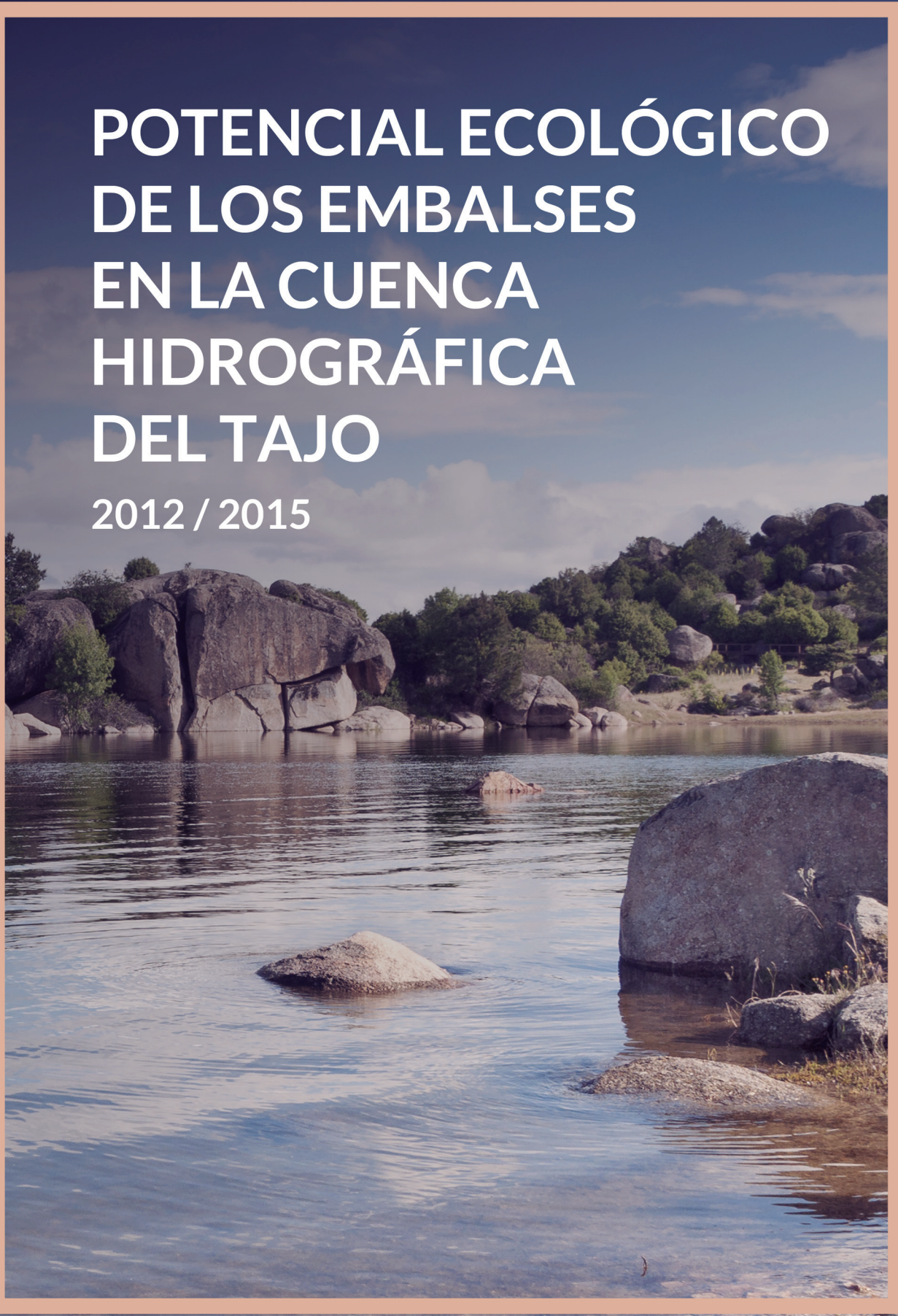


POTENCIAL ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO

2012 / 2015



DATOS DE LA PUBLICACIÓN

*Potencial ecológico de los embalses en la cuenca hidrográfica del Tajo
(2012-2015)*

Año de publicación 2018
Publicador Confederación Hidrográfica del Tajo

Edita Confederación Hidrográfica del Tajo
Avenida de Portugal, nº 81 28011 Madrid



Dirección y coordinación del informe Antonio Yáñez Ciudad (Confederación Hidrográfica del Tajo)
M^a Victoria Corral Hernán (Confederación Hidrográfica del Tajo)
Con la colaboración de:
Ana Fernández Santamarina (Tragsatec)

Elaboración y redacción del informe M^a Victoria Corral Hernán (Confederación Hidrográfica del Tajo)
Ana Fernández Santamarina (Tragsatec)
Mikel Zaragüeta Amondarain (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
Alejandra Goldenberg Vilar (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
Amaia Pérez Bilbao (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
Ana Bermejo Albiñana (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
Romina Álvarez Troncoso (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
Santiago Robles Claros (Cimera Estudios Aplicados, S.L)
José Miguel Rodríguez Cristóbal (Cimera Estudios Aplicados, S.L)

Diseño y maquetación Blas Oliet
Irene Fernández

Impresión Gráficas Chindas, S.L.

Depósito legal M-5789-2018

POTENCIAL ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO

2012/ 2015

CONTENIDOS PRINCIPALES

10

INTRODUCCIÓN

14

RED DE CONTROL
DEL POTENCIAL
ECOLÓGICO EN
EMBALSES

26

CRITERIO DE
EVALUACIÓN DEL
ESTADO DE LAS MASAS

30

ÍNDICES DE CALIDAD,
PROTOCOLOS DE
MUESTREO Y ANÁLISIS



EVALUACIÓN DE
LOS RESULTADOS
DEL POTENCIAL
ECOLÓGICO

64

EVALUACIÓN DEL
ESTADO TRÓFICO

70

BIBLIOGRAFÍA

78

ANEXO

81

Garza real (*Ardea cinerea*) en el Embalse de Santillana. Fotografía: José Miguel Rodríguez Cristóbal

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
INTRODUCCIÓN GENERAL	10
LA DEMARCACIÓN. MARCO FÍSICO Y BIÓTICO	12
RED DE CONTROL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES	14
CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS POR CATEGORÍA, NATURALEZA Y TIPOLOGÍA	14
PROGRAMAS DE CONTROL	18
ESTACIONES Y CAMPAÑAS DE MUESTREO	18
CRITERIO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS	26
NORMATIVA	27
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	29
ÍNDICES DE CALIDAD, PROTOCOLOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS	30
INDICADORES BIOLÓGICOS	30
INDICADORES FISCOQUÍMICOS	38
CÁLCULO FINAL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES: CONDICIONES DE REFERENCIA Y COMBINACIÓN DE MÉTRICAS	41
CONDICIONES DE REFERENCIA	41
PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE LAS MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN EMBALSES (MARSP)	41
CALIDAD BIOLÓGICA	46
ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON	46
TAXONES TÓXICOS	54
ESTUDIO DEL IGA, BIOVOLUMEN, CLOROFILA A Y PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS	58
CALIDAD FISCOQUÍMICA	60
EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	64
EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO	70
CONDICIONES DE REFERENCIA. OCDE	72
EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO	73
EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CLOROFILA	75
EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL DISCO DE SECCHI	76
EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO TOTAL (mg P/l)	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXO	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores y rangos de las variables que definen la tipología de masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lago o lénticas según la IPH
Tabla 2. Tipos de masas de agua muy modificadas y artificiales asimilables a embalses
Tabla 3. Frecuencias mínimas de muestreo para los programas de control de vigilancia y operativo para embalses
Tabla 4. Campañas de muestreo para el control del potencial ecológico en embalses 2012-2015
Tabla 5. Masas de agua tipo embalse de la red de control de potencial ecológico en la Cuenca del Tajo para los años 2012-2015
Tabla 6. Campañas de muestreo para las redes de control del potencial ecológico en embalses 2012-2015
Tabla 7. Resumen de la normativa y protocolos que se aplican a cada elemento de calidad en la categoría embalses. En color gris aparece la normativa anterior y en naranja la actual
Tabla 8. Número y tipo de muestras a recoger según las características del embalse
Tabla 9. Resumen de los procedimientos de muestreo de cada tipo de embalse
Tabla 10. Definición de la fórmula del cálculo del IGA
Tabla 11. Definición de la fórmula del porcentaje de cianobacterias
Tabla 12. Límites de cambio de clase de estado de las tipologías de embalses presentes en la CHT según LA IPH
Tabla 13. Límites de cambio de clase de estado de las tipologías de embalses presentes en la CHT según RD 817/2015
Tabla 14. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 1, 2 y 3
Tabla 15. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 4 y 5
Tabla 16. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 6 y 12
Tabla 17. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 7,8, 9, 10 y 11
Tabla 18. Fórmulas para la transformación RCE de la tipología 13
Tabla 19. Clases de estado para los valores de RCE transformados para Embalses (métricas de fitoplancton)
Tabla 20. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2012
Tabla 21. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2013
Tabla 22. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2014
Tabla 23. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2015
Tabla 24. Análisis de la distribución de los grupos algales en los muestreos de 2015
Tabla 25. Listado de los taxones tóxicos y su presencia en los embalses muestreados entre los años 2012-2015
Tabla 26. Parámetros fisicoquímicos medidos durante las cuatro campañas de muestreo: 2012, 2013, 2014 y 2015
Tabla 27. Comparativa de los porcentajes de embalses que presentan potencial ecológico bueno o superior y peor que bueno entre los años 2008-2015
Tabla 28. Tabla de valoración del grado de eutrofización en función del biovolumen, clorofila a, fósforo total y disco de Secchi, (OCDE, 1982)

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Demarcación internacional del Tajo (PHT, 2014)
- Figura 2. Distribución de las masas de agua categoría embalse por provincias
- Figura 3. Distribución de las masas de agua categoría embalse por subcuencas
- Figura 4. Imagen del embalse de la Tajera, en el río tajuña, a su paso por la provincia de Guadalajara
- Figura 5. Imagen de dos embalses de la cuenca de diferentes geologías: arriba está el embalse de tipo calcáreo de torrejón-tajo y abajo el embalse de tipo silíceo torrejón-tiétar a su paso por el Parque Nacional de Monfragüe (Cáceres)
- Figura 6. Distribución de las masas de agua categoría embalses por tipologías
- Figura 7. Número y distribución de las masas de agua tipo embalse por comunidades autónomas y provincias
- Figura 8. Mapa de la red de control del potencial ecológico en la demarcación hidrográfica del Tajo
- Figura 9. Diagrama de clasificación del potencial ecológico final de acuerdo con las recomendaciones de la UE (CISWORKING GROUP 2ª, 2003)
- Figura 10. Muestras de fitoplancton recogidas en embalses
- Figura 11. Uso del disco de Secchi para medir la transparencia y determinar la profundidad de la capa fótica
- Figura 12. Botella hidrográfica para la recogida de muestras de agua a diferentes profundidades en los embalses
- Figura 13. Toma de muestras de agua en una muestra integrada parcial o una muestra integrada en la columna metro a metro 34
- Figura 14. Manga de Plancton para toma de muestras en Embalses
- Figura 15. Tonalidad de una muestra de fitoplancton correctamente fijada
- Figura 16. Filtro de microfibras tras el filtrado para el análisis de la Clorofila a
- Figura 17. Columna para preparar la suspensión de la muestra del fitoplancton antes de la preparación para su posterior identificación al microscopio
- Figura 18. Identificación, recuento y análisis de la muestra preparada de fitoplancton en un laboratorio acreditado
- Figura 19. Filtro de fibra de vidrio utilizado para la filtración de agua para el análisis de clorofila
- Figura 20. Ejemplo de ficha de perfiles fisicoquímicos
- Figura 21. Ejemplo de tabla con datos de perfiles fisicoquímicos
- Figura 22. Análisis del número de taxones de los grupos algales Clorófitas, Cianobacterias y Diatomeas en los 67 embalses muestreados en 2015
- Figura 23. Esquema con los datos que se visualizan en el diagrama de cajas y bigotes
- Figura 24. Diagrama de cajas y bigotes para las tipologías de embalses con los valores de IGA, Clorofila A, Biovolumen y % de cianobacterias medidos en los embalses en 2012-2015
- Figura 25. Diagrama de cajas y bigotes con los valores medios anuales de nutrientes (Nitratos y fosfatos) medidos en cada una de las tipologías de embalses en las cuatro campañas de muestreo (2012, 2013, 2014 y 2015)
- Figura 26. Valores de disco de Secchi, profundidad de la capa fótica y profundidad máxima medidos en los embalses en 2012-2015
- Figura 27. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2012 para las distintas tipologías de embalses
- Figura 28. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2013 para las distintas tipologías de embalses
- Figura 29. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2014 para las distintas tipologías de embalses
- Figura 30. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2015 para las distintas tipologías de embalses
- Figura 31. Calidad biológica calculada a partir de los índices IGA, % de cianobacterias, Biovolumen y concentración de Clorofila A para los embalses muestreados en la cuenca del Tajo para las cuatro campañas de muestreo (2012, 2013, 2014 y 2015)
- Figura 32. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2012
- Figura 33. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2013
- Figura 34. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2014
- Figura 35. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2015
- Figura 36. Equipo de Muestreo en embalse para el estudio de la calidad de las masas de agua
- Figura 37. Valores de estado trófico para el biovolumen de fitoplancton durante las campañas 2012-2015
- Figura 38. Gráficas con valores de estado trófico para la Clorofila a durante las campañas 2012-2015
- Figura 39. Valores de estado trófico para el DS durante las campañas 2012-2015
- Figura 40. Valores de estado trófico para el Ptotal (mg P/ml) durante las campañas 2012-2015



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los embalses son sistemas creados por el ser humano y colonizados por diferentes organismos. Sus aguas están expuestas a diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, que influyen directamente en su calidad (Prats *et al.*, 2014).

Tradicionalmente la gestión de los embalses se ha centrado en la cantidad de agua disponible para satisfacer demandas de producción eléctrica, riego o abastecimiento para consumo humano (Prats *et al.*, 2014). Esta visión puso de manifiesto el efecto que ciertas actividades humanas estaban teniendo sobre los sistemas acuáticos a través de la alteración de los ciclos biogeoquímicos del carbono, fósforo y nitrógeno (Smith *et al.*, 1999).

Las consecuencias de la degradación ambiental, observables en los embalses debido al incremento de los flujos de nutrientes, tienen que ver, entre otras, con la proliferación masiva de fitoplancton, mortandad de peces, aparición de toxinas y disminución la concentración de oxígeno en el agua. Este proceso se conoce como eutrofización.

Ante esta situación, la aprobación de Ley de Aguas en 1985 (Ley 29/1985, de 2 de agosto) fue un paso fundamental en la evolución del derecho de aguas español, en lo referente al dominio público de las aguas, al reparto competencial basado en la cuenca hidrográfica, a la importancia decisiva de la planificación hidrológica y a variados instrumentos para la protección ambiental de las aguas. Pero fue en el año 2000, con la entrada en vigor de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua, DMA, en adelante), cuando verdaderamente se impulsó una nueva forma de gestión y planificación hidrológica. Esta Directiva europea, vinculante para todos los Estados miembros, integra en la evaluación de la calidad de las masas de agua aspectos biológicos, físicos, químicos e hidromorfológicos. De esta manera surgen nuevos conceptos como masa de agua superficial, estado del agua o buen potencial, que ayuda-

rán a valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos ambientales.

Debido a que los embalses son ecosistemas físicamente alterados (masas de agua muy modificadas o artificiales), su máxima expresión de calidad nunca podrá coincidir con la de un sistema natural. Por ello, la DMA introduce el concepto de potencial ecológico que aplica en este tipo de masas de agua y lo diferencia del concepto de estado ecológico, vinculado a las masas de

LAS CONSECUENCIAS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL, OBSERVABLES EN LOS EMBALSES DEBIDO AL INCREMENTO DE LOS FLUJOS DE NUTRIENTES, TIENEN QUE VER, ENTRE OTRAS, CON LA PROLIFERACIÓN MASIVA DE FITOPLANCTON, MORTANDAD DE PECES, APARICIÓN DE TOXINAS Y DISMINUCIÓN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL AGUA.

¹ «masa de agua superficial»: una parte diferenciada y significativa de agua superficial, como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente, río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras.

² «estado de las aguas superficiales»: la expresión general del estado de una masa de agua superficial, determinado por el peor valor de su estado ecológico y de su estado químico.

³ «buen potencial ecológico»: el estado de una masa de agua muy modificada o artificial, que se clasifica como tal con arreglo a las disposiciones pertinentes del anexo V de la DMA.



Embalse de Azután

agua naturales. Tal y como se especifica en el anexo V de la Directiva, *la consecución de un buen potencial ecológico en una masa de agua artificial o muy modificada pasa por el cumplimiento de ciertos requisitos de calidad ya fijados para los elementos de calidad biológica, fisicoquímica e hidromorfológica*. Son estos elementos los que, en conjunto, definen la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y permiten de forma clara, rápida e integrada determinar los niveles de perturbación en el ambiente. El objetivo final es clasificar el potencial ecológico de un embalse de acuerdo a las clases tipificadas en la DMA: bueno o superior, moderado, deficiente y malo.

Los programas de control del estado de las aguas permiten obtener una visión completa y llevar a cabo un seguimiento de aquellas masas que se encuentren en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales, y poder así implantar los programas de medidas necesarios. En este sentido, la Confederación

Hidrográfica del Tajo (CHT, en adelante) lleva un control sistemático a través de campañas anuales en toda la red de control de embalses de la cuenca.

**EL OBJETIVO FINAL ES
CLASIFICAR EL POTENCIAL
ECOLÓGICO DE UN EMBALSE
DE ACUERDO A LAS CLASES
TIPIFICADAS EN LA DMA:
BUENO O SUPERIOR,
MODERADO, DEFICIENTE Y
MALO.**

El objeto de este informe es el de presentar y resumir los trabajos ejecutados desde la CHT en la red de control de embalses durante los últimos años del primer ciclo de planificación: 2012, 2013, 2014 y 2015. De igual manera, se resumirá la normativa aplicable en materia de agua para la evaluación del potencial ecológico en embalses y se explicarán las metodologías de toma de muestras y análisis para los diferentes elementos de calidad. Finalmente, los resultados obtenidos permitirán evaluar tendencias observables en un mayor rango temporal y obtener una serie de conclusiones.

LA DEMARCACIÓN. MARCO FÍSICO Y BIÓTICO

La Demarcación Hidrográfica Internacional del Tajo (Figura 1) es una demarcación compartida entre España y Portugal. El ámbito territorial al que se refiere esta publicación corresponde a la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo, establecido en el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas (BOE, 2007). La parte española de la demarcación limita con las demarcaciones del Duero al norte, Ebro y Júcar al este y Guadiana al sur, siendo la superficie de 55.781 km2. Al oeste continúa la cuenca del Tajo en Portugal.

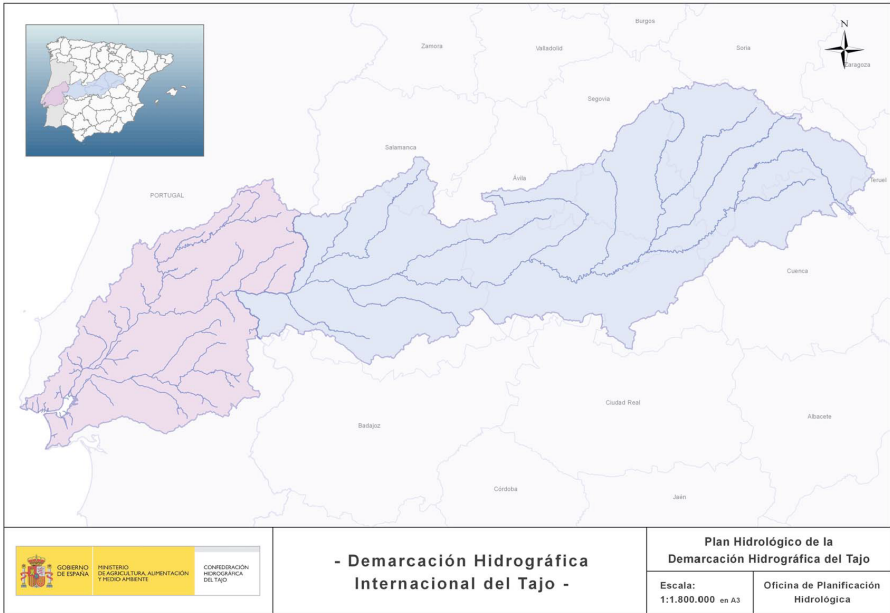


Figura 1. Demarcación internacional del Tajo (PHT, 2014)

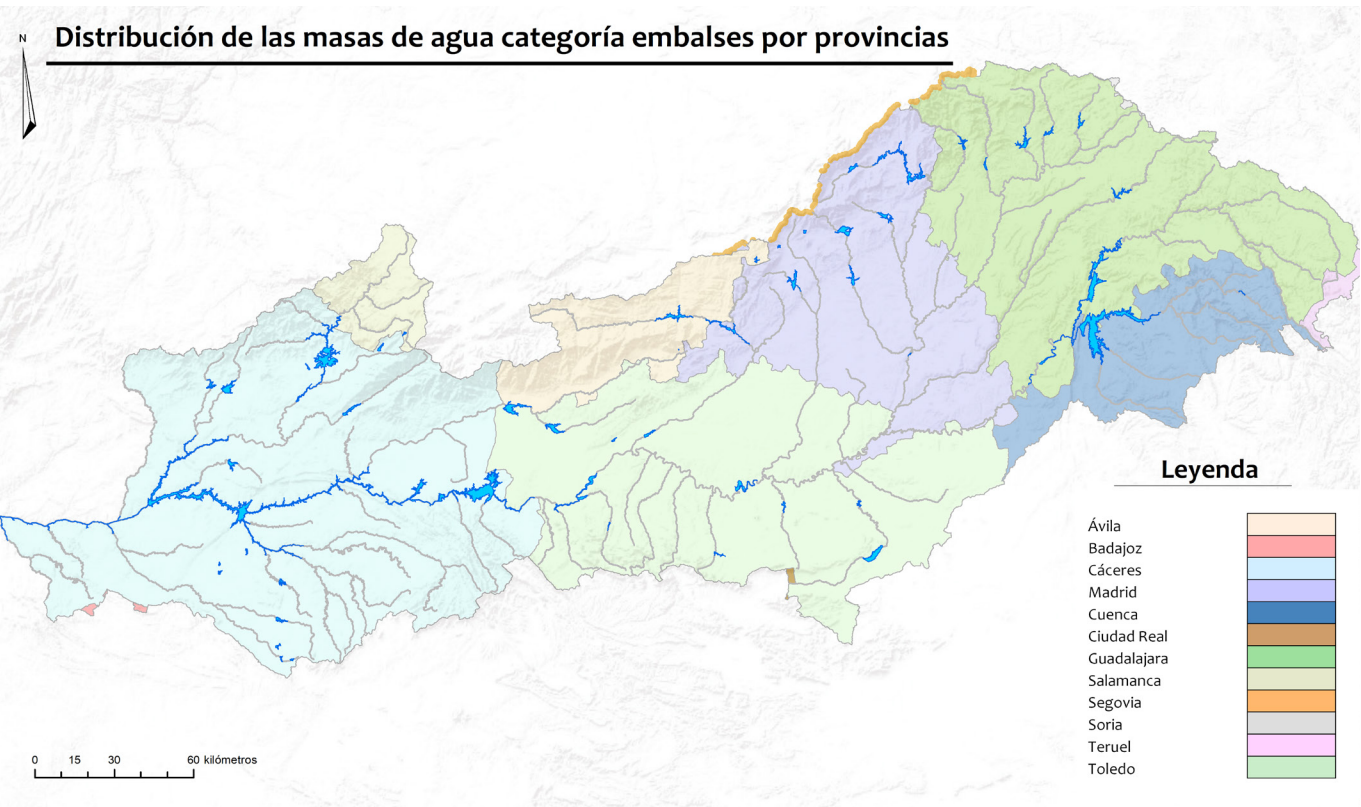


Figura 2. Distribución de las masas de agua categoría embalses por provincias

La cuenca del Tajo tiene un clima mediterráneo-continental. Su característica principal es la existencia de una estación seca bien definida y oscilaciones térmicas muy marcadas, lo que genera escasas precipitaciones y altas temperaturas estivales que conllevan severos estiajes. La pluviometría determina situaciones muy diferenciadas debido a la altitud. Los valores más altos corresponden a los cinturones montañosos occidentales mientras que los mínimos se registran en el entorno de la ciudad de Toledo (PHT, 2014).

La cuenca española del Tajo se sitúa en la zona central de la Península Ibérica, limitada por la Cordillera Central al norte, la Ibérica al este y los Montes de Toledo al sur. Se extiende a lo largo de cinco Comunidades Autónomas: Extremadura, Madrid, Castilla y León, Aragón y Castilla-La Mancha, incluyendo territorios pertenecientes a 12 provincias. En la cuenca del Tajo se definió una red hidrográfica básica a partir de la cual se han delimitado las diferentes masas de agua siguiendo lo establecido en el

punto 2.2.1.1.1 de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH en adelante) (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre. BOE 2008). La red resultante cuenta con más de **8.400 km** de longitud y **67 masas** muy modificadas o artificiales tipo embalse.

La red de tributarios del Tajo es muy disimétrica. Los de su margen derecha son los que aportan caudales más abundantes (Jarama, Alberche, Tiétar y Alagón en la parte española), mientras que los tributarios por la margen izquierda (Guadalupe, Almonte, Salor en la parte española) son en general cortos y de caudales escasos.

Entre los embalses más relevantes de la cuenca, en función de los mayores volúmenes para abastecimiento, estarían los embalses ubicados en el municipio de Madrid y su área metropolitana (gestionados por Canal de Isabel II), así como los embalses de municipios de Guadalajara, Toledo, Talavera de la Reina y Cáceres.

Como embalses destacables se citan los siguientes, organizados en función de la corriente de agua a la que se encuentran relacionados:

- Río Tajo: embalses de Entrepeñas, Buendía, Valdecañas, Torrejón y Alcántara.
- Río Alagón: embalse de Gabriel y Galán.
- Río Alberche: embalses de Torcón, Guajaraz, El Burguillo y San Juan.
- Río Ambroz: embalse de Baños.
- Río Árrago: embalses de Rivera de Gata y Borbollón.
- Río Cuerpo de Hombre: embalse de Navamuño.
- Río Jerte: embalse Jerte-Plasencia.
- Río Tiétar: embalses de Rosarito y Navalcán.
- Río Salor: embalse de Salor.
- Río Sorbe: embalse de Beleña.
- Sistema Henares sin el río Sorbe: Alcorlo y Pálmaces.
- Río Tajuña: embalse de la Tajera.

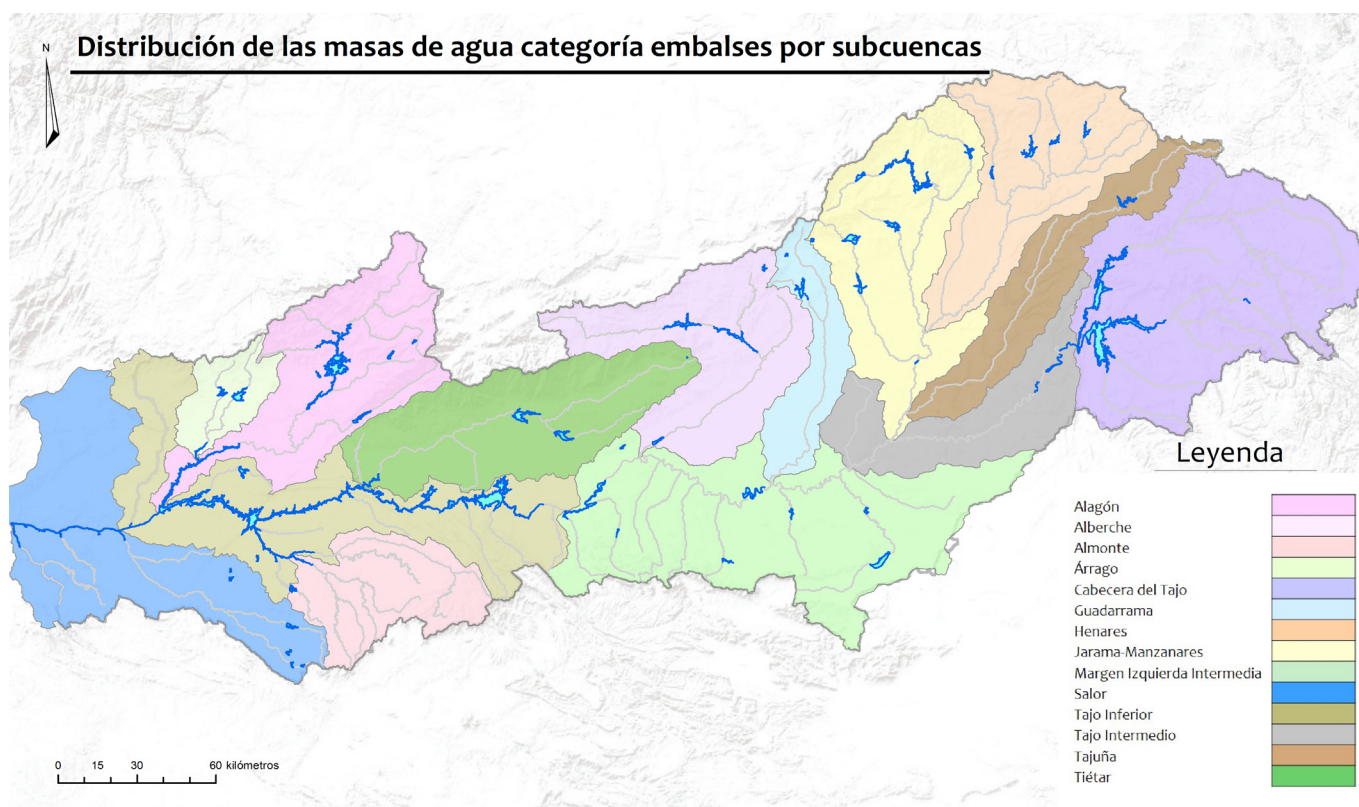


Figura 3. Distribución de las masas de agua categoría embalses por subcuencas

RED DE CONTROL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES

CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS POR CATEGORÍA, NATURALEZA Y TIPOLOGÍA

El artículo 40.3 del TRLA (BOE, 2001), establece que el ámbito territorial del Plan Hidrológico será coincidente con el de la demarcación hidrográfica correspondiente. El marco normativo para la designación de las masas de agua artificiales o muy modificadas viene definido también mediante el TRLA (BOE, 2001) y el Reglamento de Planificación Hidrológica (BOE, 2007). Además, la IPH (BOE, 2008), plantea cada masa de agua como un elemento diferenciador sin solapamientos con otras masas distintas ni elementos que no sean

contiguos. Así, no tendrá tramos ni zonas pertenecientes a **categorías, tipologías, naturaleza ni características físicas** semejantes, siendo el límite entre estas el determinante al establecer el límite entre masas. Dicha instrucción detalla los contenidos de la normativa de rango superior y define la metodología de designación para su aplicación. Este capítulo presenta un resumen de los contenidos de estos documentos en lo que se refiere a la designación de las masas de aguas artificiales o muy modificadas.

