



**DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL DE EMBALSES
EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

EMBALSE DE LA TRANQUERA

LIMNOS

1996

EMBALSE DE LA TRANQUERA**1) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Nombre:	La Tranquera
Pki - Pkf:	990-1.500
Código cauces:	
Cuenca:	Piedra-Jalón
CH:	Ebro
Provincia:	Zaragoza
Propietario:	Estado
Año de terminación:	1960

2) USOS Y TIPO DE PRESA

Usos:	Abastecimiento/Riego/Regulación
Actividades:	Navegación/Navegación a motor/Baños/Pesca
Interés Natural:	Aves acuáticas

Comentarios:

- El embalse de la Tranquera recibe las aguas de los ríos Piedra y Mesa; y se destina principalmente a riegos de la cuenca media y baja del Jalón. También abastece de agua potable a Calatayud y Carenas.
- Está permitida la navegación y los baños aunque con restricciones, debido a su uso para abastecimiento.
- Las aguas del embalse están catalogadas como trucheras en régimen especial, y éste es escenario deportivo de pesca (según Orden de 17 de enero de 1996 de DGA).
- El embalse está incluido en la lista de zonas húmedas de importancia regional para aves acuáticas por la DGA

Tipo de presa:	Gravedad de planta recta	
Cota tomas (m s.n.m.):	Aliviadero:	680,5
	Riegos:	649,0
	Abastecimiento	649,0
	Desagüe de fondo:	644,8
Torre de tomas:	No existe	
Escala de peces:	No existe	

Comentarios:

- El embalse presenta los siguientes órganos de maniobra: aliviadero frontal en coronación dotado de compuertas (cota 680,5); tomas para los riegos de la margen derecha e izquierda del río y de abastecimientos (cota 649); desagües de fondo con descarga en túnel en la margen izquierda (cota 644,8). También existen unas tomas previstas para una central hidroeléctrica que está por construir. Las tomas para riegos alimentan acequias directamente conectadas a la presa o restituyen el agua al río, derivándose posteriormente el agua por pequeños azudes situados a lo largo del mismo.
- El abastecimiento de Calatayud va entubado directamente de la presa y el caudal es de 0,1 m³/s. El abastecimiento de Carenas se realiza a partir del agua de la acequia del margen derecho, que también lleva agua para riegos; el caudal es de unos 0,07 m³/s. La acequia del margen izquierdo se destina a riegos con un caudal de unos 0,034 m³/s. Por el río se vierte agua para los riegos del Jalón con un caudal de unos 9 m³/s (agosto de 1996). Al finalizar los riegos, el río sólo recibe agua de las filtraciones de la presa evaluados en unos 60 L/s.

3) MORFOMETRÍA-HIDROLOGÍA

Volumen (hm³):	84,17
Superficie (ha):	530
Cota (m s.n.m.):	685,0
Profundidad máxima (m):	41
Profundidad media (m):	15,8
Profundidad termoclina (m):	5-10
Desarrollo de volumen:	1,1

Volumen epilimnion (hm³):	3-24
Volumen hipolimnion (hm³):	<1-48
Relación E/H:	0,5-3
Fluctuación de nivel:	Mucha
Tiempo de residencia (meses):	1-2

Comentarios:

- La termoclina se encuentra por debajo de 5 m. Las tomas de riego y abastecimiento se encuentran bastante bajas por lo cual, incluso con un volumen embalsado bajo (4 hm³) se vierte agua hipolimnética. Esto supone un riesgo de vertido de aguas anóxicas y tóxicas y afección al río y a los abastecimientos de Calatayud y Carenas.
- Los volúmenes del epilimnion e hipolimnion se han estimado para la reserva máxima, media y mínima en agosto (datos del periodo 1965-1990). La relación E/H es <1 para las reservas máximas y medias y mayor que 1 para la reserva mínimo. Esto significa que cuando el volumen embalsado es bajo existe un mayor riesgo de consumo de oxígeno en el hipolimnion y de vertido de aguas anóxicas.
- El riesgo de erosión de las laderas es alto debido al perfil abierto de la cubeta del embalse ($D_v > 1$) y a que el nivel del agua presenta una fluctuación elevada. Esto supone riesgo de enturbiamiento del agua al descender el nivel del agua y principalmente en periodos de lluvias.
- El tiempo de residencia es bajo (1 a 2 meses) en la época de riegos y es alto (>5 meses) en los meses invernales. Esto disminuye el riesgo de eutrofia en verano.

