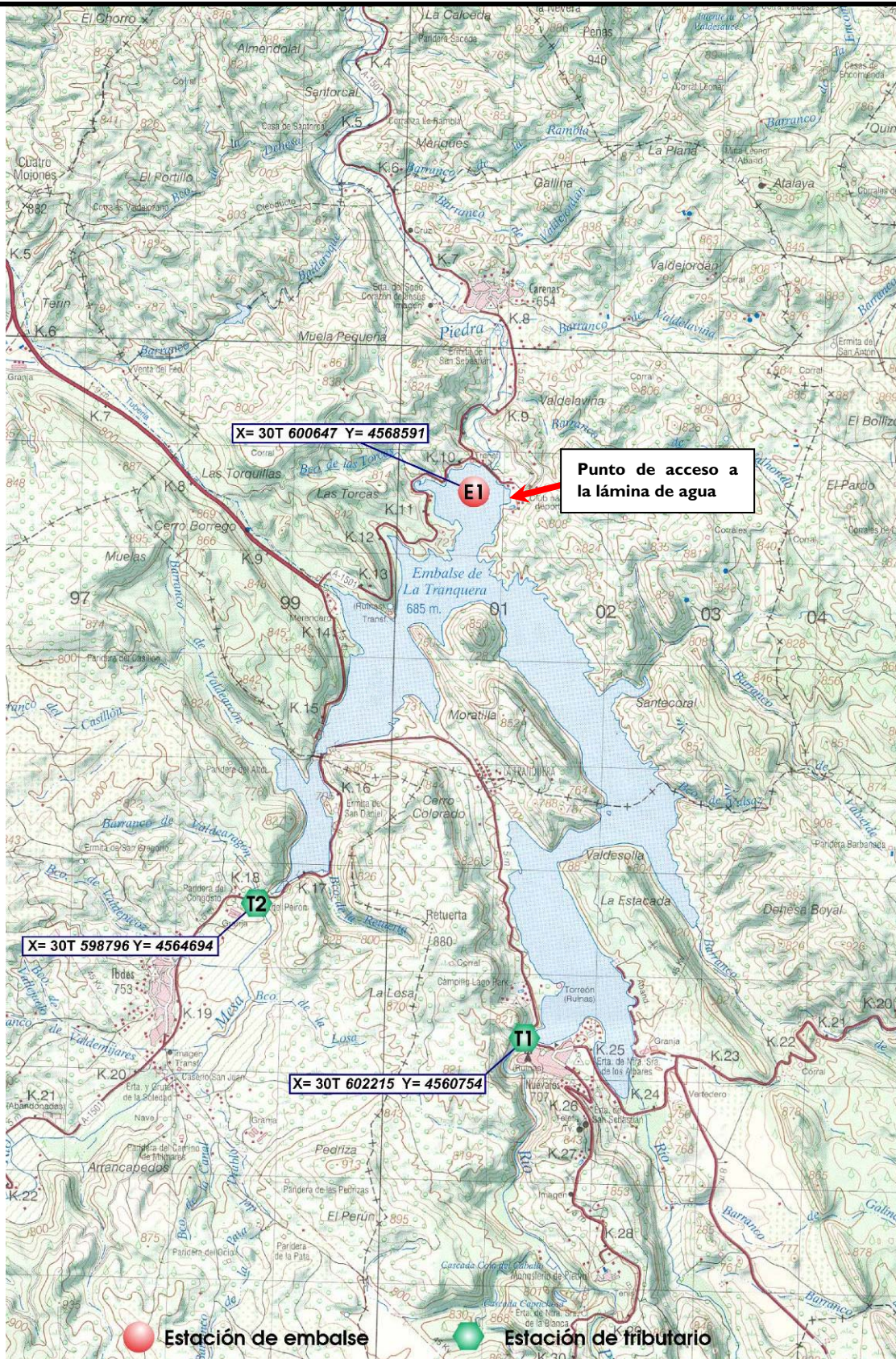
Tributario principal:	Río Piedra	Otros tributarios:	Río Mesa
Año de terminación:	1957	Propietario:	Estado
Cuenca a la que pertenece:	Piedra-Jalón	Altitud (msnm):	685
Capacidad total (hm³):	84,17	Capacidad útil (hm³):	-
Longitud máxima (km):	6	Perímetro (km):	29
Profundidad máxima (m):	41	Profundidad media (m):	15,8
Usos principales:	Riego, Abastecimiento	Otros usos:	Hidroeléctrico



Panorámica del embalse (13/08/2004)