En el año 2015 se aprobó el 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. Dicho documento legal incluye novedosos criterios de homogeneización para el diseño y la implementación de los programas de seguimiento y revisiones en las definiciones de las normas de calidad.



Fotografía: Címera Estudios Aplicados, S.L.

Figura 4. Imagen del embalse de la Tajera, en el río Tajuña, a su paso por la provincia de Guadalajara

En general, las masas de agua superficial se clasifican en función de su categoría, naturaleza y tipología. A continuación se describe cada una de estas clasificaciones.

Uno de los primeros pasos en la caracterización de cada cuenca hidrográfica es la diferenciación de las masas de agua superficial en **categorías**. Las masas de agua superficial incluyen las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras.

- **Lagos y embalses** (todas las aguas quietas) o ríos (corrientes) en la superficie del suelo.
- **Aguas de transición:** masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.
- **Aguas costeras:** las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

En función de su **naturaleza**, además de masas de agua superficiales naturales, existen masas de agua artificiales y muy modificadas:

- **Masa de agua artificial:** una masa de agua superficial creada por la actividad humana.
- **Masa de agua muy modificada:** una masa de agua superficial que, como consecuencia de alteraciones físicas producidas por la actividad humana, ha experimentado un cambio sustancial en su naturaleza.

Tanto en el plan hidrológico de cuenca del ciclo de planificación 2009-2015 (PHT, 2014) como en el último plan hidrológico 2015-2021 (PHT, 2015), se estimó que en torno al 13 % de la red de drenaje, a nivel de cuenca, estaría en la categoría de masas de agua muy modificadas, e, igualmente, el 90 % de los recursos regulados se encontrarían en la misma situación. En relación con esto, se destacan las siguientes situaciones:

- El número de masas muy modificadas que se concatenan, con la alternancia de embalses y tramos fluviales, tanto en el eje principal del Tajo (desde Azután hasta Cedillo), como en todo el río Albarche.
- La regulación en cabecera de las cuencas del Jarama y Manzanares, ejemplo de masas de agua muy modificadas por el efecto aguas abajo que produce la

presencia de una presa, destacando especialmente el río Lozoya.

- Ríos con varias masas de agua muy modificadas en su curso, tales como el Árrago, Algodor y Tiétar.

Las **tipologías** se definen como tipos homogéneos basados en características naturales con objeto de definir condiciones de referencia (CR) para cada una (CHT, 2012). La clasificación de las masas de agua superficiales en tipologías permite identificar unas condiciones biológicas de referencia para el sistema de clasificación del estado ecológico, comunes a las masas de agua pertenecientes a cada uno de los tipos. Esta clasificación es necesaria debido a la elevada diversidad que presentan las masas de agua debido a las diferencias altitudinales, climáticas o geológicas.



Figura 5. Imagen de dos embalses de la cuenca de diferentes geologías: arriba está el embalse de tipo calcáreo de Torrejón-Tajo y abajo el embalse de tipo silíceo Torrejón-Tiétar a su paso por el Parque Nacional de Monfragüe (Cáceres)

En la IPH se desarrollan los criterios para identificar y clasificar todas las masas de agua superficial de las cuencas hidrográficas españolas (Tabla 1).

Tabla 1. Valores y rangos de las variables que definen la tipología de masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lago o lénticas según la IPH

Régimen de mezcla	Geología (Alcalinidad)	Índice de humedad (IH)	Área de la cuenca	Temperatura media anual	Altitud
Monomícticos	Silíceos Alcalino 1meq/l	Zona Húmeda IH ≥ 0,75	Cabecera y tramos altos < 1000 km2	< 15°C Tipo 1	
				≥ 15°C Tipo 2	
		Zona No Húmeda IH < 0,75	Red principal ≥ 1000 km2 Tipo 3		
			Cabecera y tramos altos < 1000 km2 Tipo 4		
			Red principal entre 1000 km2 y 20000 km2 Tipo 5		
			Tramos bajos de ejes principales ≥ 20000 km2 Tipo 6		
	Calcáreos Alcalinidad > 1meq/l	Zona Húmeda IH ≥ 0,75	Cabecera y tramos altos < 1000 km2	Tramos bajos de ejes principales ≥ 20000 km2 Tipo 6	
				≥ 15°C Tipo 8	
		Zona No Húmeda IH < 0,75	Red principal ≥ 1000 km2 Tipo 9		
			Cabecera y tramos altos < 1000 km2 Tipo 10		
			Red principal entre 1000 km2 y 20000 km2 Tipo 11		
			Tramos bajos de ejes principales ≥ 20000 km2 Tipo 12		
Dimícticos Tipo 13		IH > 2			> 1400 m en Pirineos > 1500 m en cordillera Cantábrica > 1600 m en el Sistema Central

En la Tabla 1 se reflejan para cada tipo exclusivamente los valores o umbrales de las variables que lo definen. Para la caracterización se obtiene el valor de la variable en un punto cercano a la presa en los embalses (o en el centroide de la masa de agua en los lagos).

- **Régimen de mezcla:** Se refiere a la estratificación térmica del lago o embalse. Para la asignación de tipología se considerarán los siguientes valores:

- » **Dimíctico:** corresponde a un doble periodo de estratificación (congelación invernal y estratificación estival).
- » **Monomíctico:** corresponde a un solo periodo de estratificación asociado a la época estival.

- **Alcalinidad:** es una medida del grado de mineralización del agua. El valor límite para la caracterización del embalse o lago modificado entre calcáreo o silíceo es de 1 meq/l. En masas con valores de alcalinidad comprendidos entre 1 y 2 meq/l la asignación deberá ser coherente con la geología de la cuenca.
- **Índice de humedad (IH):** está definido como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial de Penman.
- **Área de la cuenca:** es la superficie de la cuenca vertiente al embalse o lago modificado.

- **Valor de la temperatura media anual del aire (en °C),** calculada para el periodo 1940-1995.
- **Altitud:** cota máxima sobre el nivel del mar de la lámina de agua.

De los 13 tipos establecidos en la Península Ibérica para las masas de agua muy modificadas o artificiales encontramos 9 tipos en el ámbito geográfico de la Demarcación Hidrográfica del Tago, tal y como se muestra en la Tabla 2. No se encuentran las tipologías 2, 8, 9 y 13, resaltadas en la tabla, y que sí aparecen en otras zonas de la Península Ibérica.

Tabla 2. Tipos de masas de agua muy modificadas y artificiales asimilables a embalses

Tipología	Descripción de la tipología	CHT
E-T01	Monomíctico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	SÍ
E-T02	Monomíctico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual mayor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	NO
E-T03	Monomíctico, silíceo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.	SÍ
E-T04	Monomíctico, silíceo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	SÍ
E-T05	Monomíctico, silíceo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.	SÍ
E-T06	Monomíctico, silíceo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de los ejes principales.	SÍ
E-T07	Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	SÍ
E-T08	Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual mayor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	NO
E-T09	Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal	NO
E-T10	Monomíctico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	SÍ
E-T11	Monomíctico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.	SÍ
E-T12	Monomíctico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales	SÍ
E-T13	Dimíctico	NO

Nota: en rojo se señalan aquellas que no están presentes en el ámbito de estudio de la cuenca del Tajo

Se presenta a continuación en la Figura 6 la ubicación de las diferentes tipologías de embalses dentro de la cuenca del Tajo.

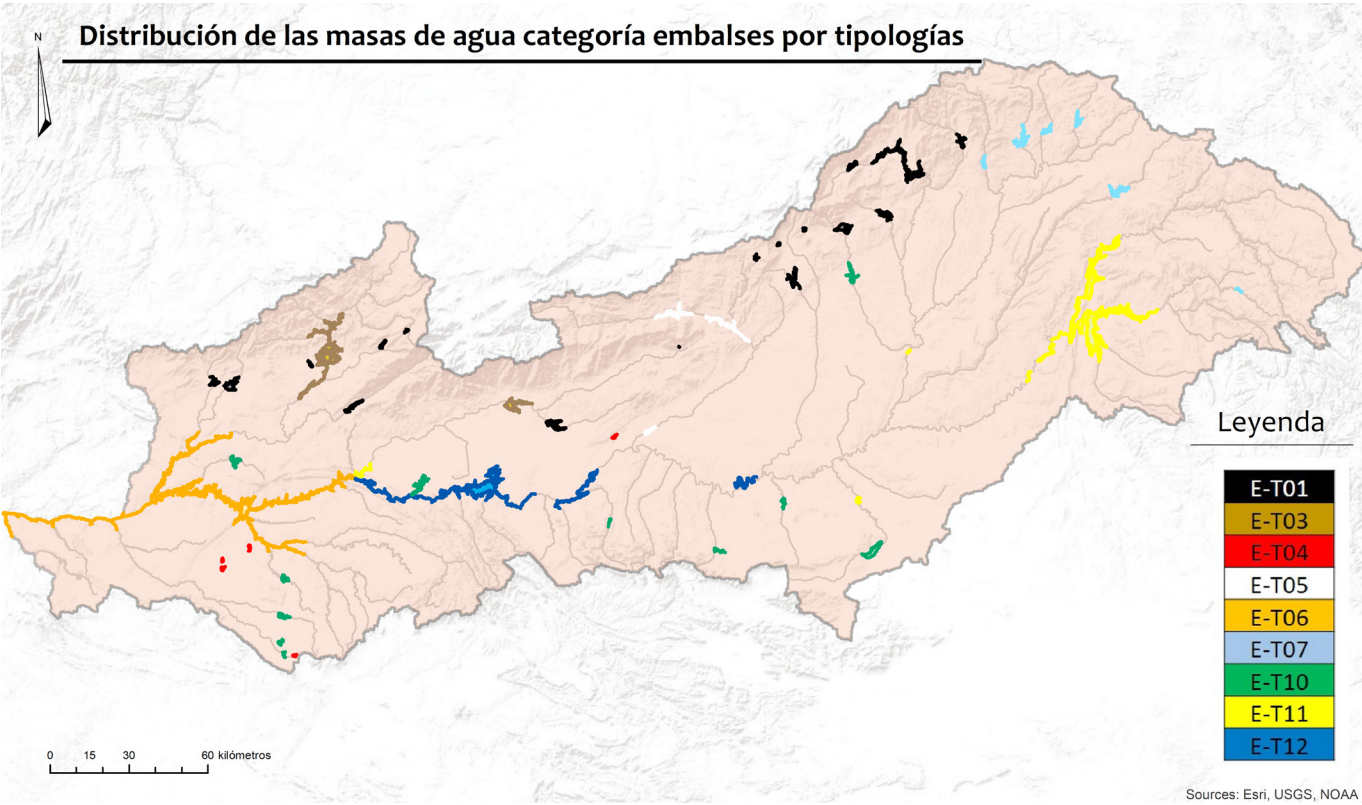


Figura 6. Distribución de las masas de agua categoría embalses por tipologías

PROGRAMAS DE CONTROL

Los programas de seguimiento de las masas de agua incluyen un conjunto de actividades encaminadas a obtener una visión general coherente y completa del estado y calidad de las aguas. Dentro de cada programa se establecen **estaciones de control**, entendidas como el conjunto de puntos de muestreo utilizados para la evaluación del estado de la masa de agua, siendo un punto de muestreo el lugar geográfico de toma de muestra (RD 817/2015).

Los programas de seguimiento del estado de las aguas superficiales, según establece el RD 817/2015, son los que se indican a continuación:

- **Programa de control de vigilancia:** tiene por objeto obtener una visión general y completa del estado de las masas de agua. Está integrado por:
 - » **Subprograma de seguimiento del estado general de las aguas:** permite realizar la evaluación del estado general de las aguas superficiales y de los cambios o tendencias que experimentan estas masas de agua a largo plazo como consecuencia de la actividad antropogénica muy extendida.
 - » **Subprograma de referencia:** permite evaluar las tendencias a largo plazo en el estado de las masas de agua debidas a cambios en las condiciones naturales, así como establecer condiciones de referencia (CR) para cada tipo de masa de agua.
- **Programa de control operativo:** tiene por objeto determinar el estado de las masas de agua en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales, así como evaluar los cambios que se produzcan en el estado de dichas masas como resultado de los programas de medidas.
- **Programa de control de investigación:** este control permitirá definir el programa de medidas requerido para cumplir los objetivos medioambientales y, en su caso, de medidas específicas para remediar los efectos de una contaminación accidental.
- **Control adicional de las masas de agua del Registro de zonas protegidas de la demarcación.**

En la Tabla 3 se incluyen, para cada tipo de programa, un esquema sobre las frecuencias mínimas de muestreo exigidas para cada elemento de calidad.

Tabla 3. Frecuencias mínimas de muestreo para los programas de control de vigilancia y operativo para embalse

Elementos de calidad		Control de vigilancia	Control operativo
		Frecuencias mínimas de muestreo en masas de agua categoría embalse*	Frecuencias mínimas de muestreo
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton (iga, % cianobacterias, clorofila a y biovolumen)	2	1 año
	Continuidad	1	6 años
Hidro-morfológicos	Régimen hidrológico	1 vez/mes	1 vez/mes
	Morfología	1	6 años
Químicos y fisicoquímicos generales	Condiciones térmicas	4	3 meses
	Oxigenación	4	3 meses
	Salinidad	4	3 meses
	Estado de nutrientes	4	3 meses
	Estado de acidificación	4	3 meses
Sustancias individuales	Sustancias prioritarias	12	1 mes
	Contaminantes específicos	4	3 meses

*Frecuencias anuales

ESTACIONES Y CAMPAÑAS DE MUESTREO

La red de control de embalses de la cuenca del Tajo está formada por **67 embalses**, que se extienden a lo largo de cuatro comunidades autónomas: Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura y Madrid y siete provincias: Ávila, Cáceres, Cuenca, Guadalajara, Madrid, Salamanca y Toledo (Figura 7). En la Figura 8 se muestra la distribución de la red de control de embalses. Del total de estas 67 masas de agua, 58 se corresponden con ríos muy modificados asimilables a embalses y 9 se corresponden con lagos artificiales.

De acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, en adelante) en el **protocolo de muestreo de fitoplancton en embalses y lagos** (M-LE-FP-2013), los muestreos se rea-

lizarán a lo largo del periodo de posible estratificación estival (entre julio y septiembre).

La frecuencia de 2 muestreos al año por embalse que establece el protocolo no se ha podido cumplir en todos los años del periodo de estudio, debido a restricciones presupuestarias. Como mínimo se ha realizado una campaña en verano en cada uno de los años estudiados. Por los mismos motivos tampoco se han podido muestrear todos los embalses todos los años, habiéndose seleccionado aquellos que, según los datos previos, obtenían peor potencial ecológico. Las campañas realizadas en el periodo de estudio se resumen en la Tabla 4.

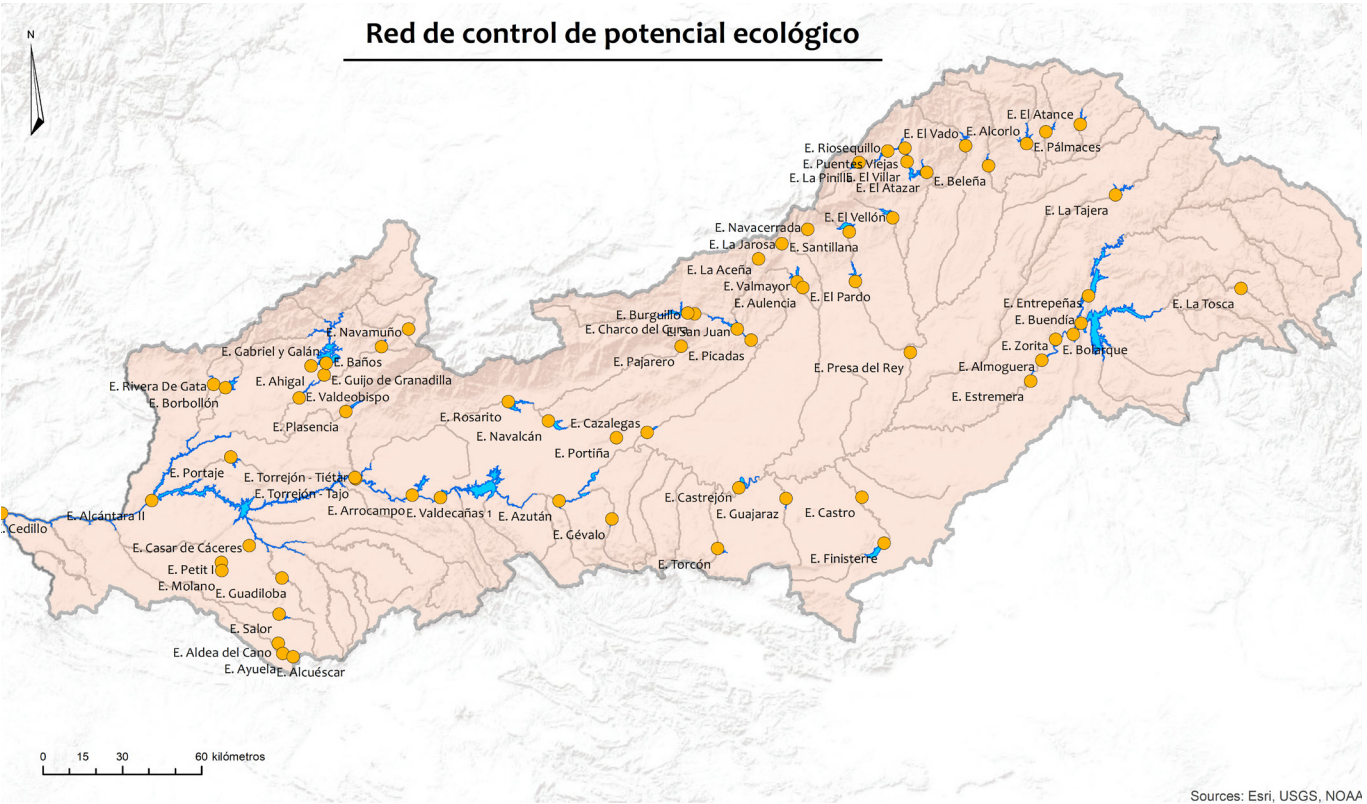
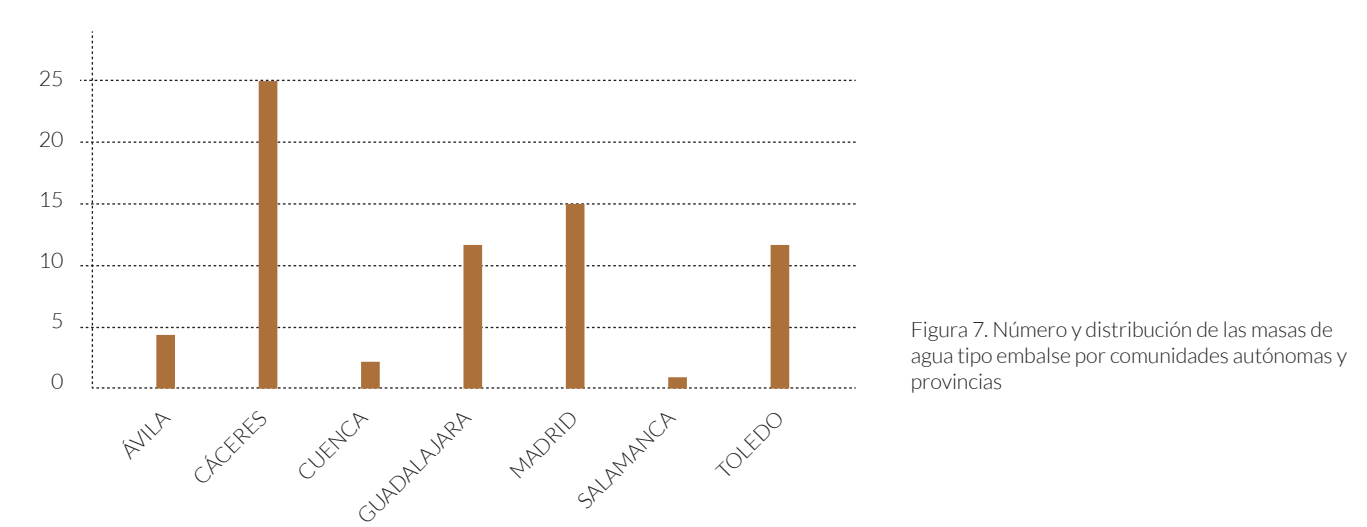


Figura 8 mapa de la red de control del potencial ecológico en la demarcación hidrográfica del Tajo

Tabla 4. Campañas de muestreo para el control del potencial ecológico en embalses 2012-2015

Campaña	Fecha inicio	Fecha fin	Número de estaciones muestreadas
Verano 2012	10/julio	03/septiembre	49
Verano 2013	15/julio	22/agosto	49
Verano 2014	09/septiembre	18/septiembre	19
Otoño 2014	06/octubre	24/octubre	36
Verano 2015	27/julio	20/agosto	67

En la Tabla 5 se recogen los códigos y nombres de los puntos de control y las masas muestreadas durante el periodo aquí recogido (2012-2015).

Tabla 5. Masas de agua tipo embalse de la red de control de potencial ecológico en la Cuenca del Tajo para los años 2012-2015

Código de masa agua	Código punto biológico	Código interno punto biológico	Nombre del punto	Provincia
ES030MSPF0510020	TA55707B02	TA20693	E. Charco del Cura - Alberche	Ávila
ES030MSPF0511020	TA55607B05	TA20709	E. Burguillo - Alberche	Ávila
ES030MSPF0523020	TA53207B02	TA20706	E. La Aceña - Aceña	Ávila
ES030MSPF0737020	TA57909B06	TA20764	E. Pajarero - Pajarero	Ávila
ES030MSPF0701020	TA62309B02	TA20687	E. Torrejón - Tiétar	Cáceres
ES030MSPF0803020	TA59611B06	TA20716	E. Borbollón - Árrago	Cáceres
ES030MSPF0806020	TA59611B05	TA20714	E. Rivera de Gata - Gata	Cáceres
ES030MSPF0903020	TA59710B06	TA20715	E. Valdeobispo - Alagón	Cáceres
ES030MSPF0904020	TA57510B01	TA20713	E. Guijo de Granadilla - Alagón	Cáceres
ES030MSPF0905020	TA57510B08	TA20692A	E. Gabriel y Galán - Alagón	Cáceres
ES030MSPF0915020	TA59810B01	TA20680	E. Plasencia - Jerte	Cáceres
ES030MSPF0928030	TA57410B02	TA20761	E. Ahigal - Palomero	Cáceres
ES030MSPF0929030	TA57510B09	TA20738	E. Baños - Baños	Cáceres
ES030MSPF1001020	TA67514B01	TA20725A	E. Cedillo - Tajo	Cáceres
ES030MSPF1002020	TA64812B05	TA20719A	E. Alcántara II - Tajo	Cáceres
ES030MSPF1003020	TA62312B04	TA20683	E. Torrejón Presa - Tajo	Cáceres
ES030MSPF1004020	TA65312B05	TA20720A	E. Valdecañas - Tajo	Cáceres
ES030MSPF1013020	TA62112B04	TA20681	E. Portaje - Fresnedosa	Cáceres
ES030MSPF1018020	TA65212B06	TA20721	E. Arrocampo - Arrocampo	Cáceres
ES030MSPF1024020	TA70414B02	TA20727	E. Salor - Salor	Cáceres
ES030MSPF1026020	TA72914B02	TA20729	E. Ayuela - Ayuela	Cáceres
ES030MSPF1027020	TA72914B01	TA20728	E. Aldea del Cano - Santiago	Cáceres
ES030MSPF1040020	TA70413B01	TA20726	E. Guadiloba - Guadiloba	Cáceres
ES030MSPF1041030	TA67812B04	TA20739	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	Cáceres
ES030MSPF1042030	TA67714B01	TA20763	E. Molano - Pontones	Cáceres
ES030MSPF1043030	TA67714B02	TA20762	E. Petit I - Pantones	Cáceres
ES030MSPF1044030	TA72914B03	TA20740	E. Alcuéscar - Ayuela	Cáceres
ES030MSPF0131020	TA56201B02	TA20710A	E. Buendía - Guadiela	Cuenca
ES030MSPF0146020	TA53901B04	TA20679	E. La Tosca - Cuervo	Cuenca
ES030MSPF0104020	TA58402B02	TA20690	E. Estremera - Tajo	Guadalajara
ES030MSPF0106020	TA58402B01	TA20684	E. Almoguera - Tajo	Guadalajara
ES030MSPF0108020	TA56802B01	TA20691	E. Zorita - Tajo	Guadalajara
ES030MSPF0109020	TA56201B04	TA20708A	E. Bolarque - Tajo	Guadalajara

*Real Decreto 270/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

Tipología	Clasificación*	Huso	Utmx	Utmy
E-T05	Río muy modificado (embalse)	30	372.551	4.475.952
E-T05	Río muy modificado (embalse)	30	369.458	4.476.380
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	396.669	4.496.718
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	393.785	4.465.886
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	246.805	4.414.919
E-T01	Río muy modificado (embalse)	29	706.688	4.444.764
E-T01	Río muy modificado (embalse)	29	701.907	4.445.709
E-T03	Río muy modificado (embalse)	29	734.528	4.442.702
E-T03	Río muy modificado (embalse)	29	743.449	4.452.047
E-T03	Río muy modificado (embalse)	29	744.078	4.456.644
E-T01	Río muy modificado (embalse)	29	752.512	4.433.970
E-T01	Embalse artificial	29	738.443	4.455.203
E-T01	Embalse artificial	30	254.292	4.463.431
E-T06	Río muy modificado (embalse)	29	625.635	4.391.924
E-T06	Río muy modificado (embalse)	29	681.524	4.400.349
E-T12	Río muy modificado (embalse)	30	244.759	4.413.538
E-T12	Río muy modificado (embalse)	30	276.824	4.406.612
E-T04	Río muy modificado (embalse)	29	710.336	4.418.727
E-T10	Embalse artificial	30	265.867	4.407.473
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	284.505	4.408.740
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	216.742	4.347.459
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	269.004	4.410.614
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	197.238	4.421.767
E-T04	Embalse artificial	30	190.684	4.449.088
E-T04	Embalse artificial	30	195.205	4.447.719
E-T04	Embalse artificial	30	222.859	4.443.908
E-T04	Embalse artificial	30	232.503	4.453.370
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	227.405	4.455.899
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	233.670	4.457.090
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	264.059	4.469.700
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	254.491	4.463.164
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	499.332	4.450.297
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	516.365	4.470.848

Continuación de la Tabla 5

Código de masa agua	Código punto biológico	Código interno punto biológico	Nombre del punto	Provincia
ES030MSPF0113020	TA56201B03	TA20705A	E. Entrepeñas - Tajo	Guadalajara
ES030MSPF0203020	TA48703B01	TA20675	E. La Tajera - Tajuña	Guadalajara
ES030MSPF0317020	TA48504B01	TA20701	E. Beleña - Sorbe	Guadalajara
ES030MSPF0321020	TA46004B03	TA20697	E. Alcorlo - Bornova	Guadalajara
ES030MSPF0324020	TA46004B01	TA20696	E. Pálmaces - Cañamares	Guadalajara
ES030MSPF0328020	TA46104B04	TA20695	E. El Atance - Salado	Guadalajara
ES030MSPF0425020	TA45905B01	TA20698	E. El Vado - Jarama	Guadalajara
ES030MSPF0410020	TA53306B08	TA20730	E. Aulencia - Aulencia	Madrid
ES030MSPF0411020	TA53306B02	TA20707	E. Valmayor - Aulencia	Madrid
ES030MSPF0415020	TA53306B01	TA20677	E. La Jarosa - La Jarosa	Madrid
ES030MSPF0418020	TA58205B02	TA20694	E. Presa del Rey - Jarama	Madrid
ES030MSPF0429020	TA53405B05	TA20678	E. El Pardo - Manzanares	Madrid
ES030MSPF0431020	TA50905B04	TA20704	E. Santillana - Manzanares	Madrid
ES030MSPF0438020	TA50805B04	TA20676	E. Navacerrada - Navacerrada	Madrid
ES030MSPF0442020	TA50905B05	TA20703	E. El Vellón - Guadalix	Madrid
ES030MSPF0444020	TA48505B02	TA20702A	E. El Atazar - Lozoya	Madrid
ES030MSPF0445020	TA48405B06	TA20673	E. El Villar - Lozoya	Madrid
ES030MSPF0446020	TA48405B05	TA20699	E. Puentes Viejas - Lozoya	Madrid
ES030MSPF0447020	TA48405B04	TA20700	E. Riosequillo - Lozoya	Madrid
ES030MSPF0449020	TA48405B03	TA20674	E. Pinilla - Lozoya	Madrid
ES030MSPF0507020	TA58007B12	TA20712	E. Picadas 1 - Alberche	Madrid
ES030MSPF0508020	TA55707B05	TA20711	E. San Juan - Alberche	Madrid
ES030MSPF0930030	TA55310B03	TA20689	E. Navamuño - Fuente Santa	Salamanca
ES030MSPF0502020	TA60207B05	TA20718	E. Cazalegas - Alberche	Toledo
ES030MSPF0601020	TA65408B02	TA20682	E. Azután - Tajo	Toledo
ES030MSPF0605020	TA65608B01	TA20722	E. Castrejón - Tajo	Toledo
ES030MSPF0611020	TA65508B01	TA20750	E. Gévalo - Gévalo	Toledo
ES030MSPF0618020	TA68408B01	TA20688	E. Torcón - Torcón	Toledo
ES030MSPF0621020	TA65708B01	TA20724	E. Guajaraz - Guajaraz	Toledo
ES030MSPF0623020	TA65808B02	TA20723	E. Castro - Algodor	Toledo
ES030MSPF0625020	TA68608B01	TA20686	E. Finisterre - Algodor	Toledo
ES030MSPF0630030	TA62708B04	TA20760	E. Portiña - Portiña	Toledo
ES030MSPF0704020	TA60009B05	TA20717	E. Rosarito - Tiétar	Toledo
ES030MSPF0729020	TA60109B01	TA20685	E. Navalcán - Guadyervas	Toledo

*Real Decreto 270/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

Tipología	Clasificación*	Huso	Utmx	UtmY
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	521.357	4.482.327
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	508.967	4.466.114
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	519.934	4.470.527
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	521.357	4.482.327
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	505.007	4.544.397
E-T07	Río muy modificado (embalse)	30	518.224	4.547.443
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	474.646	4.539.437
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	413.287	4.485.652
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	411.087	4.488.333
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	405.473	4.502.728
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	453.893	4.461.089
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	433.148	4.488.016
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	430.606	4.506.682
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	415.227	4.507.659
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	447.370	4.512.152
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	460.015	4.529.110
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	452.723	4.533.317
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	451.890	4.538.383
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	445.650	4.537.100
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	434.610	4.533.036
E-T05	Río muy modificado (embalse)	30	394.053	4.465.862
E-T05	Río muy modificado (embalse)	30	338.624	4.470.223
E-T01	Embalse artificial	30	264.059	4.469.700
E-T05	Río muy modificado (embalse)	30	354.603	4.430.848
E-T12	Río muy modificado (embalse)	30	321.243	4.405.123
E-T12	Río muy modificado (embalse)	30	389.146	4.410.337
E-T10	Río muy modificado (embalse)	30	341.331	4.398.388
E-T10	Río muy modificado (embalse)	30	381.180	4.387.228
E-T04	Río muy modificado (embalse)	30	406.977	4.406.220
E-T11	Río muy modificado (embalse)	30	435.620	4.406.611
E-T10	Río muy modificado (embalse)	30	444.109	4.389.358
E-T04	Embalse artificial	30	342.738	4.428.999
E-T03	Río muy modificado (embalse)	30	302.206	4.442.642
E-T01	Río muy modificado (embalse)	30	317.364	4.435.439

A continuación, en la Tabla 6, se indican los embalses de la CHT muestreados durante 2012, 2013, 2014 y 2015. En el caso de los muestreos de 2012 y 2013 se muestrearon 49 embalses pero sólo fue posible calcular el potencial ecológico en 43 de ellos, ya que en los otros 6 no se evaluaron los indicadores relativos al fitoplancton, solo se midió la concentración de clorofila a.