4) HIDROQUÍMICA

Embalse

Conductividad (μS/cm):	160-975
Calcio (mg/L):	48-85
Fosfato (mg/L):	0-0,12

Nitrato (mg/L):	0,34-10
Amonio (mg/L):	0,01-1,39

Comentarios:

- La mineralización es muy variable y moderada. La concentración de calcio es elevada lo cual hace al embalse más resistente a la eutrofización. La concentración de nutrimento es bastante elevada como respuesta de vertidos de aguas domésticas y agrícolas que vierten en la cuenca de los tributarios y en la del propio embalse.
- El embalse se considera afectado por contaminación por nitratos de origen agrario y por tanto son de aplicación las normas de vigilancia del Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero.

Tributario principal

Conductividad (µS/cm):	550-954
Calcio (mg/L):	66 - 90,6
Fosfato (mg/L):	0,01-0,3
Nitrato (mg/L):	1,5-14
Amonio (mg/L):	0-0,36

Comentarios:

- El tributario principal es el río Piedra, el cual drena el 49,5% de la cuenca del embalse. No menos importante es el río Mesa el cual constituye el 39,6% de la superficie de la cuenca; sus características físico-químicas son las siguientes: Conductividad: 529-900 µS/cm; Calcio: 66 mg/L; Fosfato: 0,01-0,10 mg/L; nitrato: 1,24-5,6 mg/L, Amonio: 0,03-0,15 mg/L Ambos tributarios presentan aguas mineralizadas y ricas en calcio, y con concentraciones altas de nutrimentos, especialmente en nitrógeno. De ambos tributarios el río Mesa presenta unas concentraciones de nutrimentos más bajas que el Piedra.
- Las aportaciones de fósforo y nitrógeno al embalse, según el estudio de Synconsult (1991), son las siguientes: de 7 a 10 tm/año de fósforo repartidas con

cargas parecidas entre los tributarios y la escorrentía directa de la cuenca del embalse; y de 374 y 429 tm/año de nitrógeno de las que la mayoría (unas 200 tm/año) las aporta el río Piedra. Las altas aportaciones de nitrógeno se deben a la actividad agrícola en la cuenca y al uso de fertilizantes nitrogenados.

5) ESTADO TRÓFICO

Nivel trófico:	Mesotrófico
Hipolimnion:	Anóxico
Blooms algales:	Cianofíceas

Comentarios:

- El embalse se clasifica como mesotrófico según diferentes índices tróficos (OCDE 1980; TSI, 1974; EPA, 1976) aplicados en el estudio de Synconsult (1991). En el estudio de Morgui *et al.*(1990) se califica de meso-eutrófico. Además la aplicación del modelo de Vollenweider indica que la carga de fósforo sobrepasa la frontera peligrosa. En el muestreo en agosto de 1996 el embalse es también mesotrófico según la concentración de clorofila (7 mg./m^3), aunque la profundidad del disco de Secchi es muy baja (1,8 m), de aguas eutróficas. A la falta de transparencia del agua en embalses no contribuye sólo el fitoplancton sino también los aportes inorgánicos y fenómenos de dispersión de la luz en aguas carbonatadas.
- El embalse está incluido en la lista de aguas continentales estancadas eutróficas o con riesgo de estarlo por nitrógeno, según la CHE. Éstas y en aplicación de la Directiva de la CEE 91/271, requerirán el tratamiento de las aguas residuales que se viertan al embalse hasta una reducción del 80% para el fósforo total, y de un 70-80% del nitrógeno total.
- El hipolimnion presenta disminución del oxígeno disuelto y llega a quedarse anóxico, con valores inferiores a 1 mg/L a partir de la cota 657 (datos de Synconsult de agosto de 1990). En estas condiciones el agua anóxica (probablemente tóxica) llegó a la toma de abastecimiento (cota 649). En agosto de 1996 la concentración de oxígeno en el fondo fue de 3 mg/L.

- Se ha descrito la presencia de proliferaciones de la cianoficea *Oscillatoria rubescens* en aguas profundas (Synconsult, 1993). Esta especie da color pardo rojizo al agua, constituyendo un motivo de alarma visual para la población.