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Nº Planols 1:50.000: 437



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
LA TRANQUERA		Meso-Eutro	Moderado
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/bueno	Moderado	Deficiente	Malo

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 13/08/2004
Tª superficie (°C): 23,50	pH superficie (ud): 8,64	Conductividad superficie (µS/cm): 607
Tª fondo (°C): 12,98	pH fondo (ud): 7,75	Conductividad fondo (µS/cm): 693
Tª T1 (°C): 15,54	pH T1 (ud): 8,58	Conductividad T1 (µS/cm): 657
Tª T2 (°C): 17,43	pH T2 (ud): 8,59	Conductividad T2 (µS/cm): 696
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	2,1	3,6
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 9
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 02/12/2004
Tª superficie (°C): 10,77	pH superficie (ud): 8,20	Conductividad superficie (µS/cm): 873
Tª fondo (°C): 10,79	pH fondo (ud): 8,06	Conductividad fondo (µS/cm): 882
Tª T1 (°C): 10,80	pH T1 (ud): 8,34	Conductividad T1 (µS/cm): 819
Tª T2 (°C): 13,42	pH T2 (ud): 8,28	Conductividad T2 (µS/cm): 903
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	1,5	2,6
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 28/04/2005
Tª superficie (°C): 15,32	pH superficie (ud): 8,07	Conductividad superficie (µS/cm): 580
Tª fondo (°C): 6,17	pH fondo (ud): 7,29	Conductividad fondo (µS/cm): 480
Tª T1 (°C): 15,54	pH T1 (ud): 7,76	Conductividad T1 (µS/cm): 574
Tª T2 (°C): 19,32	pH T2 (ud): 8,46	Conductividad T2 (µS/cm): 678
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	6,4	10,9
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 7
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Javier Ramírez	Fecha de muestreo: 16/08/2005
Tª superficie (°C): 23,44	pH superficie (ud): 8,26	Conductividad superficie (µS/cm): 681
Tª fondo (°C): 22,08	pH fondo (ud): 7,41	Conductividad fondo (µS/cm): 715
Tª T1 (°C): 18,24	pH T1 (ud): 8,24	Conductividad T1 (µS/cm): 682
Tª T2 (°C): 20,60	pH T2 (ud): 8,10	Conductividad T2 (µS/cm): 715
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,7	6,3
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 11



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 13/08/2004				
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO						
PARÁMETRO	UNIDAD	LTEIS	LTEIT	LTEIF	LTTI	LTT2
PROFUNDIDAD	m	1	16	32		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,023	0,023	0,017	0,017	0,030
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,002	0,014	0,009	0,026
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,48	0,58	0,69	0,51	0,30
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,04	0,21	0,05	0,09
NITRATOS	mg N/l	1,92	2,22	1,39	4,26	3,41
NITRITOS	mg N/l	0,025	0,192	0,039	0,040	0,017
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	18,6				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	18.440				
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria			Nº células/ml:	12.452	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Synechocystis aquatilis</i>			Nº células/ml:	12.048	
2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 02/12/2004				
PARÁMETRO	UNIDAD	LTEIS	LTEIM	LTEIF	LTTI	LTT2
PROFUNDIDAD	m	1	16	31		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,009	0,017	0,017	0,083	0,034
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,006	0,010	0,046	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,39	0,33	0,38	0,23	0,20
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
NITRATOS	mg N/l	2,06	2,09	2,05	4,12	3,25
NITRITOS	mg N/l	0,029	0,030	0,030	0,009	0,004
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	8,5				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.344				
CLASE PREDOMINANTE:	Cianobacteria			Nº células/ml:	809	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Aphanizomenon gracile</i>			Nº células/ml:	808	
3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 28/04/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	LTEIS	LTEIM	LTEIF	LTTI	LTT2
PROFUNDIDAD	m	1	17	34		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,008	0,183	0,024	0,007	0,041
FOSFATOS	mg P/l	0,001	0,003	0,001	0,007	0,022
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,43	0,44	0,59	0,64	0,70
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,07	0,05	0,05
NITRATOS	mg N/l	2,51	2,41	2,32	4,18	3,26
NITRITOS	mg N/l	0,021	0,017	0,017	0,041	0,019
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	1,1				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	773				
CLASE PREDOMINANTE:	Cloroficea			Nº células/ml:	365	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Chlorococcum sp.</i>			Nº células/ml:	165	
4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 16/08/2005				
PARÁMETRO	UNIDAD	LTEIS	LTEIM	LTEIF	LTTI	LTT2
PROFUNDIDAD	m	1	11	22		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,020	0,009	0,016	0,068
FOSFATOS	mg P/l	0,006	0,005	0,007	0,007	0,049
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,16	0,48	0,16	0,25	0,26
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,05	0,04	0,05	0,06	0,08
NITRATOS	mg N/l	1,99	1,92	4,34	3,73	0,53
NITRITOS	mg N/l	0,041	0,069	0,100	0,019	0,046
CLOROFILA α	$\mu\text{g/l}$	5,7				
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	4.496				
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillarioficea			Nº células/ml:	3.276	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>			Nº células/ml:	3.266	