Tabla 6. Campañas de muestreo para las redes de control del potencial ecológico en embalses 2012-2015

Cód. Int. Punto de control	Nombre punto de control	2012	2013	2014	2015
TA20706	E. Aceña - Aceña	x	x	x	x
TA20761	E. Ahigal - Palomero	x	x	x	x
TA20719A	E. Alcántara II - Tajo	x	x	x	x
TA20697	E. Alcorlo - Bornova	x	x	x	x
TA20740	E. Alcuéscar - Ayuela	x	x	x	x
TA20728	E. Aldea del Cano - Santiago	x	x	x	x
TA20684	E. Almoguera - Tajo				x
TA20721	E. Arrocampo - Arrocampo	x	x	x	x
TA20702A	E. Atazar - Lozoya	x	x	x	x
TA20730	E. Aulencia - Aulencia			x	x
TA20729	E. Ayuela - Ayuela	x	x	x	x
TA20682	E. Azután - Tajo	x	x	x	x
TA20738	E. Baños - Baños	x	x	x	x
TA20701	E. Beleña - Sorbe	x	x	x	x
TA20708A	E. Bolarque - Tajo	x	x	x	x
TA20716	E. Borbollón - Árrago	x	x	x	x
TA20710A	E. Buendía - Guadiela	x	x	x	x
TA20709	E. Burguillo - Alberche	x	x	x	x
TA20739	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	x	x	x	x
TA20722	E. Castrejón - Tajo	x	x	x	x
TA20723	E. Castro - Algodor	x	x	x	x
TA20718	E. Cazalegas - Alberche	x	x	x	x
TA20725A	E. Cedillo - Tajo	x	x	x	x
TA20693	E. Charco del Cura - Alberche	x	x		x
TA20695	E. El Atance - Salado				x
TA20678	E. El Pardo - Manzanares				x
TA20698	E. El Vado - Jarama				x
TA20703	E. El Vellón - Guadalix	x	x	x	x
TA20673	E. El Villar - Lozoya	x	x	x	x
TA20705A	E. Entrepeñas - Tajo	x	x	x	x
TA20690	E. Estremera - Tajo				x
TA20686	E. Finisterre - Algodor	x	x	x	x
TA20692A	E. Gabriel y Galán - Alagón	x	x	x	x
TA20750	E. Gévalo - Gévalo	x	x	x	x
TA20726	E. Guadiloba - Guadiloba	x	x	x	x
TA20724	E. Guajaráz - Guajaráz	x	x	x	x

Continuación de la Tabla 6

Cód. Int. Punto de control	Nombre punto de control	2012	2013	2014	2015
TA20713	E. Guijo de Granadilla - Alagón	x	x	x	x
TA20677	E. La Jarosa - La Jarosa				x
TA20675	E. La Tajera - Tajuña			x	x
TA20679	E. La Tosca - Cuervo			x	x
TA20763	E. Molano - Pontones	x	x	x	x
TA20676	E. Navacerrada - Navacerrada				x
TA20685	E. Navalcán - Guadyerbas	x	x	x	x
TA20689	E. Navamuño - Fuente Santa			x	x
TA20764	E. Pajarero - Pajarero				x
TA20696	E. Pálmaces - Cañamares			x	x
TA20762	E. Petit I - Pantones	x	x	x	x
TA20712	E. Picadas - Alberche	x	x	x	x
TA20674	E. Pinilla - Lozoya			x	x
TA20680	E. Plasencia - Jerte	x	x	x	x
TA20681	E. Portaje - Fresnedosa	x	x	x	x
TA20760	E. Portiña - Portiña			x	x
TA20694	E. Presa del Rey - Jarama				x
TA20699	E. Puentes Viejas - Lozoya	x	x	x	x
TA20700	E. Riosequillo - Lozoya				x
TA20714	E. Rivera de Gata - Gata	x	x	x	x
TA20717	E. Rosarito - Tiétar	x	x	x	x
TA20727	E. Salor - Salor	x	x	x	x
TA20711	E. San Juan - Alberche	x	x	x	x
TA20704	E. Santillana - Manzanares	x	x	x	x
TA20688	E. Torcón - Torcón	x	x	x	x
TA20683	E. Torrejón presa - Tajo	x	x	x	x
TA20687	E. Torrejón - Tiétar	x	x	x	x
TA20720A	E. Valdecañas - Tajo	x	x	x	x
TA20715	E. Valdeobispo - Alagón	x	x	x	x
TA20707	E. Valmayor - Aulencia	x	x	x	x
TA20691	E. Zorita - Tajo				x



Embalse de la Tosca

CRITERIO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS

El estado de las masas de agua superficiales se clasifica a partir de los valores de su estado ecológico y de su estado químico. El estado ecológico se define como una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, y se clasifica empleando una serie de indicadores biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos específicos de la categoría de masa de agua superficial de que se trate. El estado químico viene determinado por el cumplimiento de las normas de calidad medioambiental.

En lo que respecta a las masas de agua artificiales o muy modificadas, el estado se clasifica a partir de los valores de su potencial ecológico y de su estado químico. Al igual que el estado ecológico, el

potencial ecológico se define como una expresión de la calidad del ecosistema, con la salvedad de que en dicho concepto se incorporan las limitaciones propias de las condiciones físicas resultantes de las características artificiales o muy modificadas de la masa de agua.

El estado final de una masa de agua superficial viene determinado por el peor valor de su estado o potencial ecológico y de su estado químico.

A continuación se especifica la normativa referente a todo el proceso de la evaluación del estado de las masas que ha estado vigente a lo largo del periodo de estudio, y posteriormente se centra en el potencial ecológico, que es el objeto del presente informe.

NORMATIVA

En la Tabla 7 se resume la normativa aplicable para la evaluación del estado de las masas de agua de categoría embalses. En el año 2015 hubo un cambio importante de normativa, con la entrada en vigor del RD 817/2015, que supuso la sustitución de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) (Orden ARM/2656/2008) con la introducción de modificaciones relevantes en las condiciones de referencia (CR, en adelante) para todas las tipologías de masas de agua.

Tabla 7. Resumen de la normativa y protocolos que se aplican a cada elemento de calidad en la categoría embalses. En color gris aparece la normativa anterior y en naranja la actual.

POTENCIAL ECOLÓGICO				ANEXO V DMA. ECOSTAT C.E.
				RD 817/2015
ESTADO QUÍMICO				RD 60/2011
				RD 817/2015
CONDICIONES DE REFERENCIA				IPH (para los periodos 2012-2013)
				RD 817/2015 (a partir de 2015)
				Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. MFIT-2013 (MAGRAMA, 2013). Usado en 2014 para la evaluación del estado ecológico.
TIPOLOGÍA DE LAS MASAS				CEDEX, 2005. Caracterización de los tipos de ríos y lagos. Versión 1.0
				IPH
INDICADORES POTENCIAL ECOLÓGICO	BIOLÓGICOS	FITOPLANCTON	MUESTREO Y LABORATORIO	Protocolo de muestreo en lagos y embalses M-LE-FP-2010 (MARM, 2010)
				Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. M-LE-FP-2013 (MAGRAMA, 2013)
		CÁLCULO DE MÉTRICAS		Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua categoría lagos, basadas en el elemento de calidad composición, abundancia y biomasa del fitoplancton en aplicación de la DMA (CEDEX, 2009 a)
				Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. MFIT-2013 (MAGRAMA, 2013)
	FISICOQUÍMICOS	DETERMINACIONES QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS		IPH
				RD 817/2015



Embalse de Navamundo

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

La DMA incorpora el concepto de **estado ecológico** como una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, reservándose el término de **potencial ecológico** para las masas de agua artificiales o muy modificadas, entre las que quedan englobados los embalses.

Para la evaluación del potencial ecológico no es suficiente con el empleo de indicadores de calidad en términos absolutos, hay que buscar marcos comparables a través de escalas relativas. Los embalses, como cualquier otro tipo de masa de agua, tienen características ecológicas diferentes. Por ello, las CR definidas para cada elemento de calidad serán específicas de cada tipología. La desviación en la valoración de la condición que un embalse tenga respecto de su estado inalterado o de referencia para cada tipología resultará en el cálculo del **Ratio de Calidad**

Ecológica (RCE, en adelante). Los RCE permiten graduar el nivel de calidad del agua de los embalses en escalas de 0 a 1. Valores cercanos a 1 coinciden con condiciones poco o nada perturbadas, muy similares a la condición de referencia, y valores más próximos a 0 indican mayor degradación del ecosistema. En apartados posteriores se detallarán los valores de las CR y el cálculo del RCE.

El potencial ecológico es una expresión integrada entre los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos, comparándolos frente a los valores definidos para las condiciones establecidas como de máximo potencial (CR). La IPH de 2008, y posteriormente el Anexo II.C.1. del Real Decreto 817/2015, establece los indicadores biológicos aplicables para embalses, y el Anexo II.C.2. recoge las CR y los límites de cambio de clase de estado para las distintas tipologías.

Conforme a las definiciones normativas establecidas en el Anexo V de la DMA, el potencial ecológico de las masas de agua superficiales se clasifica como **máximo, bueno, moderado, deficiente o malo**. Para la clasificación del estado/potencial ecológico han de tenerse en cuenta los resultados obtenidos para los parámetros biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos. Pero este último aspecto no se valora en los embalses, pues se asume que este tipo de masas ya presentan una gran alteración hidromorfológica por su propia naturaleza muy modificada. En la Figura 9 se esquematiza el proceso de evaluación del potencial ecológico para los embalses. En el siguiente apartado se explican los indicadores biológicos y fisicoquímicos que se utilizan, los protocolos utilizados para su estimación, así como todos los pasos para el cálculo de métricas, RCE y, finalmente, para la evaluación del potencial ecológico.

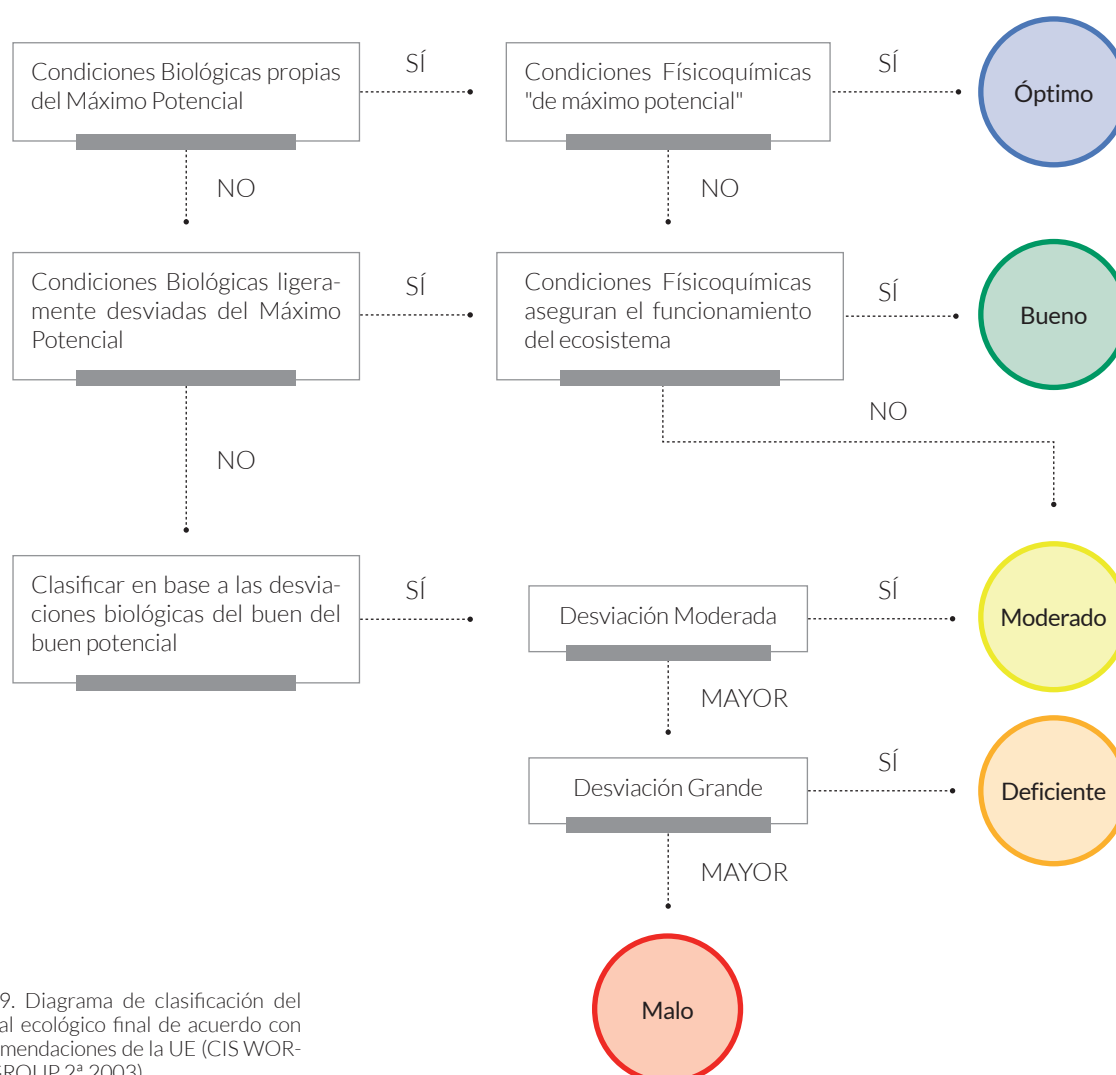


Figura 9. Diagrama de clasificación del potencial ecológico final de acuerdo con las recomendaciones de la UE (CIS WORKING GROUP 2ª, 2003).

ÍNDICES DE CALIDAD. PROTOCOLOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS



INDICADORES BIOLÓGICOS

Para el estudio de los indicadores biológicos utilizados para establecer el potencial ecológico de las masas de agua y el estado trófico, se han tomado como referencia los protocolos de muestreo y laboratorio desarrollados por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Para el cálculo del potencial ecológico de embalses, se utilizan índices biológicos basados en el fitoplancton. De acuerdo con la DMA, los índices de fitoplancton necesarios son los siguientes:

- Biovolumen fitoplanctónico total
- Concentración de Clorofila a (C_{la})
- Cálculo del porcentaje de cianobacterias
- Cálculo del IGA

Manga de plancton

APLICABILIDAD

El fitoplancton es un indicador ampliamente utilizado para evaluar la calidad del agua debido a su sensibilidad a cambios en los factores medioambientales (contaminación térmica y orgánica, cambios en la mineralización del agua, eutrofización, etc.) y a su gran diversidad. Dentro del fitoplancton se encuentra una amplia comunidad de microorganismos, la mayoría fotosintéticos y que contienen pigmentos clorofílicos (microalgas, cianobacterias, flagelados y otros grupos) que vive suspendida en la masa de agua.

Es el primer eslabón de la cadena trófica y, por tanto, los demás organismos dependen de él. Además, tiene ciclos muy cortos y se renueva rápidamente, por lo que es un buen indicador de cambios a corto plazo, respondiendo rápidamente a estos cambios ambientales.



Figura 10. Muestras de fitoplancton recogidas en embalses

SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo se ubicará suficientemente separado de la presa para quedar aguas arriba de la ataguía (el punto de muestreo debe de estar localizado en la vertical de la parte más profunda de la masa de agua, evitando las muestras litorales). La recogida de muestras para los análisis fisicoquímicos se realizará en el mismo punto en el que se tomen muestras para la determinación de fitoplancton.

El número y tipo de muestras dependerá de las características de la masa de agua, para ello es necesario conocer el valor del Disco de Secchi, DS (Figura 11) del que se tratará con mayor detalle en el apartado fisicoquímico. Esta operación es necesaria para valorar la profundidad de la zona fótica, profundidad a la que penetra la luz del sol, y varía en función de la turbidez del agua. En general, la **zona fótica** se define como *la profundidad a la cual la intensidad de la luz queda reducida a un 1% de la que ha penetrado en la superficie*, indicando la zona límite por debajo de la cual no queda lugar para los procesos de fotosíntesis, información fundamental para el muestreo de estos organismos fotosintéticos. En la siguiente Tabla se presenta un resumen del número y tipo de muestras a recoger según las características del embalse.



Figura 11. Uso del disco de Secchi para medir la transparencia y determinar la profundidad de la capa fótica

Tabla 6. Campañas de muestreo para las redes de control del potencial ecológico en embalses 2012-2015

		Nº muestras	Tipo muestras
Embalses de profundidad máxima ≤ 3 m		1	Integrada, desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo
Embalses de profundidad máxima > 3 m, no estratificados		1	Integrada desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 DS. Cuando la profundidad del lago o embalse sea inferior a 2,5 DS se tomará una muestra integrada de toda la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo
Embalses de profundidad máxima > 3 m, estratificados	Control de vigilancia, operativo y redes de referencia	1	Integrada desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 DS. Cuando la profundidad del lago o embalse sea inferior a 2,5 DS se tomará una muestra integrada de toda la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo
	Control de investigación	1	Integrada desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 DS. Cuando la profundidad del lago o embalse sea inferior a 2,5 DS se tomará una muestra integrada de toda la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo. Además, se tomarán muestras discretas en las profundidades en las que la sonda fluorimétrica detecte picos de clorofila-a

Tal y como se indica en el documento M-LE-FP-2013 (MAGRAMA, 2013), la frecuencia de muestreo será de dos veces al año, y la época idónea es aproximadamente en la primera mitad del periodo estival (julio) y el segundo en la segunda mitad del periodo estival (septiembre).

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Las muestras discretas, correspondientes a cada profundidad de la columna de agua, se obtienen mediante una botella hidrográfica (Figura 12) que se sumerge a la profundidad deseada y se cierra mediante un peso que se utiliza desde la superficie para cerrar la botella.

En el caso de muestras integradas, las submuestras tomadas a cada una de las profundidades se homogenizan finalmente en una única muestra (muestra integrada). Además de botella, se pueden usar tubos de silicona (Figura 13) u otros muestreadores integradores homologados.



Figura 12. Botella hidrográfica para la recogida de muestras de agua a diferentes profundidades en los embalses



Figura 13. Toma de muestras de agua en una muestra integrada parcial o una muestra integrada en la columna metro a metro

Las submuestras tomadas deben cubrir de manera equidistante la columna de agua muestreada, dependiendo del espesor de la capa fótica:

- Zona fótica (2,5*DS) < 10 m: la equidistancia no deberá ser mayor de 1 metro.
- Zona fótica (2,5*DS) ≥ 10 m: la equidistancia no deberá ser mayor de 2 metros.

Se tomarán volúmenes iguales a cada una de las profundidades y se homogenizarán, para dar lugar a la muestra integrada de la que luego se toman las alícuotas mediante un recipiente adecuado, manteniendo bien la mezcla. En la Tabla 9 se muestran los procedimientos a seguir para los muestreos en cada tipo de embalse en función de la profundidad.

En el control de investigación, para ayudar en la identificación del fitoplancton se realizará además un muestreo cualitativo de fitoplancton con red, utilizando una manga de plancton (Figura 14) de 20 µm de luz de malla.



Figura 14. Manga de plancton para toma de muestras en embalses

Tabla 9. Resumen de los procedimientos de muestreo de cada tipo de embalse

Método muestreo	
Embalses de profundidad máxima ≤ 3 m y humedales	Botella hidrográfica para muestras discretas a diferentes profundidades que se homogenizarán en una muestra integrada. También podrá usarse un muestreador integrador, o bien un tubo flexible de 2-2,5 cm de diámetro
Embalses de profundidad máxima > 3 m, no estratificados	Botella hidrográfica para muestras discretas a diferentes profundidades que se homogenizarán en una muestra integrada. También podrá usarse un muestreador integrador
Control de vigilancia, operativo y redes de referencia	Botella hidrográfica para muestras discretas a diferentes profundidades que se homogenizarán en una muestra integrada. También podrá usarse un muestreador integrador
Embalses de profundidad máxima > 3 m, estratificados	Botella hidrográfica para muestras discretas a diferentes profundidades que se homogenizarán en una muestra integrada. También podrá usarse un muestreador integrador. Además, se tomarán muestras discretas con botella hidrográfica a las profundidades de la columna de agua donde la sonda fluorimétrica haya detectado picos de clorofila-a
Control de investigación	

CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

En el caso de las muestras recogidas para la identificación y recuento de fitoplancton, se fijarán in situ con una solución ácida o alcalina de lugol. Para ello se añadirá de 0,5 a 1 ml de lugol por cada 100 ml de muestra hasta obtener un color miel (Figura 15).

Las muestras cualitativas de fitoplancton tomadas con red, en el caso que se requieran, se fijarán con formol comercial (37-40%) a una concentración final de 4% (v/v) de formol en la muestra.

Las muestras de fitoplancton se conservarán en neveras rígidas portátiles preservadas de la luz y fuentes de calor hasta su llegada al laboratorio, donde se guardan en oscuridad hasta su posterior análisis. En el caso del análisis de clorofila-a, las muestras se refrigerarán a 4°C

y se mantendrán en oscuridad hasta el momento del filtrado, en el caso de que las muestras puedan filtrarse en el laboratorio antes de 24 horas. En el caso de que no pueda hacerse, se filtrará in situ, el filtro se introducirá en un vial y se almacenará congelado hasta el momento de añadir el solvente (Figura 16).



Figura 15. Tonalidad de una muestra de fitoplancton correctamente fijada



Figura 16. Filtro de microfibras tras el filtrado para el análisis de la Clorofila a

PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA E IDENTIFICACIÓN

Pretratamiento y limpieza: previamente al proceso de análisis, tanto las muestras como el material a emplear se someterán a un periodo de aclimatación de 12 horas a temperatura ambiente, con el fin de evitar las posibles corrientes de convección (creadas por diferencias de temperatura entre muestras y equipos o reactivos) y favoreciendo así la distribución al azar del fitoplancton en la muestra.

Tras esto, se homogeneizan las muestras mediante resuspensión y separación de las partículas, vertiéndose posteriormente una alícuota en las cubetas de sedimentación donde permanecerá 1 ó 2 días, según la altura de la columna (el tiempo de sedimentación recomendado es de 3 horas por centímetro de la columna de sedimentación para las muestras fijadas con lugol) en un lugar sin luz solar directa, a temperatura ambiente constante y evitando cualquier vibración.

Obtención de preparaciones permanentes: la suspensión del fitoplancton (Figura 17) en agua destilada se homogeneiza y se transfiere a un cubreobjetos redondo mediante una pipeta Pasteur. Los cubreobjetos se dejan secar y evaporar a temperatura ambiente.

Identificación: el objetivo del análisis es evaluar la composición específica y la abundancia relativa de taxones presentes en la muestra (Figura 18).

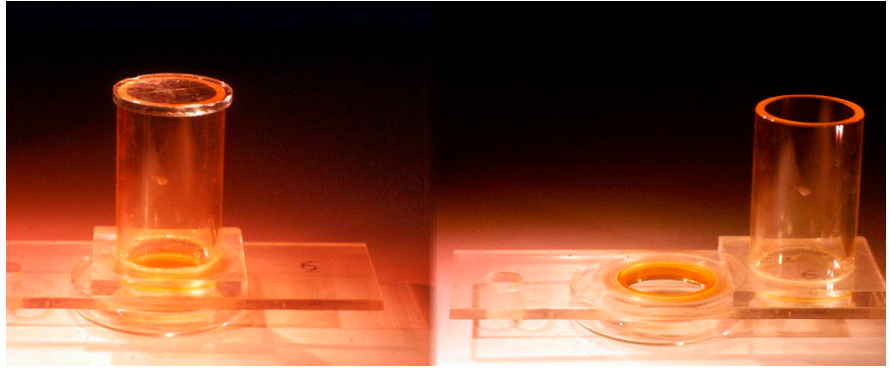


Figura 17. Columna para preparar la suspensión de la muestra del fitoplancton antes de la preparación para su posterior identificación al microscopio

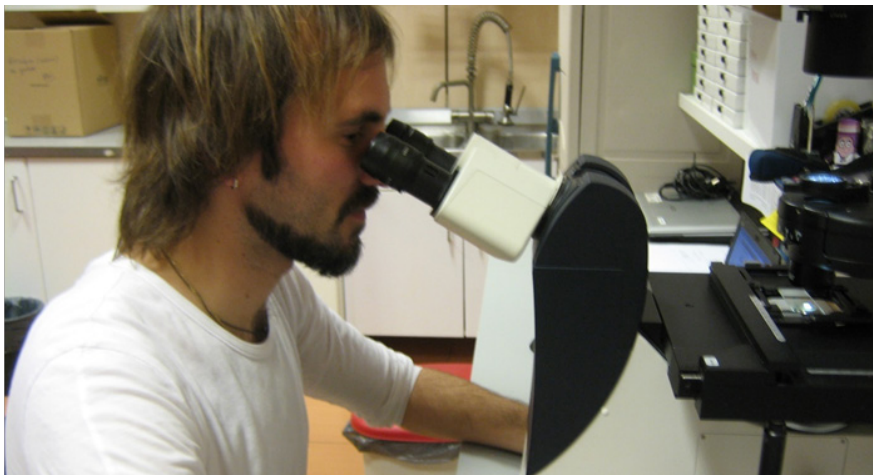


Figura 18. Identificación, recuento y análisis de la muestra preparada de fitoplancton en un laboratorio acreditado

INDICADORES Y CÁLCULO DE MÉTRICAS

En este apartado se explica cómo se ha procedido para la determinación de las distintas métricas de fitoplancton.

BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO

Para facilitar el cálculo de biovolúmenes y asegurar la calidad de la información generada se han estandarizado biovolúmenes medios para algunas especies de fitoplancton. Estos valores pueden obtenerse en TAXAGUA (MAPAMA, 2011), lista patrón de taxones, elaborada por el MAPAMA en 2011 y que se mantiene actualizada en su web. Como norma general, para calcular el biovolumen se utilizará de forma preferente la información asociada a TAXAGUA. En caso de que esta información no esté disponible se podrá recurrir a las siguientes alternativas:

- Utilizar biovolúmenes de la bibliografía.
- Calcular los biovolúmenes celulares de las especies en cada masa de agua.

Para conocer el biovolumen por ml de cada especie en la muestra (expresado en mm^3/l) se multiplicará el biovolumen (estándar o calculado para cada especie) por el número de células/ml obtenido en el recuento. En el caso de los filamentos en los que no se pueden diferenciar las células (ver apartado "Proceso de recuento" del Protocolo) se multiplicará el área de la sección del filamento por la longitud de filamentos obtenida en el recuento.