6) PECES

Densidad: Media

Especies:

Barbus haasi (barbo culirrojo)

B. graellsii (barbo de Graells)

Cyprinus carpio (carpa)

Oncorhynchus mykiss (trucha arco-iris)

Salmo trutta (trucha común)

Chondrostoma toxostoma (madrilla)

7) SEDIMENTOS

Nivel de aterramiento: Bajo

Materia orgánica: Alta

Producción de metano: Baja

Riesgo de contaminación: Bajo

Comentarios:

- El nivel de aterramiento es bajo. Según estudios del CEDEX (1995), el volumen de sólidos retenidos en el embalse desde su puesta en marcha es de 0,13 hm³, lo que constituye un 0,15% de pérdida de capacidad.

Las compuertas de fondo están por encima del nivel de lodos. El sedimento es limo-arcilloso y presenta una capa fina superficial de materia orgánica reducida.

- Existe riesgo de enturbiamiento del agua en periodos de lluvias como se observó en la visita realizada en julio de 1996. En agosto se detectó agua turbia en el embalse en la zona de la toma a unos 6 m del fondo. En el embalse existen zonas de aterramiento marginales con desarrollo de carrizo.

8) TRAMO FLUVIAL BAJO LA PRESA

Anchura del cauce (m):	4-5
Pendiente (%):	0,8
Caudal de compensación (m³/s):	No
Estructura del lecho:	Tabla/Rápido
Objetivo de calidad:	OC-1
Usos:	Riegos/Pesca
Fauna acuática	
Índice biótico (B.M.W.P.):	71
Índice biótico (nivel de calidad):	2
Calificación del tramo según peces:	Transición
Especies de peces:	<i>Rutilus arcasii</i> (bermejuela) <i>Salmo trutta</i> (trucha común) <i>Chondrostoma toxostoma</i> (madrilla) <i>Barbus graellsii</i> (barbo de Graells)

Ecosistema de ribera:

No existe bosque de ribera, sólo alguna chopera.

Comentarios:

- El río Piedra, entre la presa y su desembocadura en el río Jalón, discurre por unos 7,5 km de cauce de escasa pendiente, con ligeros meandros. No hay bosque de ribera y la tierra está dedicada al cultivo de frutales. El agua para riego se toma directamente de pequeños azudes en diferentes puntos del río (azud de servicio para Carenas y Castejón de Arenas).
- No existe caudal de compensación definido y en invierno el caudal es de unos 0,06 m³/s, producto de filtraciones de la presa. El tramo nunca se llega a secar.
- La calidad biológica del agua es moderada con un valor del índice B.M.W.P. de 71 (aguas de clase II; síntomas de contaminación) según la CHE. En julio y agosto de 1996 el agua vertida por el embalse era muy turbia.

- El tramo del río Piedra comprendido entre la presa y su desembocadura en el Jalón está declarado como truchero y es tramo libre de pesca de captura y suelta según la Orden de 16 de enero de 1996 (DGA).

9) RIESGOS AMBIENTALES

MORTANDAD DE PECES

1. Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas.
2. Peces muertos en el embalse por abandono de los mismos después de su pesca.

AFECCIONES A LOS PECES

1. Afecciones a los peces del embalse por pérdida de hábitat (reducción del alimento) debido a oscilaciones del nivel del agua.
2. Afecciones a los peces del embalse por pérdida de las puestas de huevos por descenso inusual del nivel del agua. En sequía.
3. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.
4. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción de los frezaderos por la retención de gravas y arenas en el embalse.
5. Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por efecto barrera a los desplazamientos aguas arriba y abajo (migraciones de salmónidos).
6. Afecciones a los peces autóctonos del tramo fluvial aguas arriba del embalse por la migración de especies indeseables desde el embalse.

AFECCIONES A OTRA FAUNA

1. Afecciones a las aves acuáticas del embalse por pérdida de hábitats

AFECCIONES AL ECOSISTEMA DE RIBERA

Ninguna

RIESGOS HIDROLÓGICOS

Ninguno

AFECCIONES A LOS USOS DEL EMBALSE Y DEL TRAMO FLUVIAL

1. Afección al agua para abastecimiento del embalse por enturbiamiento del agua del mismo.
2. Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por tóxicos y malos sabores ocasionados por fenómenos de reducción en el hipolimnion.
3. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por la presencia de lodos en los márgenes del embalse al bajar el nivel del agua.
4. Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por desarrollo de blooms de fitoplancton.
5. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del embalse (ver afecciones a los peces).
6. Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa (ver afecciones a los peces).
7. Afección a la pesca en el embalse por la dificultad de acceso con el nivel bajo. En sequía.