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LA TRANQUERA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de La Tranquera recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

Tabla A1. Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ($\mu\text{g P/L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ($\mu\text{g/L}$) y densidad celular (n° células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

Tabla A2. Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

Tabla A3. Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

Tabla A4. Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT (μg)	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> ($\mu\text{g/L}$)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

Tabla A5. Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

Cálculo para clorofila a:

$$\text{RCE} = [(1/\text{Chla Observado}) / (1/\text{Chla Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para biovolumen:

$$\text{RCE} = [(1/\text{biovolumen Observado}) / (1/\text{ biovolumen Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$\text{RCE} = [(400\text{-IGA Observado}) / (400\text{- IGA Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$\text{RCE} = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

Tabla A6. Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Buena o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

Tabla A7. Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Buena o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado IGA, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice IGA se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

<i>Cr</i>	Criptófitos	<i>Cia</i>	Cianobacterias
<i>Cc</i>	Crisófitos coloniales	<i>D</i>	Dinoflageladas
<i>Dc</i>	Diatomeas coloniales	<i>Cnc</i>	Crisófitos no coloniales
<i>Chc</i>	Clorococales coloniales	<i>Chnc</i>	Clorococales no coloniales
<i>Vc</i>	Volvocales coloniales	<i>Dnc</i>	Diatomeas no coloniales

En cuanto al IGA, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

Tabla A8. Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

Donde:	BVOL _{CIA}	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL _{CHR}	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL _{MIC}	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL _{WOR}	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL _{TOT}	Biovolumen total de fitoplancton

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

Tabla A9. Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango Tipo 12	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango Tipo 13	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{trans}). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

Tabla A10. Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Tabla A11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B^+/M , Bueno o superior-Moderado; M/D , Moderado-Deficiente; D/M , Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

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

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores físicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

Tabla A12. Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

Tabla A13. Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O ₂)	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

Tabla A14. Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$)	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

Tabla A15. Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA_MA), como máximo admisible (NCA_CMA) o en la biota (NCA_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

Tabla A17. Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

Tabla A18. Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE LA TRANQUERA

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

Tabla A19. 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> ($\mu\text{g/L}$)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
VALOR PROMEDIO	< 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4	3,4 – 4,2	> 4,2

En la tabla A20a 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 para la campaña de muestreo de 2004.

Tabla A20a. Diagnóstico del estado trófico del embalse de La Tranquera 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	11,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	2,10	Mesotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	18,60	Eutrófico
DENSIDAD ALGAL	18.440	Eutrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,50	EUTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como mesotrófico; la concentración de clorofila *a* como eutrófico y la densidad algal como eutrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de La Tranquera en 2004 ha resultado ser **EUTRÓFICO**.

En la tabla A20b 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 para la campaña de muestreo de 2005.

Tabla A20b. Diagnóstico del estado trófico del embalse de La Tranquera 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	6,00	Oligotrófico
DISCO SECCHI	3,70	Oligotrófico
COLOROFLA <i>a</i>	5,70	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	4496	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	2,50	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como oligotrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila *a* como mesotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de La Tranquera en 2005 ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE LA TRANQUERA

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

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 A21 y A22.

Tabla A21. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila <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 sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

Tabla A22. Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico (PE)
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

En la tabla A23a se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2004.

Tabla A23a. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de La Tranquera 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	18,60	0,14	0,20	Deficiente
INDICADOR BIOLÓGICO				4		DEFICIENTE	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor			PE	
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	2,10			Moderado	
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	7,59			Bueno	
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	11,00			Moderado	
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				DEFICIENTE			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de La Tranquera para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.

En la tabla A23b se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2005.

Tabla A23b. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de La Tranquera 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	5,70	0,46	0,62	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2		BUENO O SUPERIOR	
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	3,70	Bueno			
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	3,82	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	6,00	Bueno			
INDICADOR FISICOQUÍMICO				3		MODERADO	
POTENCIAL ECOLÓGICO				MODERADO			
ESTADO FINAL				INFERIOR A BUENO			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de La Tranquera para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.