CLOROFILA A

La clorofila es el pigmento fotorreceptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química (fotosíntesis), y consecuentemente la molécula responsable de la formación inicial de materia orgánica (producción primaria) en los ecosistemas a partir de luz, materia inor-

gánica y agua. Se encuentra en orgánulos específicos, los cloroplastos, asociada a lípidos y lipoproteínas. La concentración de clorofila a (C1a) planctónica es por tanto una medida indirecta de la producción primaria fitoplanctónica así como de la biomasa del fitoplancton. De este modo su determinación es un instrumento importante de vigilancia de los procesos de eutrofización en ecosistemas lénticos, donde el fitoplancton, especialmente en las masas de agua con escasa vegetación macrofítica, es el principal productor primario del ecosistema.

En el **procedimiento de muestreo** para la clorofila a planctónica se toma un volumen suficiente de la muestra integrada, que se filtra en campo mediante el empleo de una bomba de vacío. Previamente se hace pasar sobre el filtro una suspensión acuosa de carbonato magnésico al 1%, este paso es opcional, pero aumenta la eficiencia de retención del filtro y evita la degradación de la clorofila (APHA, 1998). Posteriormente se hace pasar un volumen de la muestra conocido a través de un filtro de Whatman de fibra de vidrio (GF/F) de 47 mm de diámetro y 0,7 μm de tamaño de poro. Cuando se retira el filtro del dispositivo de filtración se hace con unas pinzas de punta roma, quedando el filtro lo más escurrido posible. Si el filtro retiene un exceso de agua, ésta altera el volumen final del solvente de extracción añadido y también su concentración, lo cual no debe suceder de manera incontrolada. Por ello, tras levantar el filtro del soporte de filtración, éste se deposita, con el material filtrado boca arriba, sobre un papel absorbente blanco, seco y limpio durante unos segundos para que por capilaridad pierda el agua sobrante. Finalmente, se coloca el filtro cuidadosamente en un criovial (Figura 19) para su conservación a baja temperatura.

La **métrica, concentración anual de clorofila a**, expresada en mg/m^3 , será la media de los valores de este parámetro obtenidos en los análisis llevados a cabo en las muestras recogidas en los dos muestreos del embalse.



Figura 19. Filtro de fibra de vidrio utilizado para la filtración de agua para el análisis de clorofila

ÍNDICE DE GRUPOS ALGALES: IGA

Este índice fue creado originalmente para su aplicación en lagos oligotróficos de alta montaña de Cataluña. Se fundamenta en la observación de que, ante el aumento de nutrientes en dichos sistemas oligotróficos, se produce un cambio en la estructura de la comunidad, dando paso de las poblaciones no coloniales (mayoritariamente flageladas) a poblaciones coloniales de algas planctónicas. Más tarde la IPH lo incluyó como métrica para establecer el potencial ecológico de los embalses.

Por todo esto se realiza el cálculo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se ha utilizado en nuestro país tanto para lagos de montaña de los Pirineos como para algunos lagos cársticos dentro de las redes de seguimiento de la Agencia Catalana del Agua y de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- En embalses presenta un buen grado de correlación con la concentración total de fósforo, principal indicador de presión por eutrofización (De Hoyos *et al.*, 2004).
- Es bastante coherente con el resto de métricas que se están utilizando en el resto de países europeos para evaluar la composición de fitoplancton.
- No se ha aplicado en humedales ni lagos someros, por lo que su generalización para los distintos tipos de lagos naturales (CEDEX, 2009a) requeriría estudios específicos al respecto, que actualmente aún no se han realizado.

Según el documento del CEDEX (CEDEX, 2009a), este índice se pretende probar para todo tipo de lagos así como para embalses, introduciendo las debidas modificaciones (la inclusión de otros grupos taxonómicos, validación del valor indicador de cada uno de ellos, etc.).

La información necesaria de cada uno de los taxones que se identifican en una

- muestra cuantitativa para aplicar esta métrica es:
- Abundancia celular de cada taxón identificado en la muestra.
 - Biovolumen medio del taxón.
 - Información de su posición taxonómica.
 - Si dicho taxón se desarrolla formando colonias o no.

El **índice de Grupos Algaes**, (en adelante IGA [Catalán *et al.*, 2003]) se basa en los porcentajes de biovolúmenes que, sobre el biovolumen total, tienen en una muestra ciertos grupos algaes, teniendo en cuenta si éstos son coloniales o no. En este biovolumen no se incluirán los taxones heterótrofos (MAPAMA, 2011). El cálculo se realizará aplicando la siguiente fórmula:

$$IGA = \frac{[1+0,1Cr+Cc+2(Dc+Chc)+3Vc+4Cia]}{[1+2(D+Cnc)+Chnc+Dnc]}$$

En la Tabla 10 se muestra la definición de los grupos taxonómicos que están incluidos en el cálculo del índice y los códigos de los mismos definidos por TAXAGUA (MAPAMA, 2011).

Tabla 10. Definición de la fórmula del cálculo del IGA

Abreviatura	Grupo taxonómico	Sistcodsup taxagua
Cr	Criptófitos	CRY001FILO
Cc	Crisofíceas coloniales*	CHR001CLAS
Dc	Diatomeas coloniales*	BAC001FILO
Chc	Clorococales coloniales*	CHL002ORDE
Vc	Volvocales coloniales*	VOL001ORDE
Cia	Cianobacterias	CYA001FILO
D	Dinoflagelados	DIN001FILO
Cnc	Crisofíceas no coloniales*	CHR001CLAS
Chnc	Clorococales no coloniales*	CHL002ORDE
Dnc	Diatomeas no coloniales*	BAC001FILO

*La propiedad Colonial / no colonial se obtendrá de TAXAGUA (Tesauro Taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales)

PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS

Una vez calculado el biovolumen fitoplanctónico total de la muestra, y teniéndose los resultados de biovolumen de los principales grupos algaes, se procede a determinar el porcentaje de biovolumen perteneciente al grupo de las cianobacterias (MAGRAMA 2013).

$$\% \text{ Biovolumen de cianobacterias} = \frac{\text{Biovolumen de cianobacterias}}{\text{Biovolumen de cianobacterias}} \times 100$$

Los valores relativos al porcentaje de cianobacterias se calcularán en función del biovolumen correspondiente a los taxones del filo Cyano-
bacteria de la muestra (excluidos el orden Chroococcales excepto los géneros Microcystis y Woronichinia) y el biovolumen total, según la
siguiente fórmula:

%CIANO =

BVOL cia-[BVOL chr-(BVOL mic-BVOL wor)]

BVOL tot

X 100

El valor anual del porcentaje de cianobacterias será la media de los valores obtenidos para este parámetro en las muestras correspondientes a los dos muestreos anuales. Los códigos TAXAGUA (MAGRAMA, 2013) y las abreviaturas de los grupos taxonómicos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Definición de la fórmula del porcentaje de cianobacterias

Abreviatura	Significado	Grupo taxonómico	Sistcodsup taxagua
BVOLcia	Biovolumen de cianobacterias	Cyanobacteria	CYA001FILO
BVOLchr	Biovolumen de Chroococcales	Chroococcales	CHR003ORDE
BVOLmic	Biovolumen de Microcystis	Microcystis	MIC003GENE
BVOLwor	Biovolumen de Woronichinia	Woronichinia	WOR001GENE
BVOLtot	Biovolumen total de fitoplancton		



Embalse de Navalcán

INDICADORES FISICOQUÍMICOS

El conjunto de variables que es necesario tener en cuenta en un estudio como el que nos ocupa, necesarias para la diagnosis del potencial ecológico, incluye variables físicas, químicas y biológicas. El estudio de estas variables puede ayudar a conocer por qué un embalse se encuentra en un estado determinado y a proponer las medidas oportunas para su gestión sostenible, de acuerdo a los objetivos de la DMA. Además, los embalses integran gran cantidad de información acerca de los procesos que tienen lugar en la cuenca, por lo que el estudio de estas variables nos puede servir de indicador del estado general de la cuenca.

Existen diversos **parámetros fisicoquímicos** a evaluar para el cálculo del potencial ecológico:

- Generales (conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y transparencia)
- Concentración de fósforo total en la zona fótica
- Concentración hipolimnética de O₂ disuelto (embalse estratificado) o concentración media (embalse mezclado)
- Profundidad de visión del disco de Secchi

Tal y como se indicó en el apartado anterior, la recogida de muestras para los análisis fisicoquímicos se realizará en el **mismo punto de muestreo** en el que se tomaron las muestras para la determinación de fitoplancton: lo suficientemente separado de la presa para quedar aguas arriba de la ataguía.

En general, se realiza un perfil vertical de los parámetros fisicoquímicos. Se emplea una sonda multiparamétrica que mide simultáneamente temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez y clorofila a, entre otros parámetros, así como el disco de Secchi para la determinación de la transparencia.

Los perfiles de **temperatura** (Figuras 16 y 17) determinan el grado de estratificación térmica debido a las diferencias de densidad, o mezcla del embalse, importante para entender la distribución de las características fisicoquímicas y biológicas en profundidad. Esta estratificación es la capa donde se produce el descenso brusco de temperatura y se denomina termoclina. La presencia o no de termoclina se analiza por la metodología ideada por Hutchinson (1957) y descrita por Wetzel (1975), considerando la presencia de termoclina si hay un descenso de más de un grado de temperatura por metro de profundidad, al menos durante tres metros seguidos.

La **transparencia** del agua, determinada mediante el **Disco de Secchi**, es uno de los indicadores más significativos, fiables y ampliamente utilizados (por su sencillez) para el estudio de la calidad de lagos y embalses. A medida que la concentración de partículas aumenta, la profundidad de transparencia (DS, de Disco de Secchi) disminuye de forma exponencial. A menudo se usa esta medida como indicadora del grado de proliferación algal (ligado a la eutrofia). Sin embargo, hay que señalar que la transparencia se correlaciona con la concentración de partículas, independientemente de si éstas son algas u otros sólidos en suspensión, por ejemplo, partículas de arcilla.

Existen otros factores que influyen en la transparencia del agua, como por ejemplo fenómenos de dispersión de la luz en aguas carbonatadas. No existe una conversión exacta entre el DS y los perfiles de penetración de la luz, aunque se han propuesto numerosos factores de aproximación para el cálculo de la profundidad de la zona fótica (ZF). El valor acordado en la UE es:

Zona fótica= 2,5 x DS

La **conductividad** de una masa de agua es un indicador de la concentración de sólidos disueltos presentes (TDS). Es una variable rápida de medir por medio de una sonda conductimétrica, que nos proporciona una visión de la mineralización del agua (aunque sin entrar a considerar qué sustancias son las responsables de ella). Se realiza en cada embalse un perfil vertical para conocer la presencia de capas de diferente mineralización de las aguas. Los valores de la misma se expresan en $\mu\text{S}/\text{cm}$ estandarizados a 20°C (K20).

El perfil vertical de **turbidez** se determina “in situ” con un turbidímetro de campo y los resultados se validan posteriormente en el laboratorio utilizando las muestras recolectadas en el perfil vertical del embalse.

El **pH** es una medida de la acidez (o indirectamente de la basicidad) del sistema, esto es, de la concentración de iones H^+ (acidez) en el sistema. La acidificación de

los ecosistemas acuáticos y sus cuencas ha sido un problema ambiental de primer orden durante las últimas décadas, y sus mecanismos y daños causados están suficientemente documentados.

La alcalinidad o reserva alcalina (medida en meq/l) es una medida de la concentración de álcalis fuertes, presentes en el agua, ligados a ácidos débiles. Su valor es una indicación de la capacidad tamponadora del sistema.

Otras variables químicas de gran importancia son los **nutrientes**, el **oxígeno disuelto** (OD), así como el **potencial de óxido-reducción**.

Entre estas variables, cobra especial importancia el **fósforo total** (PT). Éste es el elemento limitante de la producción primaria en la mayoría de los casos, y, por tanto, su aumento (derivado principalmente de vertidos de aguas residuales, abonos fosfatados o de la industria química) suele ser responsable de procesos de eutrofización que degradan la calidad del agua.



Figura 20. Ejemplo de ficha de perfiles físico-químicos.

Estación: E. Beleña - Sorbe Código estación: TA48504B01 Código CHT: TA20701				Prof. max (m): E. Beleña - Sorbe Disco Secchi (m): TA48504B01 Zona fótica (m): TA20701		
Día DD/MM/AAAA	Profundidad metros	Temp. C°	Conduct. μS/cm	LDO% Sat	LDO mg/l	pH Unidades
03/08/2016	0,0	24,11	82,00	73,90	6,20	8,10
03/08/2016	1,0	24,17	82,00	73,60	6,17	8,16
03/08/2016	2,0	24,09	82,00	73,40	6,17	8,11
03/08/2016	3,0	24,09	82,00	73,10	6,14	8,13
03/08/2016	4,0	23,98	82,00	73,00	6,15	8,11
03/08/2016	5,0	23,92	82,00	72,30	6,09	8,07
03/08/2016	6,0	23,82	82,00	71,80	6,06	8,00
03/08/2016	7,0	23,46	82,00	70,00	5,95	7,85
03/08/2016	8,0	22,40	82,00	67,50	5,86	7,70
03/08/2016	9,0	21,27	81,00	64,20	5,69	7,56
03/08/2016	10,0	19,27	79,00	60,50	5,59	7,36
03/08/2016	11,0	16,57	74,00	53,90	5,26	7,20
03/08/2016	12,0	14,91	71,00	51,40	5,19	7,18
03/08/2016	13,0	13,79	70,00	50,30	5,21	7,18
03/08/2016	14,0	13,05	69,00	49,60	5,22	7,19
03/08/2016	15,0	12,51	67,00	49,10	5,23	7,21
03/08/2016	16,0	12,19	67,00	49,30	5,29	7,21
03/08/2016	17,0	11,91	66,00	49,10	5,30	7,23
03/08/2016	18,0	11,68	68,00	49,20	5,34	7,24
03/08/2016	19,0	11,41	67,00	49,10	5,36	7,26
03/08/2016	20,0	11,33	67,00	49,10	5,37	7,27
03/08/2016	21,0	11,18	66,00	49,20	5,40	7,28
03/08/2016	22,0	11,10	66,00	49,00	5,39	7,29
03/08/2016	23,0	11,02	65,00	48,80	5,38	7,30
03/08/2016	24,0	10,97	66,00	48,80	5,39	7,30
03/08/2016	25,0	10,88	66,00	48,70	5,39	7,32
03/08/2016	26,0	10,81	65,00	48,30	5,35	7,33
03/08/2016	27,0	10,71	65,00	48,40	5,37	7,36
03/08/2016	28,0	10,64	65,00	47,90	5,32	7,37
03/08/2016	29,0	10,60	65,00	47,00	5,23	7,40
03/08/2016	30,0	10,55	66,00	45,40	5,05	7,43
03/08/2016	31,0	10,51	67,00	45,40	5,06	7,46
03/08/2016	32,0	10,48	67,00	44,40	4,95	7,51
03/08/2016	33,0	10,46	67,00	43,80	4,88	7,54
03/08/2016	34,0	10,44	68,00	42,80	4,78	7,63
03/08/2016	35,0	10,40	68,00	41,30	4,62	7,77
03/08/2016	36,0	10,36	69,00	40,10	4,49	7,86
03/08/2016	37,0	10,32	70,00	42,80	4,80	8,08

Figura 21. Ejemplo de tabla con datos de perfiles fisicoquímicos.

Se realizará, además, toma de muestra de agua para el análisis a posteriori de los siguientes parámetros en laboratorio:

- Amonio (mg NH₄/l)
- Fosfatos (mg PO₄/l)
- Nitratos (mg NO₃/l)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) (mg O₂/l)

Mediante el muestreo de puntos físico-químicos de la Confederación Hidrográfica del Tajo, se controlan éstas y otras sustancias, con una frecuencia mínima trimestral, tal y como exige la normativa (Tabla 3). En general, en estos puntos de control se analizan grupos de parámetros diferentes en función del programa en el que se encuentre incluida la masa de agua (vigilancia, operativa...) y de acuerdo a las presiones e impactos que soportan. Controlándose también, y en el caso de ser necesario, las sustancias

prioritarias y preferentes recogidas en los anexos IV y V del RD 817/2015, y en el Real Decreto 60/2011 (BOE 2011) sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas. En este estudio, sin embargo, no se presentan datos de estas sustancias, debido a que no es objeto de estudio de este informe, al estar incluidas dentro de la Red de Control de Sustancias Peligrosas, y únicamente se evalúan en el apartado químico para conocer el estado final de las masas de agua.

CÁLCULO FINAL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES: CONDICIONES DE REFERENCIA Y COMBINACIÓN DE MÉTRICAS

CONDICIONES DE REFERENCIA

Finalmente, para la obtención del potencial ecológico en embalses, el RCE de cada una de las métricas deberá compararse con las condiciones de referencia (CR) establecidas en la normativa. Debido a los cambios en la legislación, durante los años 2012-2014 el potencial ecológico de las aquellas tipologías de embalses a las que no se les había asignado CR se calculó asimilando estas masas de agua a las que sí disponían de ellas y presentaban las mismas características geológicas (es decir, considerando si el embalse era silíceo o calcáreo). Y posteriormente, se calculó el potencial de dos formas: realizando el cálculo para todos los indicadores, tanto cualitativos (% de cianobacterias e índice IGA) como cuantitativos (biovolumen y clorofila a), o considerando solo los indicadores cuantitativos.

Sin embargo, desde la aprobación del RD 817/2015 existen valores de CR para todas las tipologías de embalses.

Según la IPH (Tabla 12) y el RD 817/2015 (Tabla 13) el elemento biológico que se utiliza para evaluar el potencial ecológico es la **composición, abundancia y biomasa de fitoplancton**. En el RD 817/2015 se definen, para todas las tipologías, valores de CR para cada uno de los indicadores de este elemento:

- Índice de Grupos Algaes (IGA)
- Porcentaje de cianobacterias.
- Concentración de Clorofila a.
- Biovolumen total de fitoplancton.

Tabla 12. Límites de cambio de clase de estado de las tipologías de embalses presentes en la CHT según la IPH.

Tipos embalses	Indicador	Unidades	Máximo potencial ecológico	Límites de cambio de clase de estado RCE		
				Bueno o superior/moderado	Moderado/deficiente	Deficiente/malo
E-T01	IGA	-	0,1	10,6 RCE=0,97	-	-
	% cianobacterias	%	0	9,2 RCE=0,91	-	-
	Clorofila a	mg/m ³	2	9,5 RCE=0,21	-	-
	Biovolumen	mm ³ /l	0,36	1,9 RCE=0,19	-	-
E-T03	IGA	-	0,1	10,6 RCE=0,97	-	-
	% cianobacterias	%	0	9,2 RCE=0,91	-	-
	Clorofila a	mg/m ³	2	9,5 RCE=0,21	-	-
	Biovolumen	mm ³ /l	0,36	1,9 RCE=0,19	-	-
E-T07	IGA	-	0,61	7,7 RCE=0,98	-	-
	% cianobacterias	%	0	28,5 RCE=0,72	-	-
	Clorofila a	mg/m ³	2,6	6 RCE=0,43	-	-
	Biovolumen	mm ³ /l	0,76	2,1 RCE=0,36	-	-
E-T10	IGA	-	0,61	7,7 RCE=0,98	-	-
	% cianobacterias	%	0	28,5 RCE=0,72	-	-
	Clorofila a	mg/m ³	2,6	6 RCE=0,43	-	-
	Biovolumen	mm ³ /l	0,76	2,1 RCE=0,36	-	-

Continuación de la Tabla 12

Tipos embalses	Indicador	Unidades	Máximo potencial ecológico	Límites de cambio de clase de estado RCE		
				Bueno o superior/moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
E-T11	IGA	-	0,61	7,7 RCE=0,98	-	-
	% cianobacterias	%	0	28,5 RCE=0,72	-	-
	Clorofila a	mg/m³	2,6	6 RCE=0,43	-	-
	Biovolumen	mm³/l	0,76	2,1 RCE=0,36	-	-

Tabla 13. Límites de cambio de clase de estado de las tipologías de embalses presentes en la CHT según RD 817/2015

Tipos embalses	Indicador	Unidades	Máximo potencial ecológico	Límites de cambio de clase de estado RCE		
				Bueno o superior/moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
E-T01	IGA	-	0,10	0,974	0,649	0,325
	% Cianobacterias	%	0,00	0,908	0,607	0,303
	Clorofila a	mg/m³	2,00	0,211	0,140	0,070
	Biovolumen	mm³/l	0,36	0,189	0,126	0,063
E-T03	IGA	-	0,10	0,974	0,649	0,325
	% Cianobacterias	%	0,00	0,908	0,607	0,303
	Clorofila a	mg/m³	2,00	0,211	0,140	0,070
	Biovolumen	mm³/l	0,36	0,189	0,126	0,063
E-T04	IGA	-	3,90	0,897	0,598	0,299
	% Cianobacterias	%	0,40	0,647	0,431	0,216
	Clorofila a	mg/m³	2,60	0,250	0,167	0,083
	Biovolumen	mm³/l	0,77	0,248	0,165	0,083
E-T05	IGA	-	3,90	0,897	0,598	0,299
	% Cianobacterias	%	0,40	0,647	0,431	0,216
	Clorofila a	mg/m³	2,60	0,250	0,167	0,083
	Biovolumen	mm³/l	0,77	0,248	0,165	0,083

Continuación de la Tabla 13

Tipos embalses	Indicador	Unidades	Máximo potencial ecológico	Límites de cambio de clase de estado RCE		
				Bueno o superior/moderado	Moderado/deficiente	Deficiente/malo
E-T06	IGA	-	1,50	0,929	0,619	0,310
	% Cianobacterias	%	0,10	0,686	0,457	0,229
	Clorofila a	mg/m ³	2,40	0,195	0,130	0,065
	Biovolumen	mm ³ /l	0,63	0,175	0,117	0,058
E-T07	IGA	-	0,61	0,982	0,655	0,327
	% Cianobacterias	%	0,00	0,715	0,480	0,240
	Clorofila a	mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
	Biovolumen	mm ³ /l	0,76	0,362	0,240	0,120
E-T10	IGA	-	0,61	0,982	0,655	0,327
	% Cianobacterias	%	0,00	0,715	0,480	0,240
	Clorofila a	mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
	Biovolumen	mm ³ /l	0,76	0,362	0,240	0,120
E-T11	IGA	-	0,61	0,982	0,655	0,327
	% Cianobacterias	%	0,00	0,715	0,480	0,240
	Clorofila a	mg/m ³	2,60	0,433	0,287	0,143
	Biovolumen	mm ³ /l	0,76	0,362	0,240	0,120
E-T12	IGA	-	1,50	0,929	0,619	0,310
	% Cianobacterias	%	0,10	0,686	0,457	0,229
	Clorofila a	mg/m ³	2,40	0,195	0,130	0,065
	Biovolumen	mm ³ /l	0,63	0,175	0,117	0,058

En relación a los **indicadores de calidad fisicoquímica** (condiciones generales) no existen CR definidas para embalses. Los valores de cambio de clase de buen potencial a moderado se establecerán a partir de estudios que caractericen las relaciones entre las condiciones fisicoquímicas y los indicadores biológicos, para cada tipo de embalse, pero estos estudios aún no se han desarrollado.

PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE LAS MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN EMBALSES (MARSP)

Los valores del Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas concentración de clorofila a, biovolumen total de fitoplancton, índice de Grupos Algales y porcentaje de cianobacterias se calcularán como la relación entre los valores de máximo potencial ecológico (MPE) y el valor de la métrica obtenido.

- Cálculo para concentración de clorofila a (CONCLOa):
- Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$RCE = \frac{1/CONCLOa}{1/MPE\ BVOLTOT}$$

$$RCE = \frac{400-IGA}{400-MPE\ IGA}$$

- Cálculo para biovolumen total (BVOLTOT)
- Cálculo para el porcentaje de cianobacterias (%CIANO):

$$RCE = \frac{1/BVOLTOT}{1/MPE\ BVOLTOT}$$

$$RCE = \frac{100-\%CIANO}{100-MPE\ \%CIANO}$$

Se utilizarán, para cada tipo de masa de agua y cada métrica, los valores de Máximo Potencial Ecológico (MPE) recogidos en la legislación (Tablas 12 y 13).

Si en alguna de estas transformaciones el RCE obtenido es mayor de 1, el valor de RCE que se considera es 1.

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la transformación de los valores de RCE obtenidos mediante el procedimiento descrito en el apartado anterior a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores.

Las ecuaciones para llevar a cabo esta transformación (RCE_{trans}) varían en función del tipo de embalse y los valores de Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas recogidos en la legislación. Son las que se indican a continuación en las Tablas 14, 15, 16, 17 y 18:

Tabla 14. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 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	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tabla 15. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 4 y 5

Clorofila a	
RCE >0,25	$RCE_{trans} = 0,5333 \times RCE + 0,4667$
RCE ≤0,25	$RCE_{trans} = 2,4 \times RCE$
Biovolumen	
RCE >0,248	$RCE_{trans} = 0,5316 \times RCE + 0,4684$
RCE ≤0,248	$RCE_{trans} = 2,4234 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE >0,647	$RCE_{trans} = 1,1318 \times RCE - 0,1318$
RCE ≤0,647	$RCE_{trans} = 0,928 \times RCE$
Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE >0,897	$RCE_{trans} = 3,8929 \times RCE - 2,8929$
RCE ≤0,897	$RCE_{trans} = 0,6687 \times RCE$

Tabla 16. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 6 y 12

Clorofila a	
RCE >0,195	$RCE_{trans} = 0,497 \times RCE + 0,503$
RCE ≤0,195	$RCE_{trans} = 3,075 \times RCE$
Biovolumen	
RCE >0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 \times RCE + 0,5149$
RCE ≤0,175	$RCE_{trans} = 3,419 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE >0,686	$RCE_{trans} = 1,2726 \times RCE - 0,2726$
RCE ≤0,686	$RCE_{trans} = 0,875 \times RCE$
Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE >0,929	$RCE_{trans} = 5,6325 \times RCE - 4,6325$
RCE ≤0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 \times RCE$

Tabla 17. Fórmulas para la transformación RCE de las tipologías 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 Algaes (IGA)	
RCE >0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tabla 18. Fórmulas para la transformación rce de la tipología 13

Clorofila a	
RCE >0,304	$RCE_{trans} = 0,575 \times RCE + 0,425$
RCE ≤0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 \times RCE$
Biovolumen	
RCE >0,261	$RCE_{trans} = 0,541 \times RCE + 0,459$
RCE ≤0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE >0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 \times RCE - 4,7971$
RCE ≤0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 \times RCE$
Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE >0,979	$RCE_{trans} = 18,995 \times RCE - 17,995$
RCE ≤0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 \times RCE$

Una vez realizados los cálculos correspondientes, los valores de los RCE transformados (MAGRAMA, 2013) se clasificarán de acuerdo a la Tabla 19.

Tabla 19. Clases de estado para los valores de RCE transformados para embalses (métricas de fitoplancton)

Clase de estado	Límites de cambio de clase de estado RCE transformado
Bueno o Superior	≥0,80
Bueno/Moderado	0,60
Moderado/Deficiente	0,40
Deficiente/Malo	0,20

La combinación de los valores de las métricas transformados se realizará utilizando la siguiente fórmula:

MASRP =
$$\frac{\frac{\text{RCEn (CLO)} + \text{RCEn (Bv)}}{2} + \frac{\text{RCEn (IGA)} + \text{RCEn (Cia\%)}}{2}}{2}$$

Dicha ecuación será aplicable siempre y cuando se disponga de datos de al menos una de las métricas relativa a la biomasa y al menos una de las métricas relativa a la composición. El valor final de la combinación de los valores de las métricas transformados (MARSP) se utilizará para la clasificación del estado ecológico de acuerdo a la escala de clases de estado ecológico indicada en la tabla anterior.

CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se presentan los resultados de todos los índices biológicos calculados a lo largo del periodo 2012-2015.

ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON

Entre las campañas de muestreo de 2012 a 2015 se tomaron 220 muestras en embalses en toda la cuenca del Tajo. En la Tabla 5 de este informe se recoge la relación de las estaciones muestreadas. A continuación, en las Tablas 20, 21, 22 y 23, se muestra el listado taxonómico correspondiente a los taxones de fitoplancton identificados de forma más frecuente en las cuatro campañas. Para todos los años muestreados los taxones mayoritarios identificados en

las muestras fueron especies del grupo de Cryptophytas y Cyanobacterias. En la campaña de 2012, *Plagioselmis lacustris* y *Anabaena sp.* fueron las especies con mayor presencia. En el año 2013 fue *Schroederia setigera*. Durante el muestreo de 2014, *Cryptomonas marssonii* y *Rhodomonas minuta* fueron las especies con mayor presencia. En la campaña 2015 fueron *Cryptomonas erosa* y *Cryptomonas marssonii*.