RIESGOS PARA LA NAVEGACIÓN

1. Presencia de troncos y maderos a la deriva durante en deshielo o en época de lluvias.

COMENTARIOS A LOS RIESGOS AMBIENTALES

- La desoxigenación del hipolimnion es posible y se ha observado en condiciones de sequía (Synconsult, 1990-91); este agua puede contener tóxicos (SH_2 , NH_3) que pueden causar mortandad de peces y pérdida de calidad del agua de abastecimiento de Calatayud y Carenas. La planta potabilizadora de Calatayud ha confirmado la variación estacional de la calidad del agua cruda (aguas muy turbias en periodos de lluvias muy intensas).
- El embalse tiene vocación eutrófica, por los aportes de nutrientes (fósforo y nitrógeno) que recibe por los tributarios y las aguas residuales que se vierten directamente al embalse (municipio de Nuévalos). El embalse es zona sensible a la eutrofización y en aplicación de la Directiva de la CEE 91/271 se deberá reducir las cargas de nutrientes. Hay que indicar que el elevado contenido de calcio del agua y el hipolimnion relativamente grande, con reservas altas y medias, son factores que disminuyen el riesgo de eutrofización y desoxigenación del hipolimnion.
- La elevada fluctuación del agua incide negativamente sobre la comunidad de peces y sobre la pesca; además de hacer poco accesible la lámina de agua. También favorece el enturbiamiento del agua, el cual se produce principalmente en periodos de lluvias. En éstos la calidad del agua del abastecimiento de Calatayud desciende notablemente y en algunas ocasiones (no frecuentes) no ha podido utilizarse por ser demasiado turbia.

ACTUACIONES (MEDIDAS CORRECTORAS, PROCEDIMIENTOS DE DESEMBALSE; ACTUACIONES EN SEQUÍA).

- Control de la eutrofia: La tendencia eutrófica del embalse viene motivada principalmente por los aportes de nutrientes de origen agrícola cuyo control es muy difícil. La aplicación de la Directiva de la CEE 91/271 requerirá la depuración de parte de las aguas residuales que llegan al embalse. Para los vertidos indirectos cuyo control es muy difícil se recomienda la instalación de pre-embalses en la entrada de los tributarios (ríos Piedra y Mesa), los cuales permitirán la retención de una parte de los nutrientes; además se potenciarán los

hábitats para aves acuáticas y peces. Sin embargo estos sistemas requieren un seguimiento.

- Actuaciones en sequía: Controlar la concentración de oxígeno disuelto, SH_2 y NH_4 en el agua del hipolimnion. Limitar el abastecimiento o vertidos de fondo en caso de que:

⇒ aparezca SH_2

⇒ no se asegure una concentración de oxígeno superior a 4 mg/L en el tramo fluvial bajo la presa.

⇒ si la concentración de NH_4 es mayor de 8 mg/L.

- Mantener un caudal de compensación de agua fría adecuado al tramo fluvial, para potenciar el desarrollo de las truchas.
- Limpiar de maleza los cauces de los barrancos que llegan al embalse para evitar la presencia de flotantes después de periodos de lluvias.

PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

- Analizar la concentración de oxígeno disuelto en el agua del hipolimnion durante el periodo estival, especialmente en época de sequía.
- Cuando la concentración de oxígeno sea inferior a 1 mg/L, analizar también NH_4 y SH_2 .