Tabla 20. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2012

2012					
Rango	ID Taxon	Grupo	Taxón	Nº de estaciones con presencia	% de presencia
100-50%	27402	Cryptophyta	<i>Plagioselmis lacustris</i>	28	57%
	3484	Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	26	53%
	3488	Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	27	55%
	918	Cyanobacteria	<i>Anabaena sp.</i>	28	57%
50-25%	6122	Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	18	37%
	6305	Bacillariophyta	<i>Nitzschia palea</i>	16	33%
	1987	Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i>	20	41%
	30554	Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	13	27%
	31957	Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena sp.</i>	19	39%
	100011	Chlorophyta	<i>Kirchneriella arcuata</i>	24	49%
	3489	Cryptophyta	<i>Cryptomonas ovata</i>	17	35%
	27403	Cryptophyta	<i>Plagioselmis nannoplantica</i>	13	27%
	41786	Xatophyta	<i>Trachydiscus sexangulatu</i>	20	41%
	1107	Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	19	39%
	1130	Chlorophyta	<i>Tetraedron minimum</i>	18	37%
	26420	Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis circularis</i>	16	33%
	1938	Chlorophyta	<i>Coelastrum microporum</i>	21	43%
	2960	Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	18	37%
	91	Zygnematophyceae	<i>Staurastrum</i>	15	31%
	2974	Chlorophyta	<i>Scenedesmus intermedius</i>	13	27%

Tabla 21. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2013

2013					
Rango	ID Taxon	Grupo	Taxón	Nº de estaciones con presencia	% de presencia
100-50%	918	Cyanobacteria	<i>Anabaena</i> sp.	31	55%
	3488	Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	30	54%
	3496	Cryptophyta	<i>Cryptomonas pusilla</i>	30	54%
	27402	Cryptophyta	<i>Plagioselmis lacustris</i>	27	48%
	3272	Chlorophyta	<i>Schroederia setigera</i>	38	68%
50-25%	657	Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa</i> sp.	16	29%
	18660	Bacillariophyta	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>Angustissima</i>	16	29%
	609	Dinoflagelatta	<i>Ceratium hirundinella</i>	19	34%
	17303	Chlorophyta	<i>Chlamydomonas</i> sp.	22	39%
	17303	Chlorophyta	<i>Chlamydomonas</i> sp.	21	38%
	1938	Chlorophyta	<i>Coelastrum microporum</i>	20	36%
	3484	Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	20	36%
	6122	Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	20	36%
	6305	Bacillariophyta	<i>Nitzschia palea</i>	15	27%
	1987	Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i>	24	43%
	27403	Cryptophyta	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	22	39%
	31957	Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena</i> sp.	20	36%
	30554	Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	19	34%
	1107	Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	17	30%
	41786	Xatophyta	<i>Trachydiscus sexangulatu</i>	23	41%
	100011	Chlorophyta	<i>Kirchneriella arcuata</i>	15	27%
	1130	Chlorophyta	<i>Tetraedron minimum</i>	21	38%

Tabla 22. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2014

2014					
Rango	ID Taxon	Grupo	Taxón	N° de estaciones con presencia	% de presencia
100-50%	2186	Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	14	56%
	2256	Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina parva</i>	17	68%
	3488	Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	21	84%
	3489	Cryptophyta	<i>Cryptomonas ovata</i>	16	64%
	5922	Coscinodiscophyceae	<i>Cyclotella sp.</i>	14	56%
	23701	Cryptophyta	<i>Katablepharis ovalis</i>	13	52%
	3499	Cryptophyta	<i>Rhodomonas minuta</i>	20	80%
50-25%	26805	Cyanobacteria	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>	8	32%
	5872	Cyanobacteria	<i>Planktothrix agardhii</i>	11	44%
	5879	Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena limnetic</i>	7	28%
	2954	Chlorophyta	<i>Ankyra lanceolata</i>	11	44%
	1987	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis lacustris</i>	10	40%
	2960	Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	9	36%
	3272	Chlorophyta	<i>Schroederia setigera</i>	8	32%
	5870	Cyanobacteria	<i>Merismopedia tenuissima</i>	11	44%
	25065	Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	11	44%
	25687	Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>	11	44%
	5912	Cyanobacteria	<i>Aulacoseira granulata</i>	9	36%
	17303	Chlorophyta	<i>Chlamydomonas sp.</i>	8	32%
	621	Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	12	48%
	23906	Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	12	48%
	25065	Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	10	40%
	3484	Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	12	48%
	3360	Dinophyceae	<i>Amphidinium elenkinii</i>	7	28%
	713	Fragilariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	7	28%
	6122	Fragilariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	12	48%
	3366	Dinophyceae	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	7	28%
	29544	Trebouxiophyceae	<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>	7	28%
	2144	Klebsormidiophyceae	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	7	28%
	609	Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	10	40%

Tabla 23. Especies de Fitoplancton encontradas de manera más frecuente en la campaña 2015

2015					
Rango	ID Taxon	Grupo	Taxón	Nº de estaciones con presencia	% de presencia
100-50%	3484	Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	51	76%
	3488	Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	49	73%
	27403	Cryptophyta	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	36	54%
	1987	Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i>	35	52%
50-25%	6122	Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	33	49%
	2144	Streptophyta	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	31	46%
	5904	Euglenophyta	<i>Trachelomonas volvocina</i>	29	43%
	1130	Chlorophyta	<i>Tetraedron minimum</i>	25	37%
	1107	Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	23	34%
	5870	Cyanobacteria	<i>Merismopedia tenuissima</i>	20	30%
	16	Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i>	20	30%
	1957	Chlorophyta	<i>Coelastrum astroideum</i>	18	27%
	1963	Chlorophyta	<i>Coenochloris fottii</i>	17	25%
	2960	Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	17	25%
	31463	Chlorophyta	<i>Monoraphidium dybowski</i>	17	25%
	2011	Chlorophyta	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	17	25%

En la Tabla 24 se muestra el número de taxones presentes en las muestras de fitoplancton en la última campaña, correspondiente a 2015, y la distribución por grupos algales en cada uno de los embalses. En general las clorófitas fueron el grupo dominante con mayor número de taxones por embalse.

Tabla 24. Análisis de la distribución de los grupos algales en los muestreos de 2015

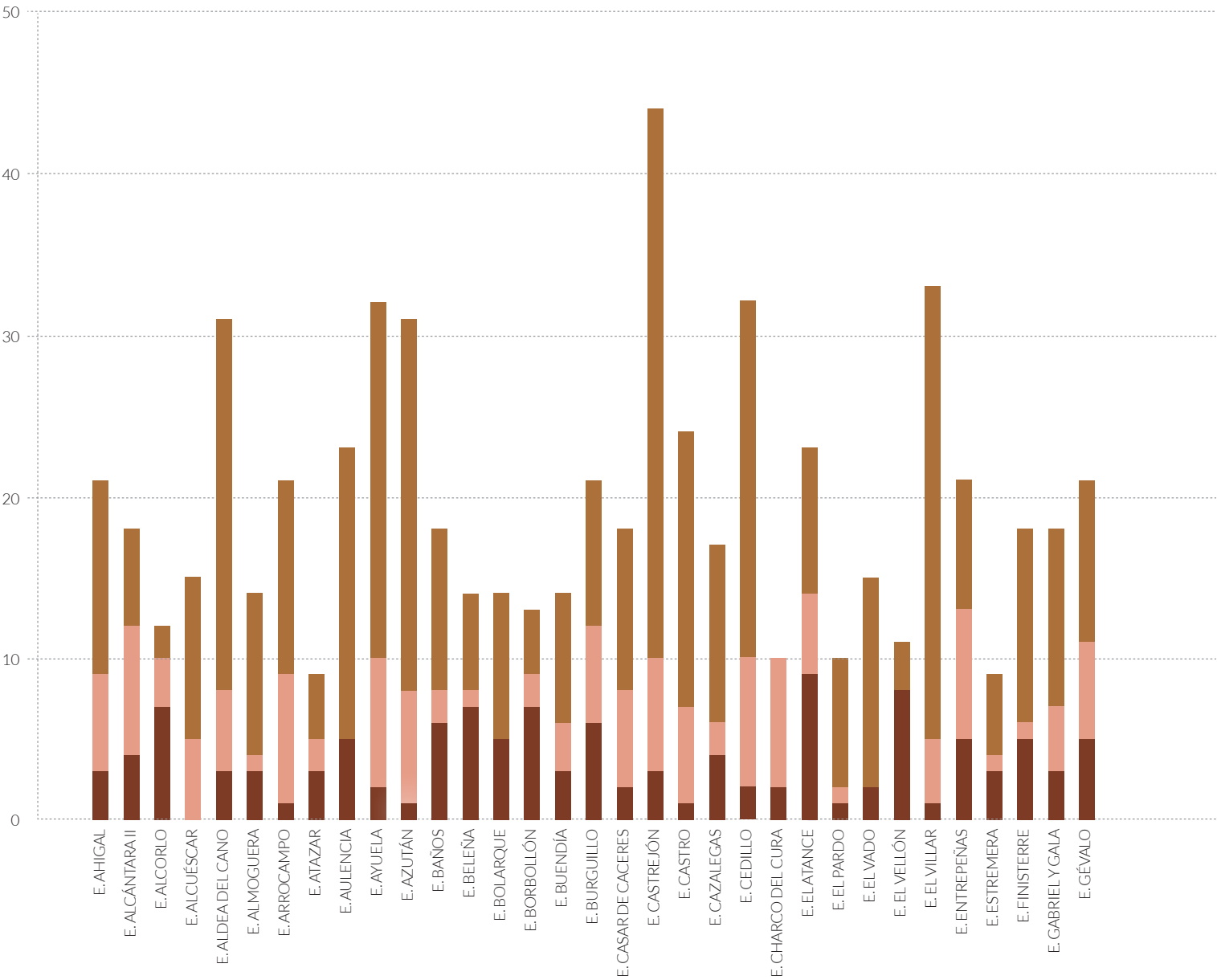
Embalse	Nº Taxones	Abundancia	Biovolumen (mm³/l)	Nº Taxones Diatos	Nº Taxones Cianobact.	Nº taxones Clorofitas	IGA
Ahigal	30	8051,33	2,38	3	6	12	0,45
Alcántara II	24	31689,55	5,55	4	8	6	8,81
Alcorlo	18	509	0,39	7	3	2	0,24
Alcuéscar	23	174426,44	16,83	0	5	10	96,16
Aldea del cano	37	906365,85	102,97	3	5	23	211,76
Almoguera	27	2526,45	0,53	3	1	10	0,54
Arrocampo	23	174670,71	5,81	1	8	12	214,14
Atazar	15	256,66	0,17	3	2	4	0,6
Aulencia	33	45838,27	18,2	5	0	18	2,55
Ayuela	41	319573,52	68,92	2	8	22	49,89
Azután	39	101808,27	28,53	1	7	23	8,09
Baños	23	653,42	0,18	6	2	10	3,51
Beleña	20	1296,88	0,71	7	1	6	4,99
Bolarque	23	1740,21	0,53	5	0	9	0,1

Continuación de la Tabla 24

Embalse	Nº Taxones	Abundancia	Biovolumen (mm ³ /l)	Nº Taxones Diatos	Nº Taxones Cianobact.	Nº taxones Clorofitas	IGA
Bolarque	23	1740,21	0,53	5	0	9	0,1
Borbollón	17	61266,45	3,05	7	2	4	266,45
Buendía	17	1555,28	0,19	3	3	8	2,98
Burguillo	28	16157,36	0,88	6	6	9	47,94
Casar de Cáceres	23	270253,86	31,75	2	6	10	213,45
Castrejón	54	122518,06	24,66	3	7	34	1,02
Castro	30	222317,84	43,73	1	6	17	60,77
Cazalegas	22	26010,45	4,62	4	2	11	214,8
Cedillo	37	40407,9	5,6	2	8	22	51,25
Charco del Cura	28	24423,27	4,35	9	5	9	1,78
El Atance	13	25297,62	1,13	1	1	8	155,85
El Pardo	22	13836,28	12,83	2	0	13	1,22
El Vado	16	1252,02	0,17	8	0	3	7,31
El Vellón	42	21535,51	5,61	1	4	28	23,51
El Villar	28	2519,73	0,14	5	8	8	10,76
Entrepeñas	17	3666,39	0,9	3	1	5	0,04
Estremera	24	1081,85	0,21	5	1	12	1,91
Finisterre	28	8002,03	128,2	3	4	11	0,01
Gabriel y Galán	28	3035,73	0,17	5	6	10	63,02
Gévalo	34	11188,45	1,5	7	5	14	5,37
Guadiloba	12	87986,86	77,38	0	4	3	49,39
Guajaraz	29	6302,68	1,15	0	2	17	1,43
Guijo de Granadilla	50	1422,91	0,39	14	6	15	8,87
La Aceña	21	5747,73	1,07	9	4	3	0,84
La Jaroza	22	2203,68	0,36	4	4	5	0,83
La Tajera	25	1002,72	0,43	3	2	10	0,11
La Tosca	15	5737,5	2,08	3	0	2	0,08
Molano	47	157064,14	57,58	4	7	25	148,4
Navacerrada	18	4379,64	0,35	3	4	6	13,03
Navalcán	32	398842,04	109,05	2	7	16	311,41
Navamuño	18	12481,75	0,16	4	2	5	2,95
Pajarero	18	1996,21	0,55	4	2	8	104,76
Pálmaces	22	4361,86	0,41	2	2	13	0,76
Petit I	30	599602,05	85,44	1	6	16	89,42
Picadas	25	63289,43	1,7	2	5	11	60,31
Pinilla	34	13937,25	2,35	5	8	12	3,65
Plasencia	39	55255,92	1,76	6	8	14	22,46
Portaje	27	18158,51	5,01	2	6	13	2,25
Portiña	27	4118,16	0,75	4	6	10	14,7
Presa del Rey	37	2990,23	2,65	7	0	22	5,41
Puentes Viejas	27	8706,47	1,5	5	6	5	1,35
Riosequillo	25	3458,26	0,24	6	9	4	17,37
Rivera de Gata	15	17398,82	2,62	5	2	3	1,26
Rosarito	44	659678,3	78,8	5	12	16	117,6

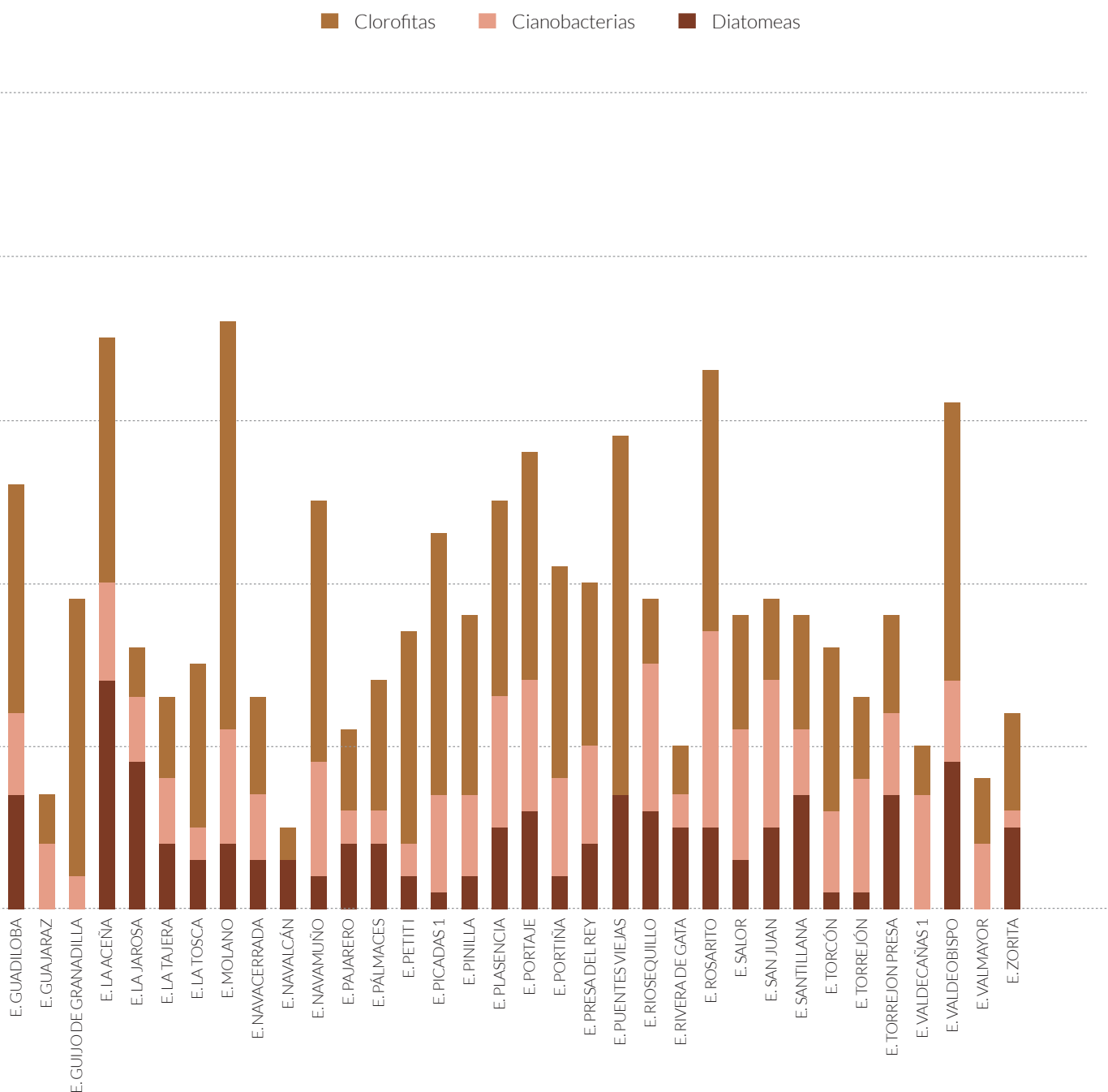
Continuación de la Tabla 24

Embalse	Nº Taxones	Abundancia	Biovolumen (mm³/l)	Nº Taxones Diatos	Nº Taxones Cianobact.	Nº taxones Clorofitas	IGA
Salor	24	564788,18	36,97	3	8	7	12,48
San Juan	25	15045,56	0,7	5	9	5	33,1
Santillana	27	3097,56	2,33	7	4	7	0,51
Torcón	21	97612,75	73,47	1	5	10	283,58
Torrejón - Tajo	19	6883,28	0,73	7	5	6	112,16
Torrejón - Tiétar	17	249588,71	19,19	1	7	5	14,9
Valdecañas	14	377284,21	25,82	0	7	3	27,88
Valdeobispo	39	6168,66	0,87	9	5	17	44,86
Valmayor	12	47632,52	9,68	0	4	4	137,05
Zorita	17	827,23	0,12	5	1	6	0,58



En la Figura 22 se muestra la distribución de los grupos algales por embalse. Aquí se ve que las clorofitas son dominantes en un numeroso grupo de embalses, seguidas de las cianobacterias y diatomeas.

Figura 22. Análisis del número de taxones de los grupos algales Clorófitas, Cianobacterias y Diatomeas en los 67 embalses muestreados en 2015



TAXONES TÓXICOS

Tras el análisis de los taxones tóxicos o potencialmente tóxicos (Tabla 23) presentes en los embalses de la cuenca del Tajo durante los muestreos de 2012-2015, se constata que la mayoría de las especies encontradas, 31, pertenecen al filo Cyanobacteria (99%) mientras que sólo una especie (*Dinobryon divergens*) pertenece al filo Ochrophyta.

En la Tabla 25 se puede apreciar que las especies potencialmente tóxicas más abundantes y presentes en mayor número de embalses durante los cuatro años muestreados son *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Dinobryon divergens* y *Microcystis aeruginosa*.

El año 2014 fue el de mayor diversidad, con un total de 16 taxones tóxicos presentes en los embalses. *Aphanocapsa* sp. fue la especie encontrada en mayor número de embalses (14 embalses en 2013).

Los embalses con mayor número de taxones tóxicos en el periodo estudiado (≥ 5) han sido Rosarito, El Castro, Alcántara II y Torrejón-Tiétar. En rojo aparecen los taxones potencialmente tóxicos que no se muestrearon en el periodo de estudio. Se aprecia que durante los muestreos las poblaciones de fitoplancton cambian en los embalses, esto es un hecho habitual y depende de las condiciones ambientales y del momento del muestreo.

Tabla 25. Listado de los taxones tóxicos y su presencia en los embalses muestreados entre los años 2012-2015. ⁴

Filo	Taxón	Embalses 2012	Embalses 2013	Embalses 2014	Embalses 2015
Cyanobacteria	<i>Anabaena aphanizomenoides</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaena circinalis</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaena flos-aquae</i>			Torrejón-Tiétar	
Cyanobacteria	<i>Anabaena planctonica</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaena solitaria</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i> sp.	Ahigal Aldea del Cano Ayuela Cazalegas Cedillo Guadiloba Molano Navalcán Rivera de Gata Salor Torrejón Alcántara II Torrejón-Tajo Valmayor	32 de 56 embalses	Jerte	
Cyanobacteria	<i>Anabaena sphaerica</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaena spiroides</i>				
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis circularis</i>			El Castro	
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>			Alcántara Acorlo Atazar Borbollón Gabriel y Galán Guijo de Granadilla Jerte Picadas San Juan Valdecañas Valdeobispo	Ahigal Beleña Cazalegas Charco del Cura El Castro Portiña Vellón

⁴Se muestran en negro los taxones tóxicos que aparecieron durante los muestreos. En rojo aquellos taxones tóxicos que no se encontraron durante el periodo 2012-2015 pero que aparecieron en embalses de la cuenca en periodos de muestreo anteriores.

Continuación de la Tabla 25

Filo	Taxón	Embalses 2012	Embalses 2013	Embalses 2014	Embalses 2015
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon gracile</i>			Cazalegas Cedillo Torrejón-Tajo	Baños Navalcán Portaje Plasencia
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>				
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon sp.</i>	Borbollón Molano Petit I Rosarito	Borbollón El Castro Petit I Rosarito	Entrepeñas	
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa holsatica</i>			Bolarque Borbollón Buendía Burguillo Entrepeñas Finisterre Gabriel y Galán Guijo de Granadilla Jerte Picadas Rosarito Torrejón-Tiétar Valdecañas Valdeobispo	Azután Rivera de Gata
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa incerta</i>				Alcorlo Azután Burguillo Castrejón Rosarito
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa sp.</i>	Ahigal Borbollón El Villar Valdeobispo	Alcorlo Aldea del Cano Azután Borbollón Cedillo Charco del Cura Guijo de Granadilla Plasencia Portaje Puentes Viejas Rivera de Gata Torrejón-Tajo Torrejón-Tiétar Valdeobispo Valmayor		
Cyanobacteria	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>			Alcántara Cazalegas El Castro Rosarito Torrejón-Tajo	
Ochrophyta	<i>Dinobryon divergens</i>	Valdeobispo	Beleña Bolarque Valdeobispo Villar	Bolarque Guijo de Granadilla Valdeobispo	Alcántara II Almoguera Bolarque El Villar Estremera Entrepeñas Guijo de Granadilla La Aceña La Tosca La Tajera San Juan Valdeobispo Zorita

Filo	Taxón	Embalses 2012	Embalses 2013	Embalses 2014	Embalses 2015
Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Jerte	Plasencia	Alcántara Burguillo Cazalegas Cedillo Gabriel y Galán Guijo de Granadilla Jerte San Juan Torrejón-Tiétar Valdecañas Valdeobispo	Alcántara Cazalegas Gabriel y Galán Plasencia
Cyanobacteria	<i>Microcystis flos-aquae</i>			Jerte	Aldea del Cano Arrocampo Torrejón-Tajo
Cyanobacteria	<i>Microcystis novacekii</i>			Torrejón-Tiétar	Picadas Pinilla Valdecañas
Cyanobacteria	<i>Microcystis</i> sp.	El Burguillo Valmayor		Finisterre Picadas Valdeobispo Valmayor Torrejón-Tajo	
Cyanobacteria	<i>Microcystis wesenbergii</i>			Alcántara Jerte Valdeobispo	Alcántara II Portaje
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria agardhii</i>				
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria limnetica</i>				
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria planctonica</i>				
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria</i> sp.	Azután Jerte	Alcorlo Azután Rosarito Torrejón-Tajo Torrejón-Tiétar		
Cyanobacteria	<i>Phormidium tenue</i>				
Cyanobacteria	<i>Planktolyngbya contorta</i>				
Cyanobacteria	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>			Salor Valdecañas	Navalcán
Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>			Atazar Borbellón Burguillo Cazalegas Gabriel y Galán Picadas San Juan Valdecañas	Ahigal Burguillo Gabriel y Galán Guijo de Granadilla La Jarsa Navacerrada Pinilla Puentes Viejas Riosequillo San Juan Valdeobispo



Embalse de Santillana. Fotografía: José Miguel Rodríguez Cristóbal

ESTUDIO DEL IGA, BIOVOLUMEN, CLOROFILA A Y PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS

En la Figura 22 se muestran los valores del índice IGA, de la clorofila analizada en el laboratorio, el cálculo del biovolumen y % de cianobacterias medidos en los embalses en 2012-2015 para las diferentes tipologías de embalses de la Demarcación del Tajo.

- Para los datos de **IGA**, los valores más altos (peor potencial ecológico) de este índice se obtuvieron en las tipologías 4, 10 y 12. Los valores más bajos y que indican mejores condiciones pertenecen a las tipologías 1 y 7.
- Para los datos de **biovolumen** fueron las tipologías 1, 5, 6 y 7 las que presentaron valores más bajos, cercanos al 0, y las tipologías 3, 4, 10 y 12 las que presentaron los valores más altos, que indican peor potencial ecológico.
- La concentración de **clorofila** alcanzó los valores más elevados en las tipologías 4, 10, 11 y 12 (peor potencial ecológico) y más bajo en 1, 5, 6 y 7.

- Finalmente, en relación al **porcentaje de cianobacterias**, éste fue más elevado en 2012 y 2015 para todas las tipologías, y en los cuatro muestreos la tipología 11 fue la que presentó los porcentajes más bajos.

En general, hay que destacar que no se constatan diferencias significativas entre embalses calcáreos y silíceos en los resultados obtenidos para los valores biológicos. Los resultados se presentan en diagramas de cajas y bigotes, donde se puede visualizar la distribución de los datos. En el diagrama se pueden observar los valores máximos y mínimos (las líneas que se extienden desde la caja), los cuartiles Q1 (25% de los datos) y Q3 (75% de los datos) y la mediana (Figura 23).

Se consideran atípicos los valores inferiores a $Q1 - 1.5 \text{ RIC}$ (rango intercuartílico, la diferencia entre entre Q3 y Q1) o superiores a $Q3 + 1.5 \text{ RIC}$. Se consideran valores extremos los valores inferiores $Q1 - 3 \text{ RIC}$ o superiores a $Q3 + 3 \text{ RIC}$.

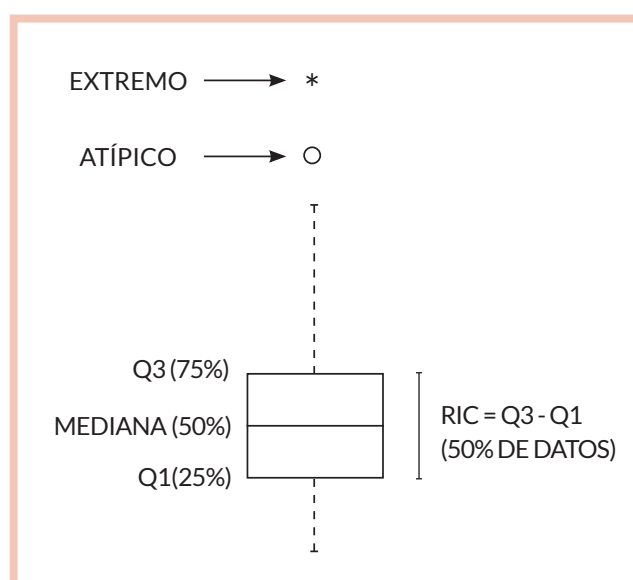


Figura 23. Esquema con los datos que se visualizan en el diagrama de cajas y bigotes.

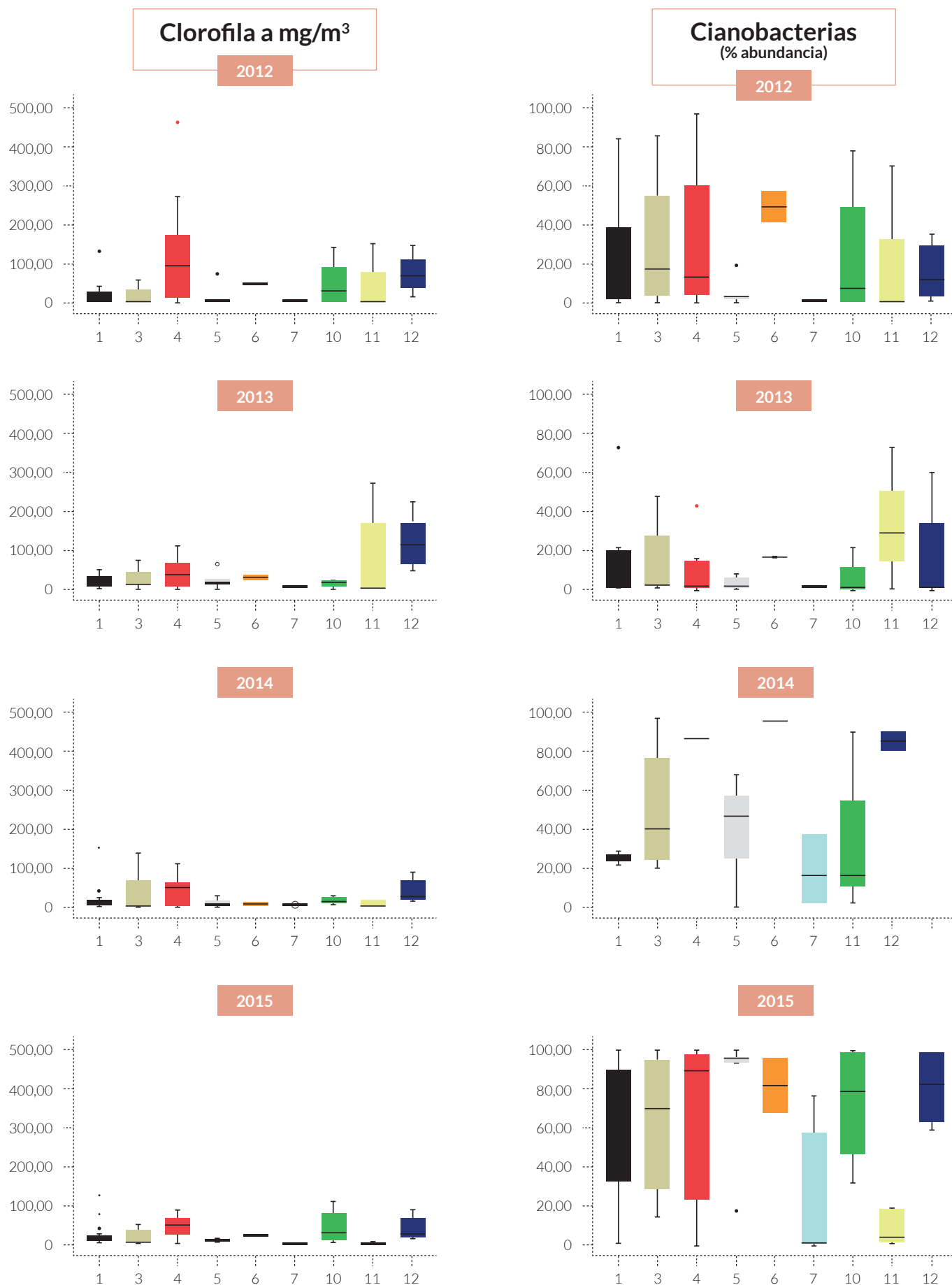


Figura 24. Diagrama de cajas y bigotes para las tipologías de embalses con los valores de IGA, Clorofila a, Biovolumen y % de Cianobacterias medidos en los embalses en 2012-2015

CALIDAD FISICOQUÍMICA

En este apartado se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos durante las campañas de muestreo 2012, 2013, 2014 y 2015. La Tabla 26 muestra los valores máximos, mínimos y medios totales de las cuatro campañas según tipologías. Se analizan los nitratos y fosfatos, por ser los principales nutrientes que afectan a la calidad de los embalses.