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS
DEL EMBALSE Y TRIBUTARIO PRINCIPAL**

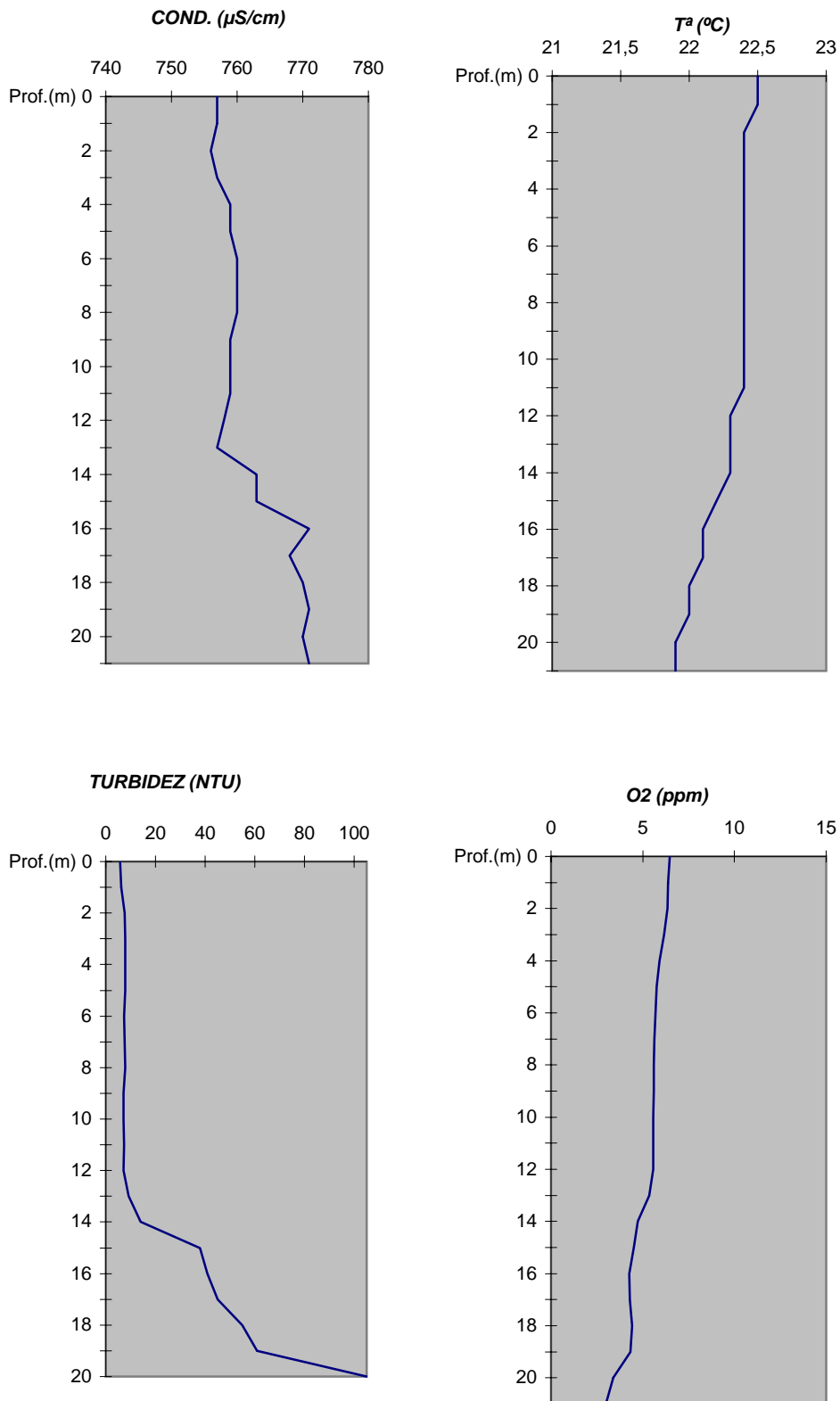
EMBALSE: **La Tranquera** **Fecha:** 30/8/96
Coordenadas UTM (presa): 30TXL008688

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	757	NH ₄ superf. (mg/L) :	0,05
Ca (mg/L) :	-	NH ₄ fondo (mg/L) :	0,1
NO ₃ (mg/L) :	-	Clorofila (mg/m ³) :	7
PO ₄ (mg/L) :	-	Disco Secchi (m) :	1,86

Tributario principal: **Piedra**

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :	649	NO ₃ (mg/L) :	4,87
Ca (mg/L) :	90,6	NH ₄ (mg/L) :	0,05
		PO ₄ (mg/L) :	0,013