Tabla 26. Parámetros fisicoquímicos medidos durante las cuatro campañas de muestreo: 2012, 2013, 2014 y 2015

Tipología		Nitratos (mg NO ₃ /l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)
R-T01	máx.	9,40	1,380
	mín.	0,05	0,090
	media	1,83	0,129
R-T03	máx.	5,40	0,290
	mín.	0,10	0,090
	media	2,18	0,414
R-T04	máx.	7,62	0,330
	mín.	0,05	0,090
	media	1,72	0,087
R-T05	máx.	5,40	0,117
	mín.	0,10	0,090
	media	1,89	0,103
R-T06	máx.	5,40	0,170
	mín.	0,10	0,090
	media	2,11	0,077
R-T07	máx.	5,70	0,102
	mín.	0,05	0,090
	media	1,94	0,073
R-T10	máx.	5,40	0,820
	mín.	0,05	0,090
	media	1,98	0,178
R-T11	máx.	18,00	1,450
	mín.	0,10	0,090
	media	3,06	0,170
R-T12	máx.	6,98	1,790
	mín.	0,10	0,102
	media	4,41	0,460

A continuación, se reflejan gráficamente los resultados de los parámetros nitratos y fosfatos medidos en las cuatro campañas y divididos en las distintas tipologías:

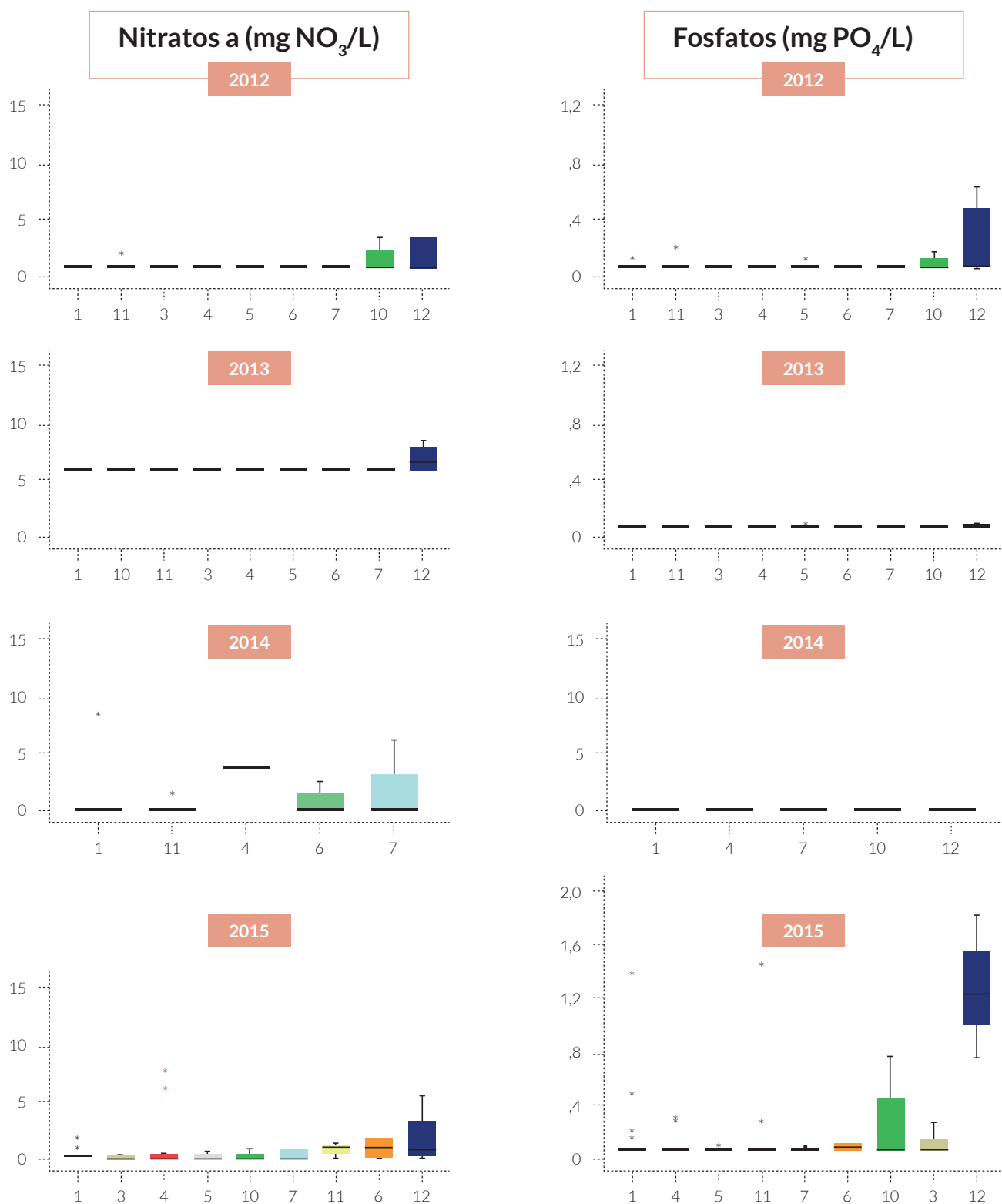
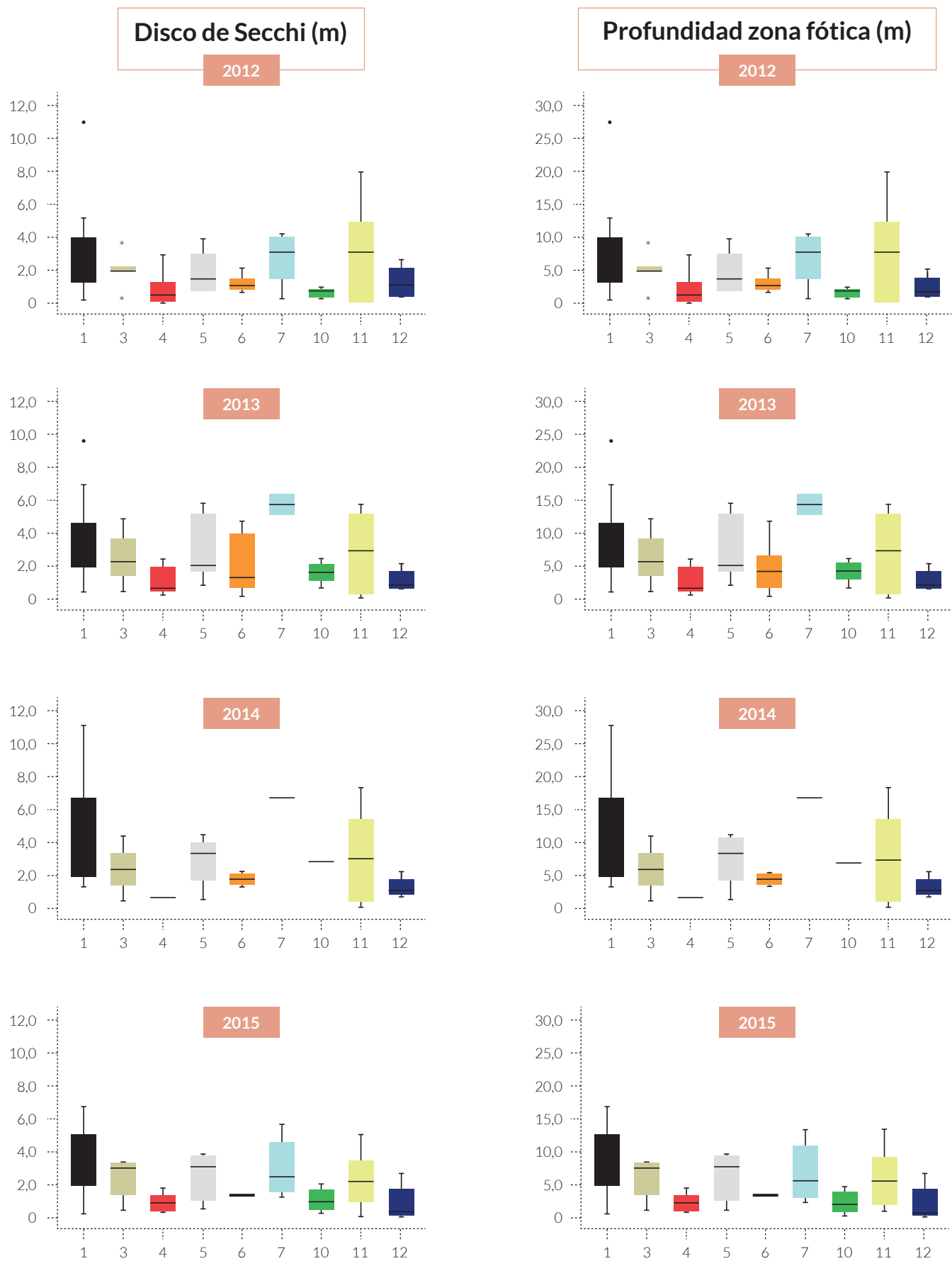
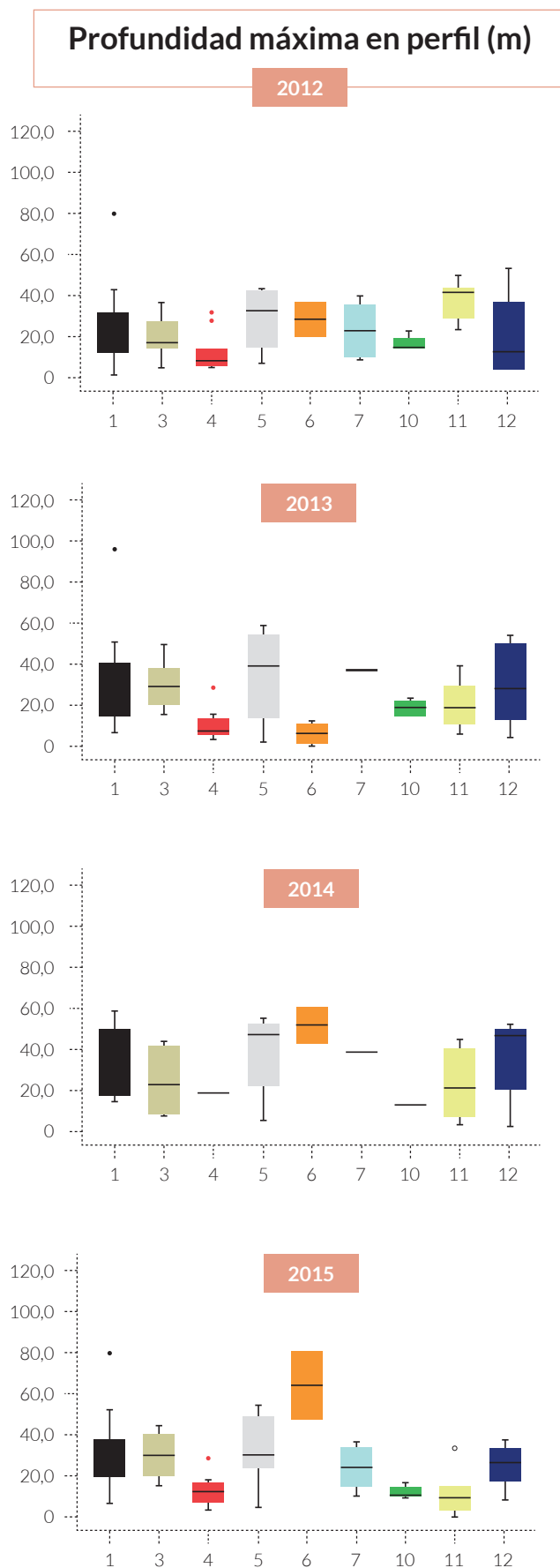


Figura 25. Diagrama de cajas y bigotes con los valores medios anuales de nutrientes (nitratos y fosfatos) medidos en cada una de las tipologías de embalses en las cuatro campañas de muestreo (2012, 2013, 2014 y 2015)

A continuación, en la figura 26, se muestra la variabilidad de los datos de Disco de Secchi, capa fótica y profundidad máxima medidos en los embalses entre 2012-2015.





Tras el análisis de los resultados de los perfiles físicoquímicos realizados en los cuatro años en los embalses de la cuenca se detectaron ciertos episodios destacables, que se describen a continuación:

- En 2012: 40 de los 54 embalses muestreados presentaron anoxia en alguna de sus capas. Además en Alcántara II, Ayuela, Baños, Casar de Cáceres y Navalcán se detectaron blooms de algas.
- En 2013: 32 de los 56 embalses muestreados presentaron anoxia en algunas de sus capas, y en el embalse de El Castro se detectó la presencia de ácido sulfhídrico en la capa más profunda. Además, en Alcántara II, Alcuéscar, Cedillo y El Vellón se detectaron blooms de algas.
- En 2014: 14 de 25 embalses muestreados presentaron anoxia en alguna de sus capas. En los embalses de El Castro y Finisterre se detectó la presencia de ácido sulfhídrico en la capa más profunda. No se detectaron blooms de algas durante los muestreos.
- En 2015: 15 de 67 embalses muestreados presentaron anoxia en algunas de sus capas. No se detectaron blooms de algas durante los muestreos de este año.

Figura 26. Valores de disco de Secchi, profundidad de la capa fótica y profundidad máxima medidos en los embalses en 2012-2015



EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

A continuación se muestran los resultados del potencial ecológico en los cuatro años analizados. El potencial ecológico se ha evaluado aplicando los límites de cambio de clase de los indicadores biológicos, aprobados en la IPH (para los años 2012, 2013), protocolo de fitoplancton (en el año 2014) y en el RD 817/2015 (para el año 2015).

El potencial ecológico de las estaciones muestreadas de la cuenca del Tajo no siguió un mismo patrón de resultados a lo largo de los cuatro años muestreados

(Tabla 28), esto se debe a los cambios en la legislación acaecidos durante el periodo de estudio, tal y como se comenta en el apartado de Normativa. Sin embargo, con la publicación de los valores de condiciones de referencia (CR) y cortes de clases de calidad para todas las tipologías (RD 817/2015) sí fue posible calcular el potencial ecológico para todas las tipologías en el año 2015. Se puede consultar el Anexo donde aparecen los resultados de todas las estaciones para el periodo 2012-2015. En la Tabla 28 se muestran los resultados del porcentaje

de potencial ecológico bueno, peor y sin datos de los embalses desde 2008 hasta 2015 para ver la evolución de estos valores en los últimos años disponibles. En dicha tabla se aprecia que en 2012 y 2013 hay mayor incertidumbre en los resultados debido a que el porcentaje de embalses sin datos suficientes para la evaluación es mayor y en 2015 el porcentaje de embalses con potencial ecológico bueno o superior era del 60%.

Tabla 27. Comparativa de los porcentajes de embalses que presentan potencial ecológico bueno o superior y peor que bueno entre los años 2008-2015

Año	Embalses muestreados	Bueno o superior	Peor que bueno	Sin datos para la evaluación
2015	67	60%	40%	-
2014	67	40%	42%	18%
2013	67	22%	42%	36%
2012	67	22%	42%	36%
2010	45	42%	58%	-
2009	65	48%	52%	-
2008	64	51%	49%	-

Se presentan a continuación las Figuras 27, 28, 29 y 30 para cada uno de los años de estudio, donde aparecen los potenciales ecológicos calculados para cada una de las tipologías de embalses muestreadas.

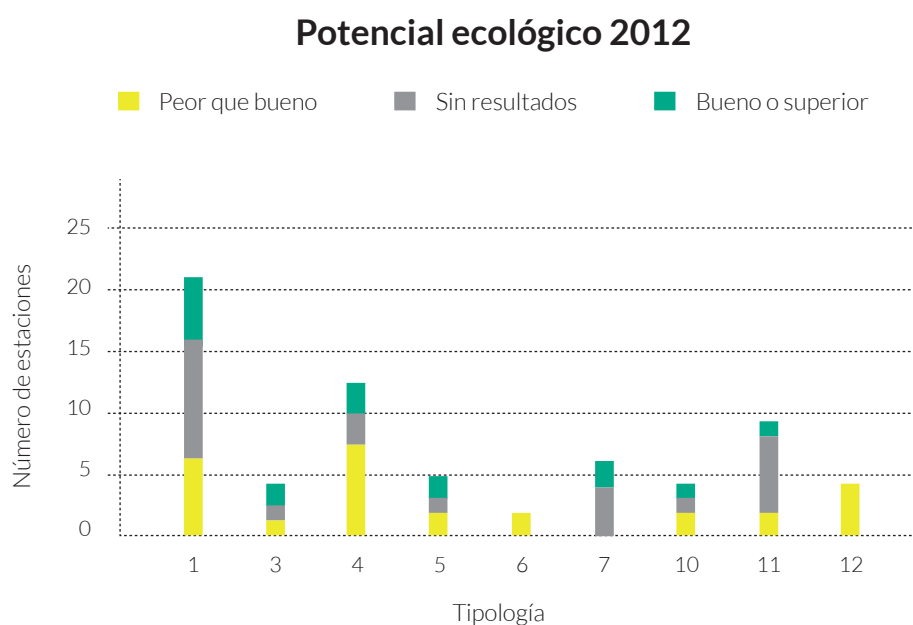


Figura 27. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2012 para las distintas tipologías de embalses

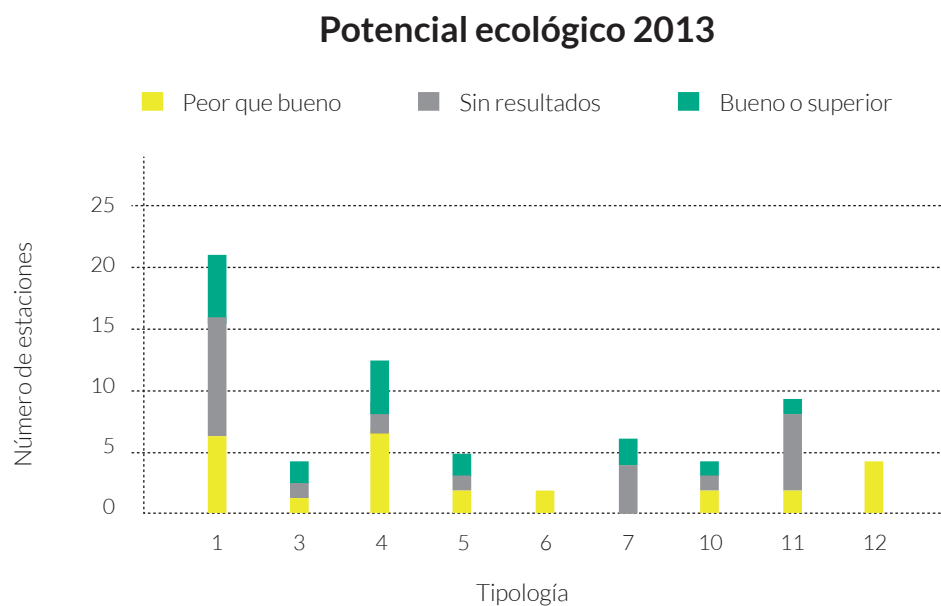


Figura 28. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2013 para las distintas tipologías de embalses

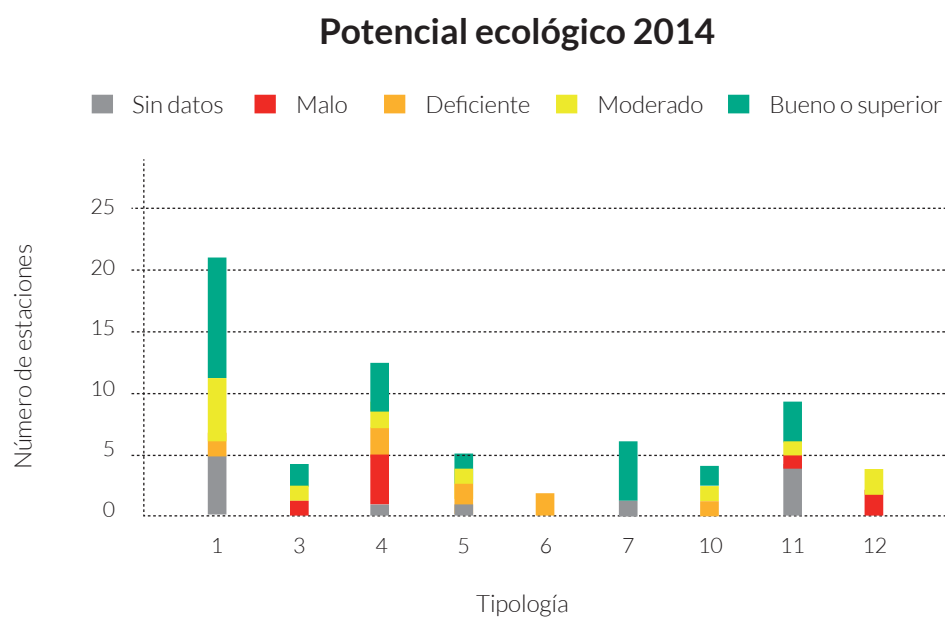


Figura 29. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2014 para las distintas tipologías de embalses

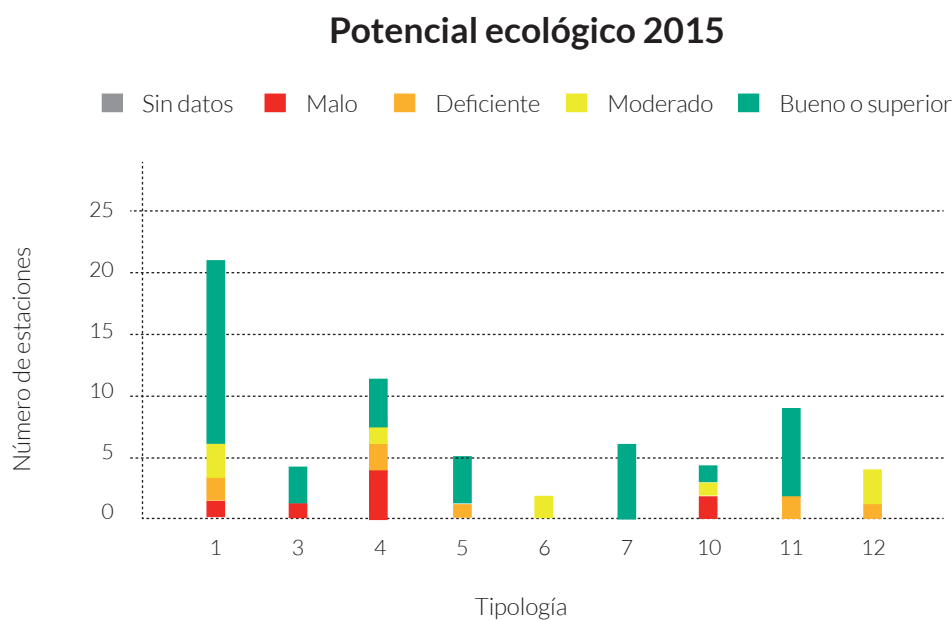


Figura 30. Potencial ecológico calculado para la campaña de muestreo 2015 para las distintas tipologías de embalses

En la Figura 31 se refleja una comparativa de los resultados finales obtenidos año a año considerando dos rangos de potencial ecológico: *bueno o superior* y *peor que bueno*. Se incluyen también los porcentajes de estaciones sin evaluar. Como puede observarse el porcentaje de embalses con potencial peor que bueno es muy similar a lo largo de los años de estudio.

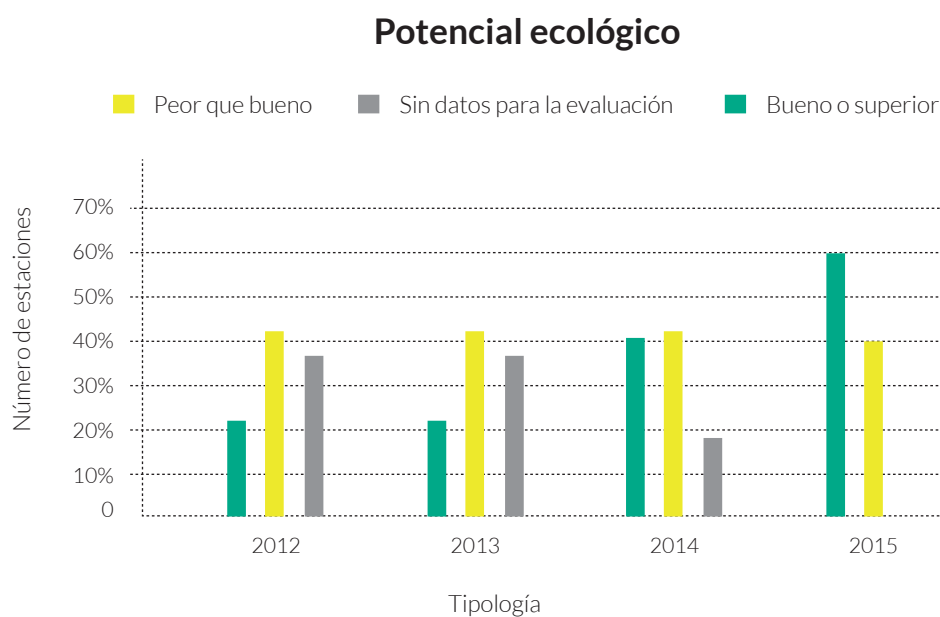


Figura 31. Calidad biológica calculada a partir de los índices IGA, % de Cianobacterias, Biovolumen y concentración de Clorofila A para los embalses muestreados en la cuenca del tajo para las cuatro campañas de muestreo (2012, 2013, 2014 y 2015)

Se presentan a continuación en las Figuras 32, 33, 34 y 35 los mapas de la cuenca con los valores de potencial ecológico para cada uno de los embalses muestreados, desde 2012 a 2015.

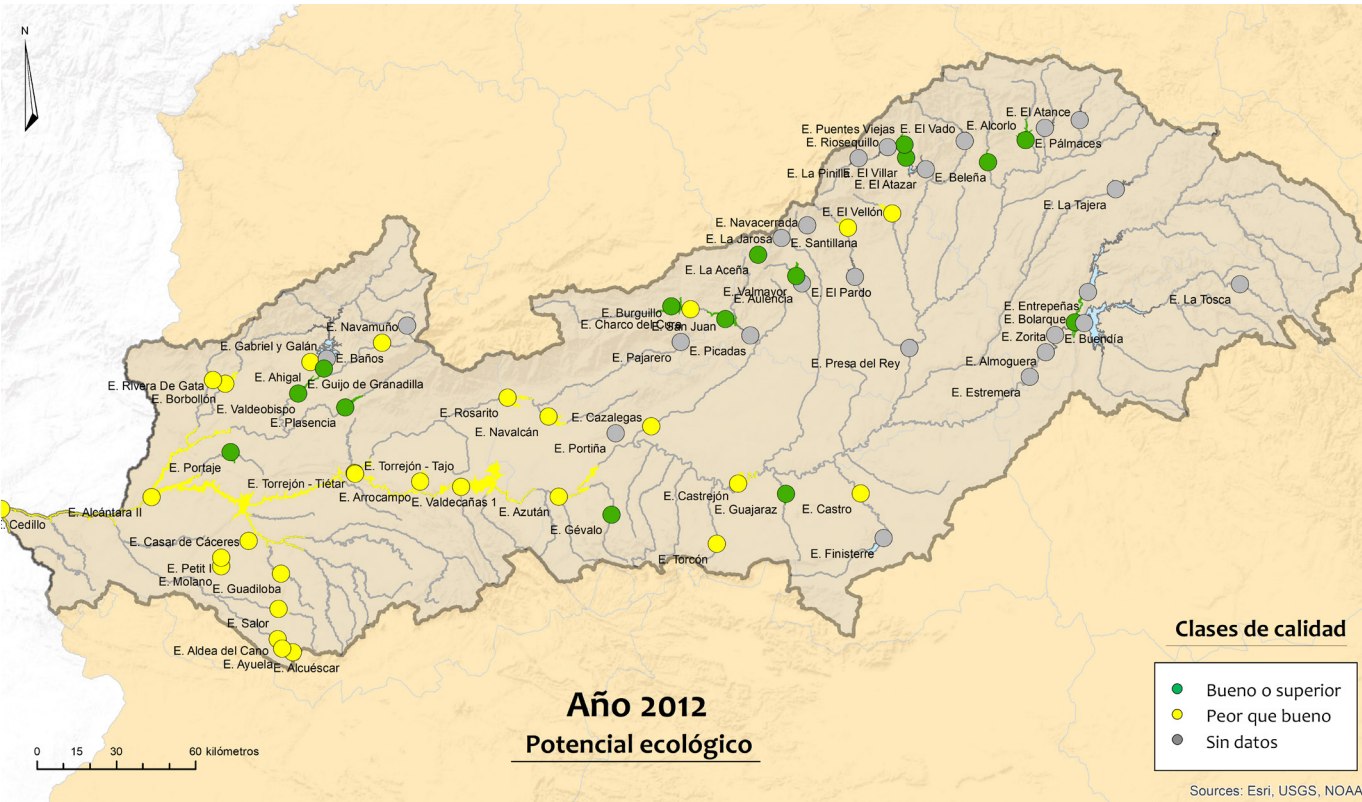


Figura 32. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2012

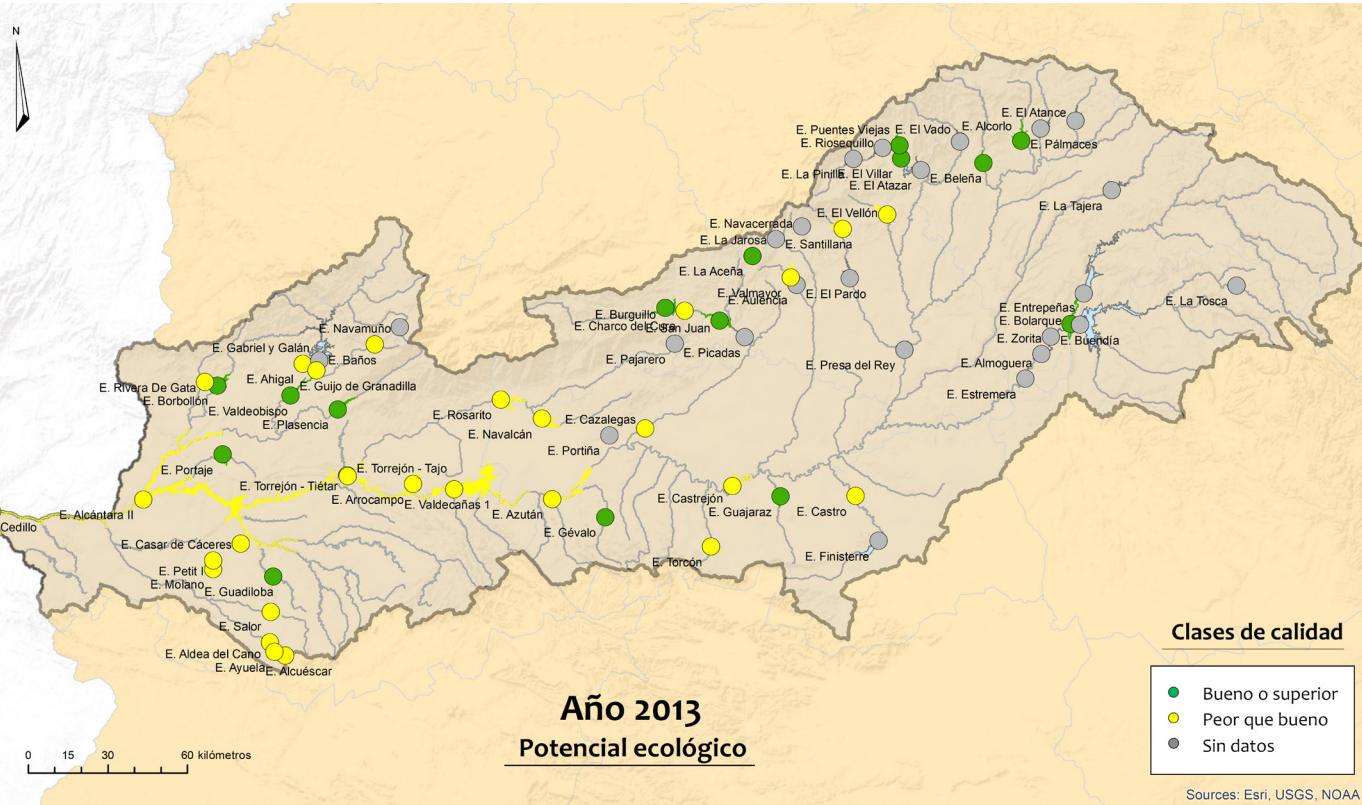


Figura 33. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2013

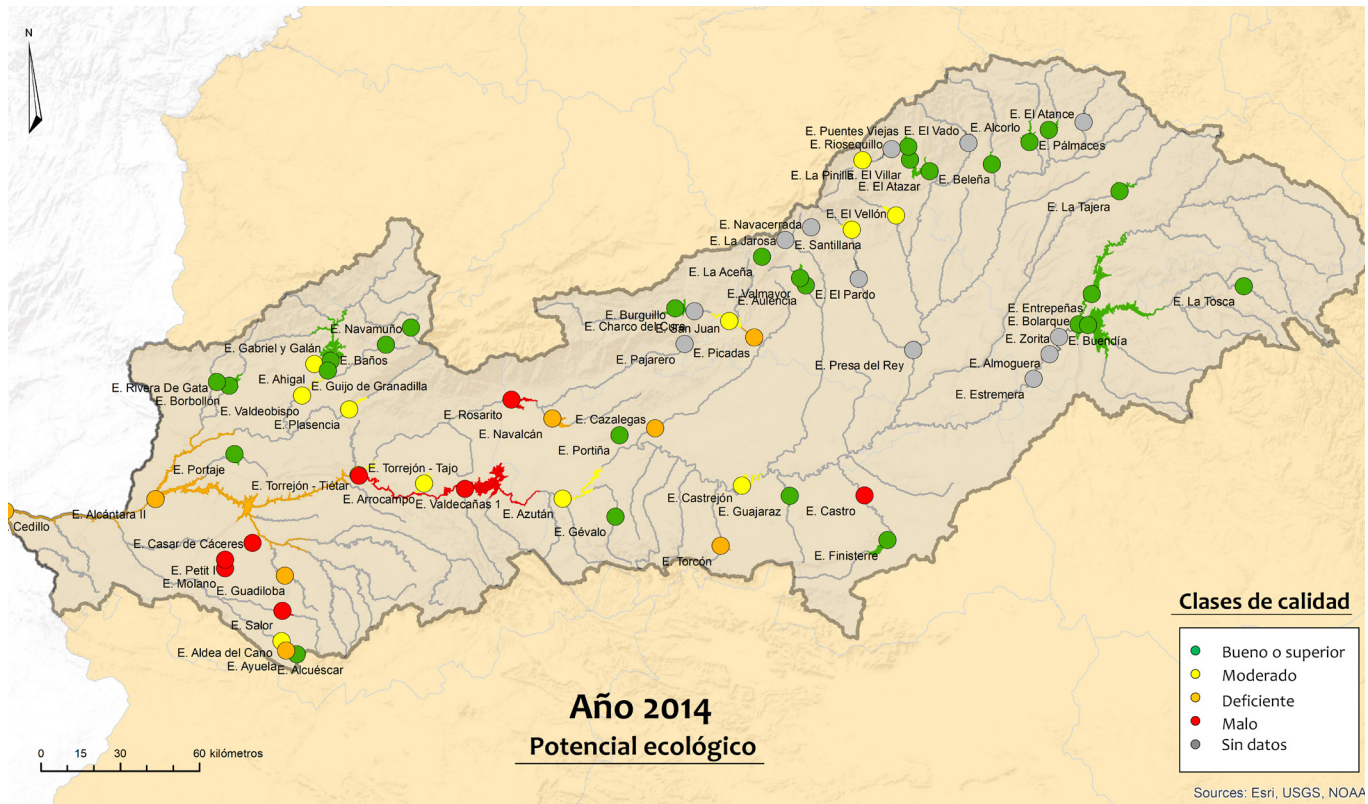


Figura 34. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2014

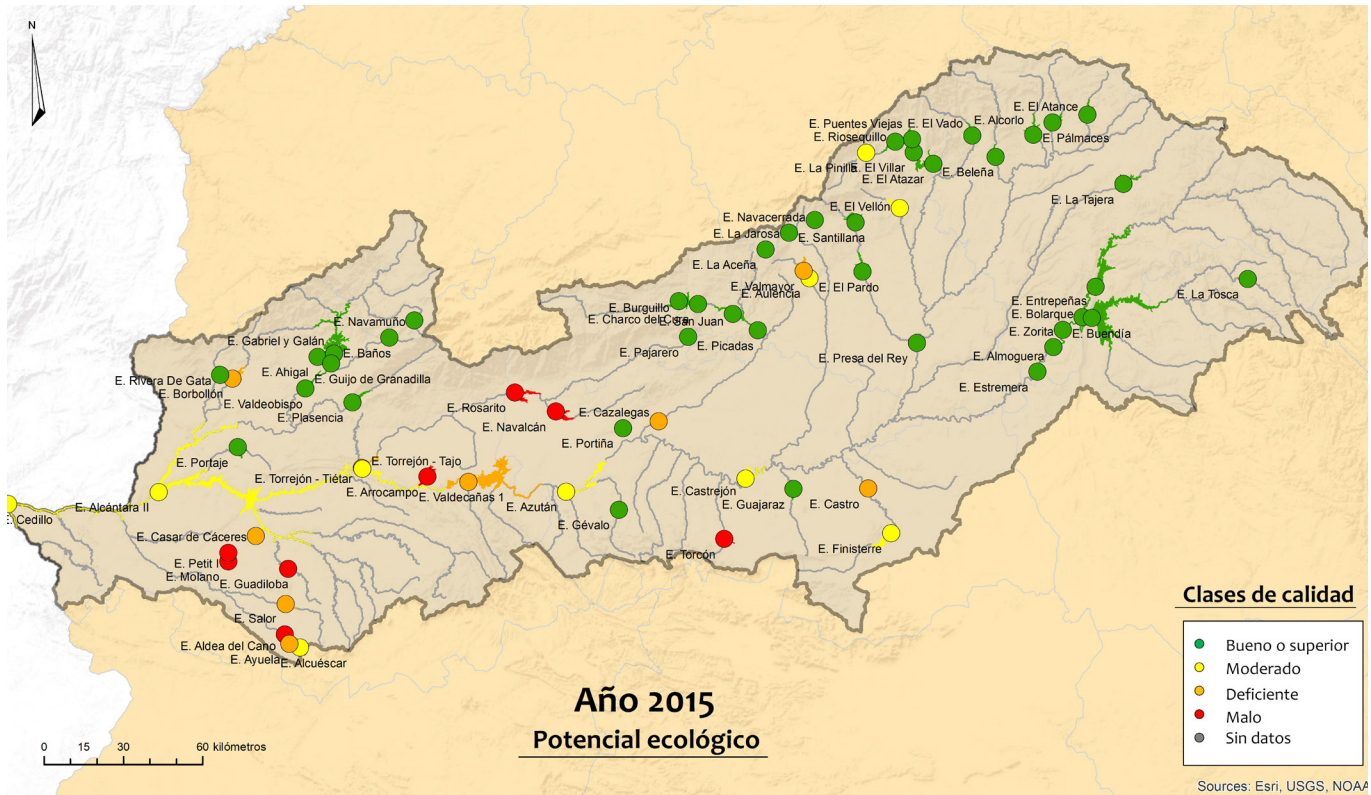


Figura 35. Mapa de la cuenca hidrográfica del Tajo con los valores del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2015

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO



La calidad de las aguas superficiales, especialmente de lagos y embalses, se ve afectada frecuentemente por el fenómeno de **eutrofización**, que, según la definición adoptada por la OCDE, consiste en un enriquecimiento de las aguas en sustancias nutritivas que conduce, generalmente, a modificaciones sintomáticas tales como aumento de la producción de algas y otras plantas acuáticas, degradación de la pesca y deterioro de la calidad del agua, así como de todos sus usos en general.

Embalse de Puentes Viejas



Figura 36. Equipo de muestreo en embalse para el estudio de la calidad de las masas de agua

La eutrofización es una forma peculiar de contaminación del medio acuático, causante de importantes perjuicios. La eutrofización no natural consiste en la incorporación excesiva de nutrientes y materia orgánica alóctonos a un ecosistema acuático. Esto supone la alteración de las condiciones de equilibrio del ecosistema, induciendo desviaciones en sus características, en su composición biótica y en los procesos de sucesión natural (Margalef *et al.*, 1976).

El proceso de eutrofización se debe a una elevación de los niveles de nutrientes - sustancias o elementos nutritivos- principalmente fósforo y nitrógeno (P y N), que rebasa el umbral limitante de la producción primaria y, consecuentemente, se inutilizan los mecanismos de control del sistema.

Para completar el estudio del grado de eutrofización se ha realizado además la valoración de los datos de concen-

tración de clorofila a planctónica y el resto de indicadores de eutrofización recogidos a lo largo de las distintas campañas de muestreo. Para la valoración se ha empleado la clasificación del Programa Internacional Cooperativo de la OCDE para la Supervisión de Aguas Interiores de 1982, que proporciona valores límite específicos para zonas templadas.

CONDICIONES DE REFERENCIA. OCDE

Para evaluar el estado trófico (tal y como se estableció en OCDE, 1982) se han definido unas condiciones de referencia (CR) para los diferentes indicadores de grado trófico que permiten definir la secuencia de estados tróficos. Éstos van desde oligotróficos (con bajo nivel de nutrientes) hasta hipertróficos o hipereutróficos (con gran abundancia de nutrientes). En la Tabla 29 se indican los rangos de valoración para el **biovolumen de fitoplancton**, la concentración de **clorofila a**, el **fósforo total** y el **disco de Secchi**.

Tabla 28. Tabla de valoración del grado de eutrofización en función del biovolumen, clorofila a, fósforo total y disco de Secchi, (OCDE, 1982)

Eutrofización en función del volumen fitoplanctónico	
Biovolumen (mm³/l)	Grado de eutrofización
x < 1	Oligotrófico
2,5 ≥ x ≥ 1	Mesotrófico
x > 2,5	Eutrófico

Eutrofización en función de la concentración de Clorofila a	
Máximo anual Clorofila (µg/l)	Grado de eutrofización
x < 2,5	Ultraoligotrófico
2,5 ≤ x < 8	Oligotrófico
8 ≤ x ≤ 25	Mesotrófico
25 ≤ x ≤ 75	Eutrófico
x > 75	Hipereutrófico
Media anual Clorofila (µg/l)	Grado de eutrofización
x < 1	Ultraoligotrófico
1 ≤ x < 2,5	Oligotrófico
2,5 ≤ x ≤ 8	Mesotrófico
8 ≤ x ≤ 25	Eutrófico
x > 25	Hipereutrófico

Eutrofización en función de la concentración de fósforo total (Pt) (mg/l)	
Media anual fósforo total PT (mg/l)	Grado de eutrofización
x ≤ 0,004	Ultraoligotrófico
x ≤ 0,01	Oligotrófico
0,01 ≤ x ≤ 0,035	Mesotrófico
0,035 ≤ x ≤ 0,1	Eutrófico
x > 0,1	Hipereutrófico

Continuación de la Tabla 28

Eutrofización en función de la profundidad del disco de Secchi	
Mínimo anual profundidad Disco de Secchi (m)	Grado de eutrofización
$x > 6$	Ultraoligotrófico
$6 \geq x > 3$	Oligotrófico
$3 \geq x > 1,5$	Mesotrófico
$1,5 \geq x \geq 0,7$	Eutrófico
$x < 0,7$	Hipereutrófico
Media anual profundidad Disco de Secchi (m)	Grado de eutrofización
$x > 12$	Ultraoligotrófico
$12 \geq x > 6$	Oligotrófico
$6 \geq x > 3$	Mesotrófico
$3 \geq x \geq 1,5$	Eutrófico
$x < 1,5$	Hipereutrófico

EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO

Se presenta en siguientes figura 37 el grado de eutrofización estimado para los diferentes parámetros analizados en los embalses: datos de biovolumen fitoplanctónico (Tabla 29). Los resultados globales obtenidos se muestran datos de biovolumen y estado trófico para los embalses muestreados entre 2012 y 2015. Sólo en 2015 había datos de biovolumen de todos los embalses, los resultados de 2012, 2013 y 2014 muestran valores de algunos de los embalses muestreados .

Eutrofización según biovolumen
Verano 2012

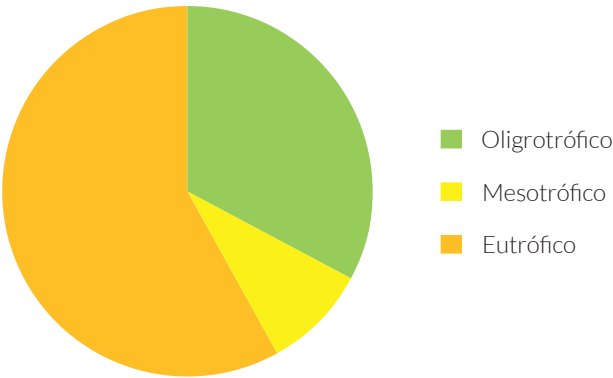
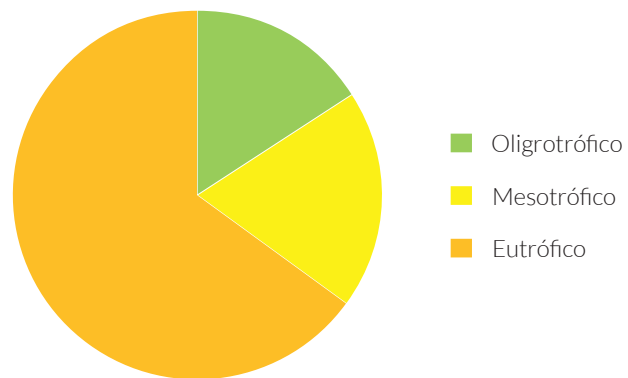
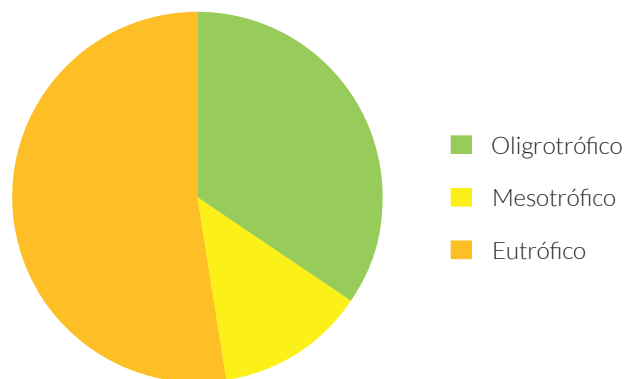


Figura 37. Valores de estado trófico para el biovolumen de fitoplancton durante las campañas 2012-2015

Eutrofización según biovolumen *Verano 2013*



Eutrofización según biovolumen *Verano 2014*



Eutrofización según biovolumen *Verano 2015*

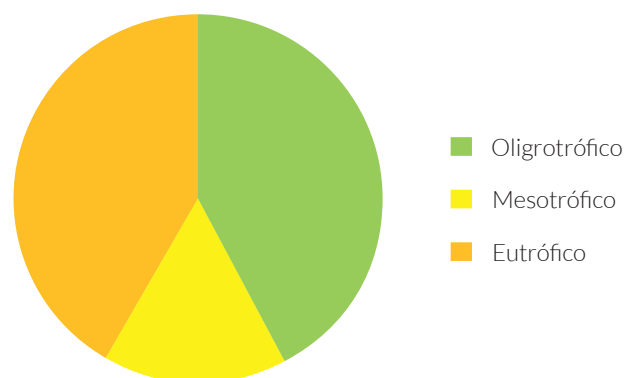


Figura 37. Valores de estado trófico para el biovolumen de fitoplancton durante las campañas 2012-2015

EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO

En el estudio del grado de eutrofización se ha realizado la valoración de los datos de concentración de clorofila a planctónica recogidos a lo largo de las distintas campañas de muestreo.

Según la clasificación recogida en la Tabla 29, se puede elegir entre dos valores de Chl-a: la correspondiente a la concentración media anual o máxima anual. Se ha optado por exponer los resultados obtenidos empleando los máximos anuales de clorofila a planctónica, dado que los muestreos en embalses se han realizado una única vez en verano, siendo la época en la que se registran los valores más altos de este parámetro.

Según estos resultados, y como puede verse en la Figura 38, 2012 y 2014 fueron los años con mejores valores de Chl-a, con un porcentaje de embalses oligotróficos o ultraoligotróficos del 39% y 48% respectivamente, frente a los embalses en estado mesotrófico, eutrófico o hipereutrófico.

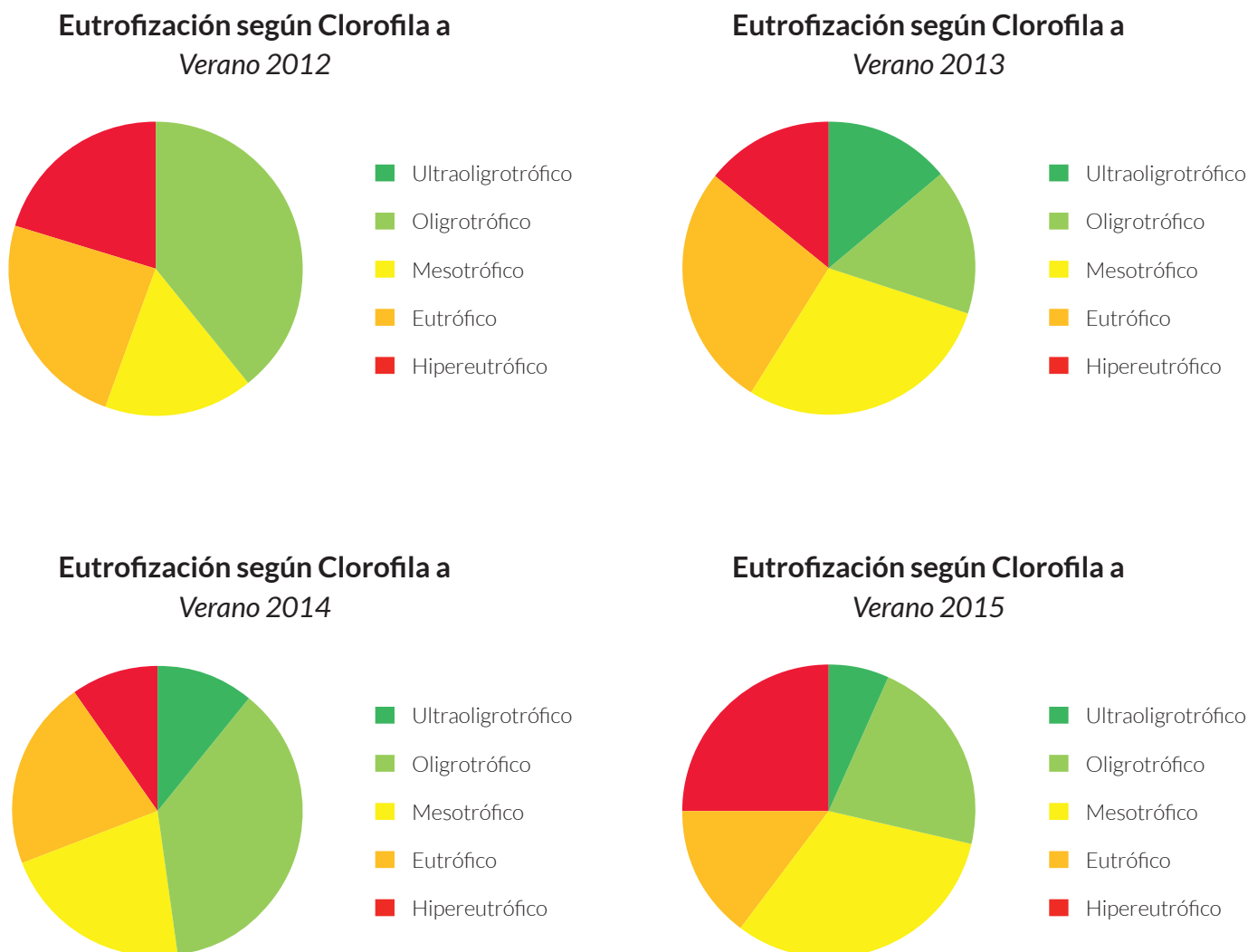


Figura 38. Gráficas con valores de estado trófico para la clorofila a durante las campañas 2012-2015

EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL DISCO DE SECCHI

Se ha determinado el grado de eutrofización de las masas de agua según la transparencia de las aguas, medida mediante el disco de Secchi. Esta clasificación se ha basado en los valores mínimos anuales de profundidad de Secchi. Dado que los muestreos se realizan una única vez en la época más desfavorable, los resultados de transparencia se comparan con los rangos de mínimos anuales.

Tal y como queda reflejado en la Figura 39, 2013 y 2015 fueron los años con mejores valores de DS, aportando porcentajes de embalses en estado ultraoligotrófico y oligotrófico del 27% y 30% respectivamente, en relación con los embalses en estado mesotrófico o inferior.

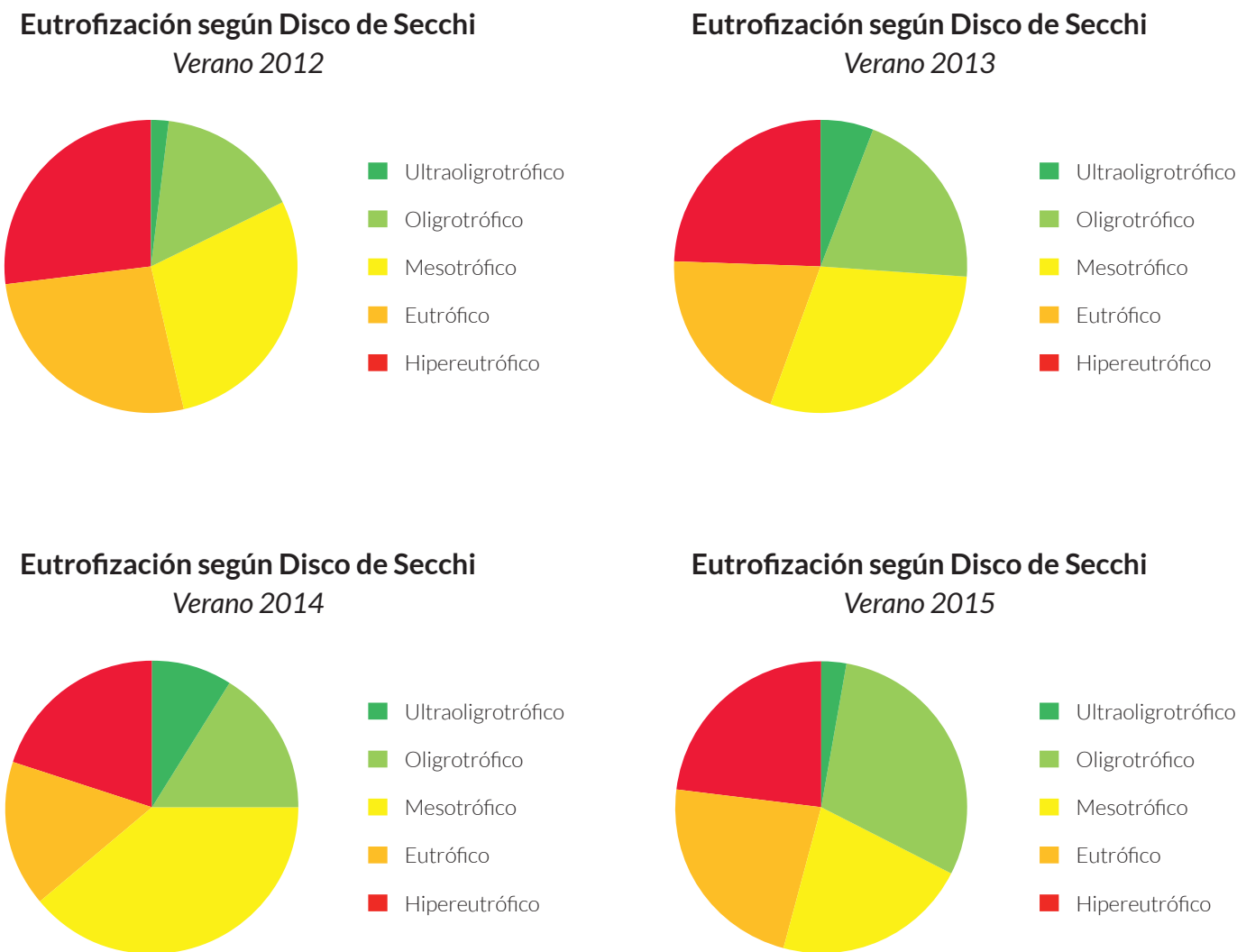


Figura 39. Valores de estado trófico para el DS durante las campañas 2012-2015

EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO TOTAL (MG P/L)

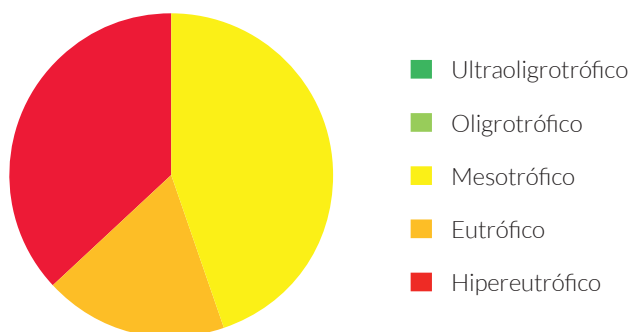
Finalmente se ha determinado el grado de eutrofización de las masas de agua según la concentración de nutrientes en las aguas, medida mediante la concentración media anual de fósforo total (mg P/l).

De los cuatro indicadores de eutrofización considerados, el fósforo total es el que refleja peores resultados.

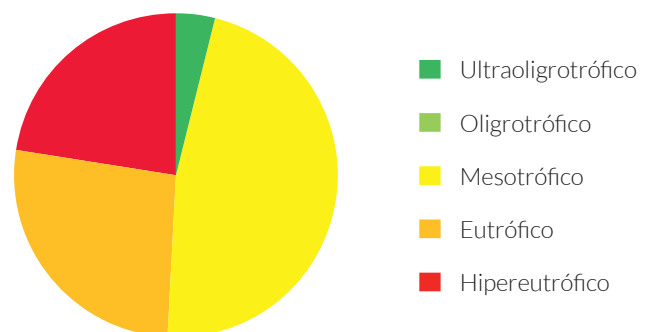
En general, teniendo en cuenta los resultados de fósforo, se observa una tendencia a la eutrofización. Tendencia que no se apreciaba considerando los otros indicadores de grado trófico. Como se muestra en la Figura 40, los porcentajes de embalses en hipereutrofia habrían ido aumentando con el tiempo, alcanzando su máximo en 2015, con un 48% de embalses hipereutróficos. Tan sólo en 2013 y 2014 existe un grupo de embalses (4% en ambos años) con estado oligotrófico.