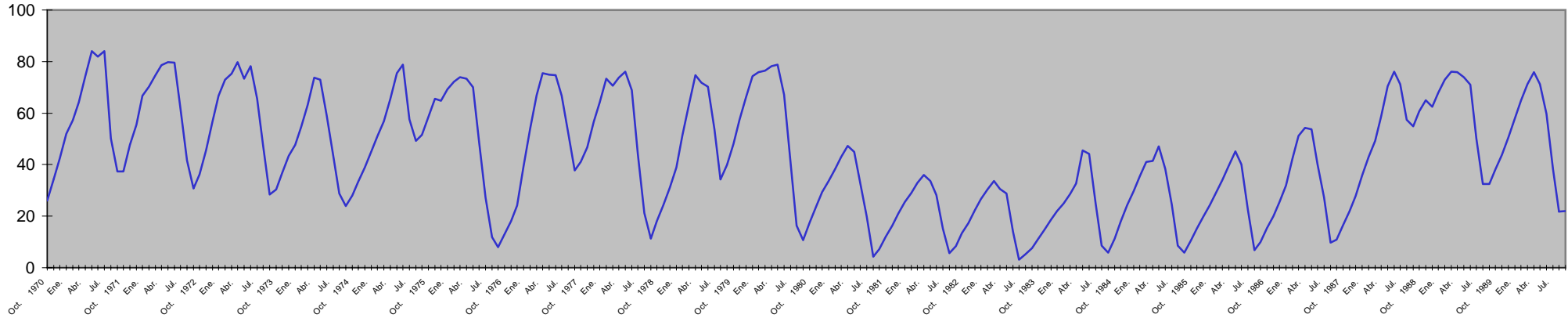
EMBALSE DE LA TRANQUERA



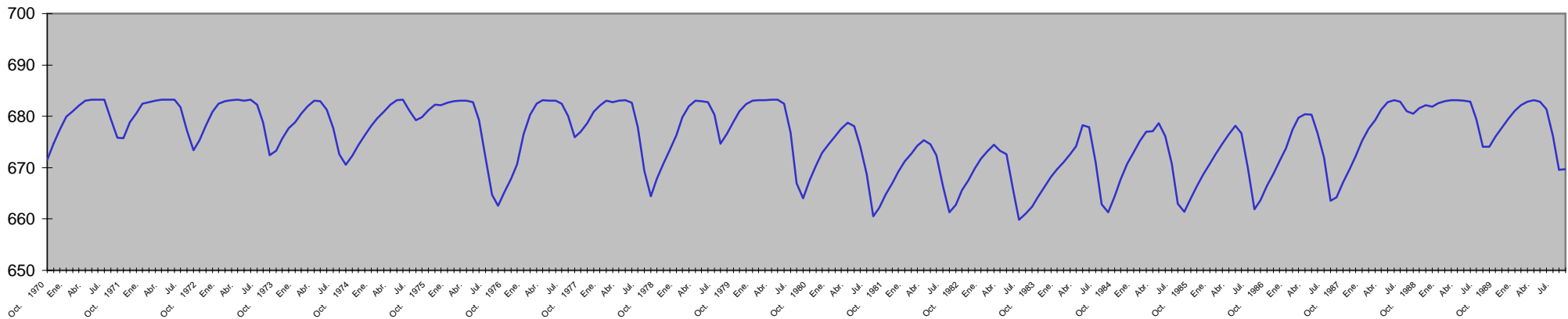
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 30 de agosto de 1996. Cota: 668,69.

EMBALSE DE LA TRANQUERA

VOLUMEN EMBALSADO (hm3)

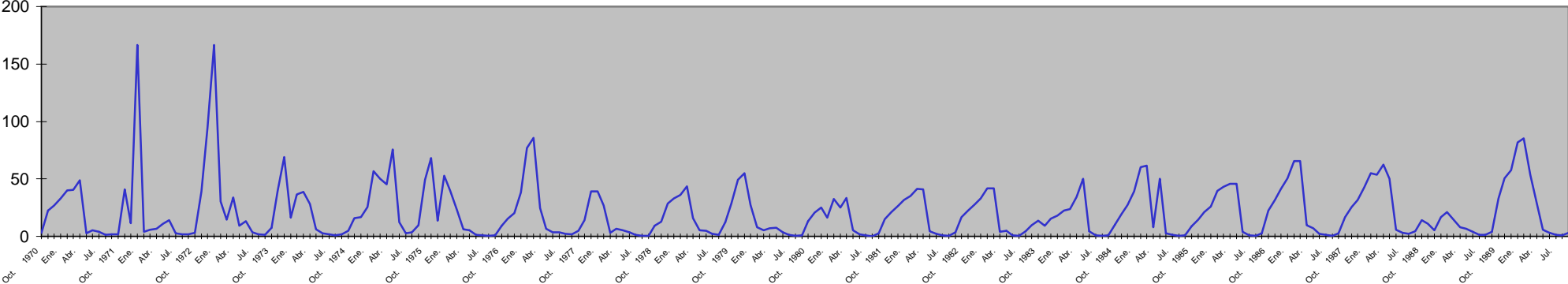


FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)

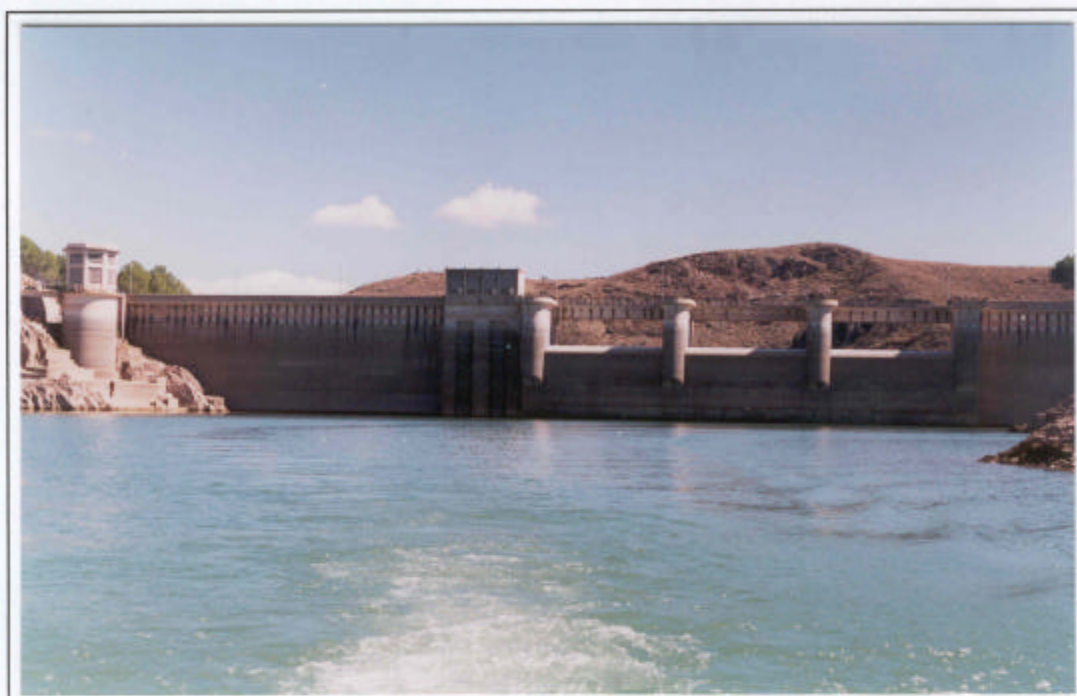


EMBALSE DE LA TRANQUERA

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)



EMBALSE DE LA TRANQUERA



Presa de La Tranquera, en agosto de 1996.



Sedimento extraído del embalse de La Tranquera, en agosto de 1996. Obsérvese la capa superior reducida.



EMBALSE DE LA TRANQUERA



Río Piedra inmediatamente aguas abajo de la presa.



Río Piedra, a unos 7 km aguas abajo de la presa y antes de su confluencia con el río Jalón.

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE LA TRANQUERA 1996

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de La Tranquera recopilados durante el año 1996, 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	Bueno 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	Bueno 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 <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 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 fisicoquímicos 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 a ($\mu\text{g/L}$)	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 A20 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 cada campaña de muestreo.

Tabla A20. Diagnóstico del estado trófico del embalse de La Tranquera.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CLOROFILA a	7,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	1,86	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO FINAL	3,00	MESOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de clorofila a ha clasificado el embalse como mesotrófico y la transparencia como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de La Tranquera ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

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 a (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 A23 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.

Tabla A23. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de La Tranquera.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	7,00	0,37	0,52	Bueno o superior
INDICADOR BIOLÓGICO				2			BUENO O SUPERIOR
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	1,86	Moderado			
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 1996 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.