Hay que destacar que estos malos resultados pueden deberse en parte a que los rangos que establece la OCDE para el fósforo se refieren a valores medios anuales, mientras que aquí se está reflejando un único dato de fósforo, obtenido durante los muestreos estivales.

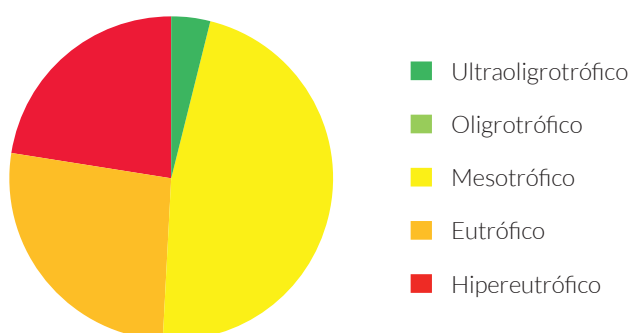
Eutrofización según Fósforo total mg P/l
Verano 2012



Eutrofización según Fósforo total mg P/l
Verano 2013



Eutrofización según Fósforo total mg P/l
Verano 2014



Eutrofización según Fósforo total mg P/l
Verano 2015

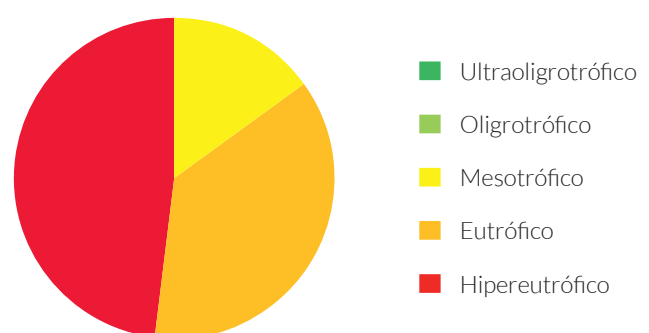


Figura 40. Valores de estado trófico para el Ptotal (mg P/ml) durante las campañas 2012-2015

BIBLIOGRAFÍA

AENOR 2009. Recopilación de Normas UNE. Medio Ambiente. 4ª edición: Calidad del Agua. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid.

APHA, 1998: Standard methods for the examination of water and wastewater, 20ª ed., Washington D.C. (EE.UU.), American Public Health Association

Boletín Oficial del Estado. 1998. Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca. BOE nº191 de 11 de Agosto de 1998.

Boletín Oficial del Estado, 2001. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. BOE nº 176: 26791-26817.

Boletín Oficial del Estado. 2006. Instrucción Técnica Complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06).

Boletín Oficial del Estado. 2007. Real Decreto 125/2007, de 3 de febrero de 2007, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas. BOE nº 30: 5118-5120.

Boletín Oficial del Estado. 2007. Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. BOE-A-2007-13182.

Boletín Oficial del Estado. 2008. Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, BOE nº 229: 38472-38582.

Boletín Oficial del Estado. 2011. Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

Boletín Oficial del Estado. 2015. 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.

Catalán, J., M. Ventura, A. Munné & L. Godé. 2003. Desenvolupament d'un index integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya. Agència Catalana del Aigua. Generalitat de Catalunya.

Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) 2009a. Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y fisico-químicas específicas del tipo de lago v 1.0. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid CIS Working Group 2.3 – REFCOND (2005): Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters, Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 2003.

Confederación Hidrográfica del Tajo. 2012. Evaluación del estado ecológico y químico de las masas de agua. Categoría ríos (2007-2011).

Confederación Hidrográfica del Tajo. 2013. Propuesta de proyecto de Plan hidrológico de cuenca de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

Confederación Hidrográfica del Tajo. 2015. Plan hidrológico de cuenca de la

parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2009-2015.

Confederación Hidrográfica del Tajo. 2015. Plan hidrológico de cuenca de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021.

De Hoyos, C., A. Negro & J.J. Aldasoro. 2004. Cyanobacteria distribution and abundance in the Spanish water reservoirs during thermal stratification. *Limnetica* 23 (1-2): 119-132

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2011. TAXAGUA: Tesauro Taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Organismos fitoplanctónicos en lagos y embalses. Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. M-LE-FP-2013.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Organismos fitoplanctónicos en lagos y embalses. Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. MFIT-2013.

OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux. Methodes de surveillance d'évaluation et de lutte. Paris.

PHT, 2014. Plan hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (ciclo de planificación 2009-2015). Real Decreto 270/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.

PHT, 2016. Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (ciclo de planificación 2015-2021). Aprobado por Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de varias demarcaciones hidrográficas.

Prats, J.; R. Morales-Baquero, J. Dolz, J. Armengol. 2014. Aportaciones de la limnología a la gestión de embalses. *Ingeniería del Agua*, 18, pp.80-94.

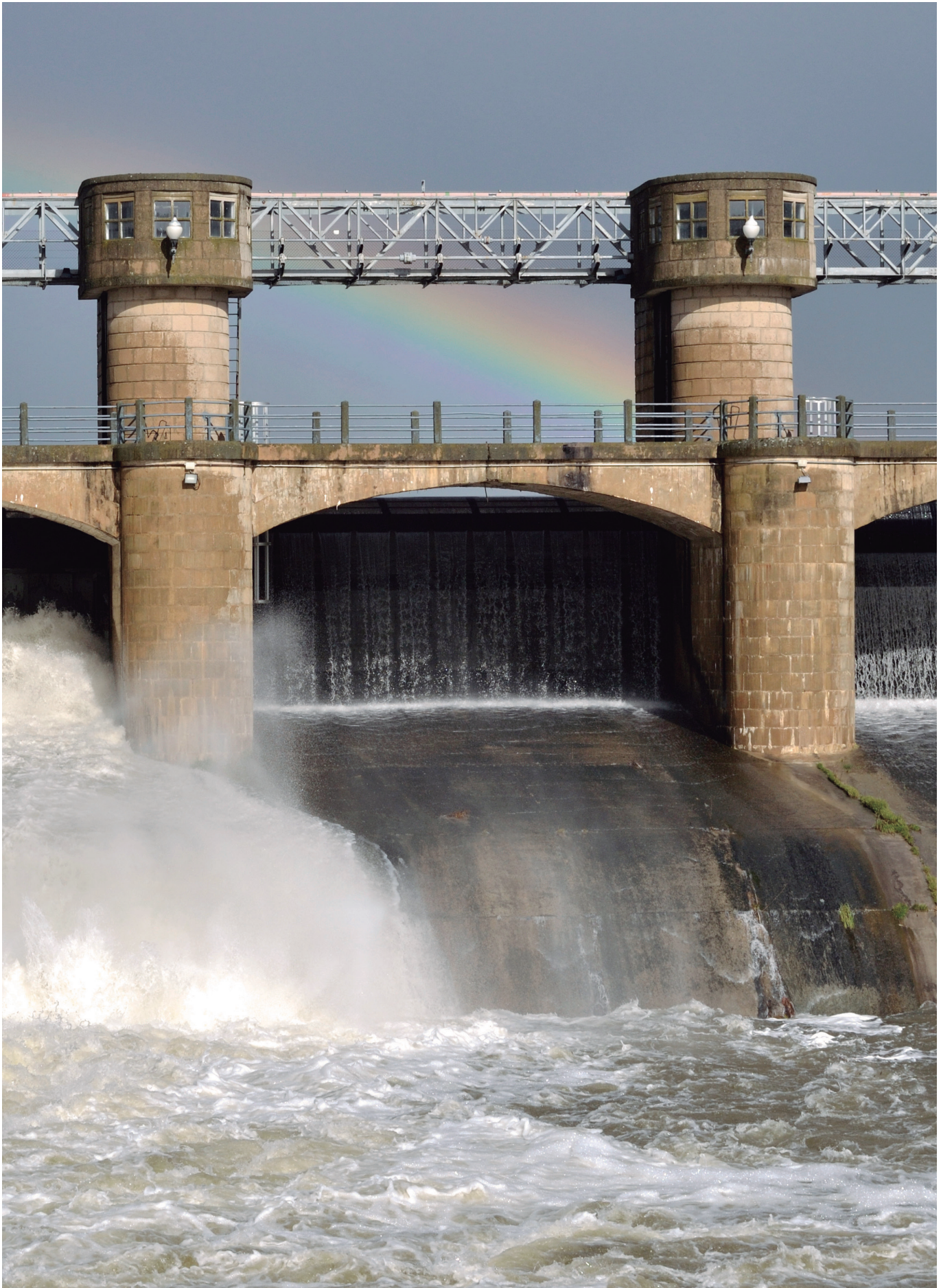
Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Smith V.H., Tilman G.D. y Nekola J.C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100:179-196

Wallin, Wiederholm, M Wallin & T Wiederholm, R K Johnson 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Final Report to the European Commission from CIS Working Group 2.3 – REFCOND -

Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. Saunders, Philadelphia. 743 pp.

Willen, E. 2000. Phytoplankton water quality assessment- an indicator concept. En: *Hydrological and limnological aspects of lake monitoring* 58-80. Heino, I., Ziegler, G. & Van der Beken, A. (Eds). Wiley & Sons. LTD.



Embalse de Cazalegas

ANEXO

VALORACIÓN GLOBAL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES MUESTREADOS EN 2012, 2013, 2014 Y 2015.

Para la valoración del potencial ecológico, tal y como ya se ha expuesto con anterioridad, se han seguido las condiciones de referencia del apartado 4.3 del documento. La clasificación es diferente según los años, debido a cambios en la normativa y protocolos (ver Tabla 7, Condiciones de referencia).

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clo-rofila µg/l	Clorofila EQR N	Cia-no-bact %	Ciano-bacte-rias EQR N	IGA	Valora-ción IGA EQR N	Combina-ción va-lores mé-tricas transfor-mados	Potencial ecológico
20761	2012	E. Ahigal - Palomero	1	2,7	Peor que bueno	12,4	Peor que bueno	14,1	Peor que bueno	4,9	Bueno o superior	0,57	Peor que bueno
20761	2013	E. Ahigal - Palomero	1	6,4	Peor que bueno	47,2	Peor que bueno	20,3	Peor que bueno	1,7	Bueno o superior	0,44	Peor que bueno
20761	2014	E. Ahigal - Palomero	1	2	Mode-rado	11,1	Moderado	52,5	Defi-ciente	154,1	Deficiente	0,44	Moderado
20761	2015	E. Ahigal - Palomero	1	2,4	Mode-rado	3,4	Bueno o superior	10	Mode-rado	0,5	Bueno o superior	0,71	Bueno o superior
20719A	2012	E. Alcántara II - Tajo	6	1,7	Bueno o superior	39,9	Peor que bueno	56,2	Peor que bueno	7,4	Bueno o superior	0,44	Peor que bueno
20719A	2013	E. Alcántara II - Tajo	6	1,7	Bueno o superior	22,3	Peor que bueno	15,7	Peor que bueno	8,7	Bueno o superior	0,53	Peor que bueno
20719A	2014	E. Alcántara II - Tajo	6	3,4	Bueno o superior	4,6	Bueno o superior	94	Malo	315,6	Malo	0,3	Deficiente
20719A	2015	E. Alcántara II - Tajo	6	5,5	Defi-ciente	24,5	Deficiente	68	Defi-ciente	8,8	Bueno o superior	0,47	Moderado
20697	2012	E. Alcorlo - Bornova	7	0,1	Bueno o superior	5	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,91	Bueno o superior
20697	2013	E. Alcorlo - Bornova	7	0,4	Bueno o superior	2	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20697	2014	E. Alcorlo - Bornova	7	0,4	Bueno o superior	2,9	Bueno o superior	35	Mode-rado	4,1	Bueno o superior	0,82	Bueno o superior
20697	2015	E. Alcorlo - Bornova	7	0,4	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	1,7	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	0,99	Bueno o superior
20740	2012	E. Alcuéscar - Ayuela	4	5,7	Peor que bueno	19,4	Peor que bueno	12,5	Peor que bueno	4	Bueno o superior	0,48	Peor que bueno
20740	2013	E. Alcuéscar - Ayuela	4	5,3	Peor que bueno	29,7	Peor que bueno	2,1	Bueno o superior	0,4	Bueno o superior	0,58	Peor que bueno
20740	2014	E. Alcuéscar - Ayuela	4	1,3	Bueno o superior	11,8	Moderado	0,5	Bueno o superior	6	Bueno o superior	0,72	Bueno o superior
20740	2015	E. Alcuéscar - Ayuela	4	16,8	Malo	5,6	Bueno o superior	39,5	Mode-rado	96,2	Moderado	0,48	Moderado
20728	2012	E. Aldea del Cano - Santiago	4	3,8	Peor que bueno	27,7	Peor que bueno	9,6	Peor que bueno	1,1	Bueno o superior	0,52	Peor que bueno
20728	2013	E. Aldea del Cano - Santiago	4	5,1	Peor que bueno	19,4	Peor que bueno	1,7	Bueno o superior	3,2	Bueno o superior	0,58	Peor que bueno
20728	2014	E. Aldea del Cano - Santiago	4	4,4	Defi-ciente	46,1	Malo	1,5	Bueno o superior	104	Moderado	0,44	Moderado
20728	2015	E. Aldea del Cano - Santiago	4	103	Malo	48,5	Malo	91,7	Malo	211,8	Deficiente	0,14	Malo
20684	2012	E. Almoguera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20684	2013	E. Almoguera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20684	2014	E. Almoguera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20684	2015	E. Almoguera - Tajo	11	0,5	Bueno o superior	2,2	Bueno o superior	3,7	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,99	Bueno o superior
20721	2012	E. Arrocampo - Arrocampo	10	2,3	Peor que bueno	143,6	Peor que bueno	78,4	Peor que bueno	63,9	Peor que bueno	0,32	Peor que bueno
20721	2013	E. Arrocampo - Arrocampo	10	2,1	Peor que bueno	24,9	Peor que bueno	20,1	Bueno o superior	19,6	Peor que bueno	0,51	Peor que bueno
20721	2014	E. Arrocampo - Arrocampo	10	1,2	Bueno o superior	24,2	Malo	65,1	Deficiente	42,3	Moderado	0,44	Moderado
20721	2015	E. Arrocampo - Arrocampo	10	5,8	Deficiente	110	Malo	96,2	Malo	214,1	Deficiente	0,14	Malo
20730	2012	E. Aulencia - Aulencia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20730	2013	E. Aulencia - Aulencia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20730	2014	E. Aulencia - Aulencia	1	10,4	Malo	0,1	Bueno o superior	0	Bueno o superior	2,3	Bueno o superior	0,76	Bueno o superior
20730	2015	E. Aulencia - Aulencia	1	18,2	Malo	135,1	Malo	0	Bueno o superior	2,6	Bueno o superior	0,5	Moderado
20729	2012	E. Ayuela - Ayuela	4	14	Peor que bueno	450,8	Peor que bueno	68	Peor que bueno	80,5	Peor que bueno	0,2	Peor que bueno
20729	2013	E. Ayuela - Ayuela	4	11,6	Peor que bueno	59,7	Peor que bueno	43,4	Peor que bueno	16,8	Peor que bueno	0,29	Peor que bueno
20729	2014	E. Ayuela - Ayuela	4	6,1	Malo	44,2	Malo	54,6	Deficiente	6,2	Bueno o superior	0,35	Deficiente
20729	2015	E. Ayuela - Ayuela	4	68,9	Malo	63,1	Malo	66,3	Deficiente	49,9	Moderado	0,26	Deficiente
20682	2012	E. Azután - Tajo	12	22,7	Peor que bueno	72	Peor que bueno	6,1	Bueno o superior	8	Peor que bueno	0,4	Peor que bueno
20682	2013	E. Azután - Tajo	12	28,1	Peor que bueno	39,3	Peor que bueno	0,8	Bueno o superior	30,2	Peor que bueno	0,42	Peor que bueno
20682	2014	E. Azután - Tajo	12	3,3	Deficiente	12,3	Deficiente	0,9	Bueno o superior	12,1	Moderado	0,56	Moderado
20682	2015	E. Azután - Tajo	12	28,5	Malo	69	Malo	2,7	Bueno o superior	8,1	Bueno o superior	0,51	Moderado
20738	2012	E. Baños - Baños	1	0,7	Bueno o superior	39,1	Peor que bueno	56,7	Peor que bueno	139,9	Peor que bueno	0,4	Peor que bueno
20738	2013	E. Baños - Baños	1	6,3	Peor que bueno	40,6	Peor que bueno	21,6	Peor que bueno	1,4	Bueno o superior	0,45	Peor que bueno
20738	2014	E. Baños - Baños	1	0,2	Bueno o superior	4,5	Bueno o superior	23	Moderado	7,8	Bueno o superior	0,73	Bueno o superior
20738	2015	E. Baños - Baños	1	0,2	Bueno o superior	9,3	Bueno o superior	3,2	Bueno o superior	3,5	Bueno o superior	0,83	Bueno o superior
20701	2012	E. Beleña - Sorbe	7	0,1	Bueno o superior	5	Bueno o superior	0	Bueno o superior	2,8	Bueno o superior	0,88	Bueno o superior
20701	2013	E. Beleña - Sorbe	7	0,1	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20701	2014	E. Beleña - Sorbe	7	0,3	Bueno o superior	3	Bueno o superior	3,2	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,97	Bueno o superior
20701	2015	E. Beleña - Sorbe	7	0,7	Bueno o superior	2,2	Bueno o superior	0,4	Bueno o superior	5	Bueno o superior	0,94	Bueno o superior
20708A	2012	E. Bolarque - Tajo	11	0,4	Bueno o superior	5	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,92	Bueno o superior
20708A	2013	E. Bolarque - Tajo	11	0,3	Bueno o superior	1	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20708A	2014	E. Bolarque - Tajo	11	0,1	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	0,6	Bueno o superior	1	Bueno o superior

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20708A	2015	E. Bolarque - Tajo	11	0,5	Bueno o superior	1,9	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20716	2012	E. Borbollón - Árrago	1	2,9	Peor que bueno	80,1	Peor que bueno	35,8	Peor que bueno	88,4	Peor que bueno	0,34	Peor que bueno
20716	2013	E. Borbollón - Árrago	1	1,3	Bueno o superior	5,4	Bueno o superior	10	Peor que bueno	1,2	Bueno o superior	0,72	Bueno o superior
20716	2014	E. Borbollón - Árrago	1	0,5	Bueno o superior	4,7	Bueno o superior	26	Moderado	23,3	Moderado	0,66	Bueno o superior
20716	2015	E. Borbollón - Árrago	1	3,1	Deficiente	3,1	Bueno o superior	95,3	Malo	266,5	Deficiente	0,36	Deficiente
20710A	2012	E. Buendía - Guadiela	11	-	-	5	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20710A	2013	E. Buendía - Guadiela	11	-	-	1,2	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20710A	2014	E. Buendía - Guadiela	11	0,2	Bueno o superior	0,7	Bueno o superior	< 0,01	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	0,99	Bueno o superior
20710A	2015	E. Buendía - Guadiela	11	0,2	Bueno o superior	2,4	Bueno o superior	1,7	Bueno o superior	3	Bueno o superior	0,96	Bueno o superior
20709	2012	E. Burguillo - Alberche	5	0,5	Bueno o superior	5	Bueno o superior	3,4	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	0,85	Bueno o superior
20709	2013	E. Burguillo - Alberche	5	0,4	Bueno o superior	2,7	Bueno o superior	0,6	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,96	Bueno o superior
20709	2014	E. Burguillo - Alberche	5	3,6	Moderado	2,4	Bueno o superior	3	Bueno o superior	64,8	Moderado	0,65	Bueno o superior
20709	2015	E. Burguillo - Alberche	5	0,9	Bueno o superior	3,2	Bueno o superior	42,7	Moderado	47,9	Moderado	0,74	Bueno o superior
20739	2012	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	4	4	Peor que bueno	129,4	Peor que bueno	55,7	Peor que bueno	3,9	Bueno o superior	0,37	Peor que bueno
20739	2013	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	4	113,1	Peor que bueno	100,5	Peor que bueno	0,7	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,51	Peor que bueno
20739	2014	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	4	27,8	Malo	89,5	Malo	99,8	Malo	400,3	Malo	0,03	Malo
20739	2015	E. Casar de Cáceres - Villaluengo	4	31,8	Malo	42	Malo	65,1	Deficiente	213,5	Deficiente	0,21	Deficiente
20722	2012	E. Castrejón - Tajo	12	17	Peor que bueno	131,5	Peor que bueno	18,4	Bueno o superior	2,1	Bueno o superior	0,44	Peor que bueno
20722	2013	E. Castrejón - Tajo	12	28	Peor que bueno	212,1	Peor que bueno	2,7	Bueno o superior	2,1	Bueno o superior	0,48	Peor que bueno
20722	2014	E. Castrejón - Tajo	12	13,2	Malo	87,8	Malo	< 0,01	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,53	Moderado
20722	2015	E. Castrejón - Tajo	12	24,7	Malo	117,2	Malo	4,7	Bueno o superior	1	Bueno o superior	0,52	Moderado
20723	2012	E. Castro - Algodor	11	10,6	Peor que bueno	73,7	Peor que bueno	70,1	Peor que bueno	37,7	Peor que bueno	0,24	Peor que bueno
20723	2013	E. Castro - Algodor	11	24,7	Peor que bueno	270,2	Peor que bueno	73,8	Peor que bueno	46,2	Peor que bueno	0,21	Peor que bueno
20723	2014	E. Castro - Algodor	11	52,2	Malo	93,7	Malo	86	Malo	227,3	Deficiente	0,11	Malo
20723	2015	E. Castro-Algodor	11	43,7	Malo	4,6	Bueno o superior	88	Malo	60,8	Moderado	0,34	Deficiente
20718	2012	E. Cazalegas - Alberche	5	2,9	Peor que bueno	80,1	Peor que bueno	20,4	Peor que bueno	100,4	Peor que bueno	0,36	Peor que bueno
20718	2013	E. Cazalegas - Alberche	5	9,8	Peor que bueno	39,7	Peor que bueno	8	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	0,47	Peor que bueno

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm ³ /l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20718	2014	E. Cazalegas - Alberche	5	7,4	Deficiente	22,9	Deficiente	66	Deficiente	52,8	Moderado	0,29	Deficiente
20718	2015	E. Cazalegas - Alberche	5	4,6	Moderado	6,3	Bueno o superior	85,9	Malo	214,8	Deficiente	0,38	Deficiente
20725A	2012	E. Cedillo - Tajo	6	3,7	Peor que bueno	42,6	Peor que bueno	40,6	Peor que bueno	2,3	Bueno o superior	0,44	Peor que bueno
20725A	2013	E. Cedillo - Tajo	6	2,8	Peor que bueno	34,2	Peor que bueno	16,6	Peor que bueno	6,9	Bueno o superior	0,47	Peor que bueno
20725A	2014	E. Cedillo - Tajo	6	3,2	Bueno o superior	13	Moderado	94	Malo	389,6	Malo	0,21	Deficiente
20725A	2015	E. Cedillo - Tajo	6	5,6	Deficiente	22,4	Deficiente	16	Bueno o superior	51,3	Moderado	0,52	Moderado
20693	2012	E. Charco del Cura - Alberche	5	0,8	Peor que bueno	5	Peor que bueno	2,9	Peor que bueno	3,4	Bueno o superior	0,3	Peor que bueno
20693	2013	E. Charco del Cura - Alberche	5	3,3	Peor que bueno	21,7	Peor que bueno	1	Bueno o superior	15,4	Peor que bueno	0,54	Peor que bueno
20693	2014	E. Charco del Cura - Alberche	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20693	2015	E. Charco del Cura - Alberche	5	4,4	Moderado	15,2	Moderado	7,8	Bueno o superior	1,8	Bueno o superior	0,69	Bueno o superior
20695	2012	E. El Atance - Salado	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20695	2013	E. El Atance - Salado	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20695	2014	E. El Atance - Salado	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20695	2015	E. El Atance - Salado	7	1,1	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	155,9	Deficiente	0,79	Bueno o superior
20702A	2012	E. El Atazar - Lozoya	1	-	-	5	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20702A	2013	E. El Atazar - Lozoya	1	-	-	2,3	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20702A	2014	E. El Atazar - Lozoya	1	0,9	Bueno o superior	2,8	Bueno o superior	21	Moderado	32,9	Moderado	0,66	Bueno o superior
20702A	2015	E. El Atazar - Lozoya	1	0,2	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	12,8	Moderado	0,6	Bueno o superior	0,89	Bueno o superior
20678	2012	E. El Pardo - Manzanares	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20678	2013	E. El Pardo - Manzanares	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20678	2014	E. El Pardo - Manzanares	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20678	2015	E. El Pardo - Manzanares	4	12,8	Malo	23,1	Deficiente	0	Bueno o superior	1,2	Bueno o superior	0,6	Bueno o superior
20698	2012	E. El Vado - Jarama	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20698	2013	E. El Vado - Jarama	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20698	2014	E. El Vado - Jarama	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20698	2015	E. El Vado - Jarama	1	0,2	Bueno o superior	2,4	Bueno o superior	0	Bueno o superior	7,3	Bueno o superior	0,91	Bueno o superior
20703	2012	E. El Vellón - Guadalix	1	15,4	Peor que bueno	28,9	Peor que bueno	0	Bueno o superior	38,7	Peor que bueno	0,46	Peor que bueno
20703	2013	E. El Vellón - Guadalix	1	2,1	Peor que bueno	18,3	Peor que bueno	7	Bueno o superior	27,1	Peor que bueno	0,53	Peor que bueno
20703	2014	E. El Vellón - Guadalix	1	1,3	Bueno o superior	12,9	Moderado	60,3	Deficiente	138,4	Moderado	0,44	Moderado
20703	2015	E. El Vellón - Guadalix	1	5,6	Deficiente	16,6	Deficiente	3,5	Bueno o superior	23,5	Moderado	0,49	Moderado
20673	2012	E. El Villar - Lozoya	1	0,1	Bueno o superior	5	Bueno o superior	17,7	Peor que bueno	7,7	Bueno o superior	0,74	Bueno o superior

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20673	2013	E. El Villar - Lozoya	1	0,9	Bueno o superior	4,7	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,6	Bueno o superior	0,85	Bueno o superior
20673	2014	E. El Villar - Lozoya	1	0,6	Bueno o superior	5,3	Bueno o superior	4,5	Bueno o superior	8,2	Bueno o superior	0,75	Bueno o superior
20673	2015	E. El Villar - Lozoya	1	0,1	Bueno o superior	3,9	Bueno o superior	10,8	Moderado	10,8	Bueno o superior	0,74	Bueno o superior
20705A	2012	E. Entrepeñas - Tajo	11	-	-	5	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20705A	2013	E. Entrepeñas - Tajo	11	-	-	1,3	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20705A	2014	E. Entrepeñas - Tajo	11	3,3	Deficiente	0,9	Bueno o superior	1	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,84	Bueno o superior
20705A	2015	E. Entrepeñas - Tajo	11	0,9	Bueno o superior	1,9	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,97	Bueno o superior
20690	2012	E. Estremera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20690	2013	E. Estremera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20690	2014	E. Estremera - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20690	2015	E. Estremera - Tajo	11	0,2	Bueno o superior	1,8	Bueno o superior	1,6	Bueno o superior	1,9	Bueno o superior	0,98	Bueno o superior
20686	2012	E. Finisterre - Algodor	10	-	-	7,6	Peor que bueno	-	-	-	-	-	-
20686	2013	E. Finisterre - Algodor	10	-	-	4,8	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20686	2014	E. Finisterre - Algodor	10	5,5	Deficiente	5,6	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	0,71	Bueno o superior
20686	2015	E. Finisterre - Algodor	10	128,2	Malo	34,2	Malo	0,3	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,53	Moderado
20692A	2012	E. Gabriel y Galán - Alagón	3	-	-	5	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20692A	2013	E. Gabriel y Galán - Alagón	3	-	-	1,4	Bueno o superior	-	-	-	-	-	-
20692A	2014	E. Gabriel y Galán - Alagón	3	0,4	Bueno o superior	1,8	Bueno o superior	53	Deficiente	11,6	Bueno o superior	0,69	Bueno o superior
20692A	2015	E. Gabriel y Galán - Alagón	3	0,2	Bueno o superior	1,6	Bueno o superior	69	Deficiente	63	Moderado	0,68	Bueno o superior
20750	2012	E. Gévalo - Gévalo	10	0,5	Bueno o superior	6,9	Peor que bueno	0	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	0,88	Bueno o superior
20750	2013	E. Gévalo - Gévalo	10	3,7	Peor que bueno	13,4	Peor que bueno	0,1	Bueno o superior	1,2	Bueno o superior	0,65	Bueno o superior
20750	2014	E. Gévalo - Gévalo	10	0,7	Bueno o superior	6,9	Moderado	7	Bueno o superior	3,3	Bueno o superior	0,82	Bueno o superior
20750	2015	E. Gévalo - Gévalo	10	1,5	Bueno o superior	3,9	Bueno o superior	22,6	Bueno o superior	5,4	Bueno o superior	0,72	Bueno o superior
20726	2012	E. Guadiloba - Guadiloba	4	10,7	Peor que bueno	181,3	Peor que bueno	59,6	Peor que bueno	5	Bueno o superior	0,3	Peor que bueno
20726	2013	E. Guadiloba - Guadiloba	4	2,6	Peor que bueno	5,6	Bueno o superior	1,6	Bueno o superior	1,2	Bueno o superior	0,75	Bueno o superior
20726	2014	E. Guadiloba - Guadiloba	4	2,9	Deficiente	7,9	Bueno o superior	89,1	Malo	156,6	Deficiente	0,36	Deficiente
20726	2015	E. Guadiloba - Guadiloba	4	77,4	Malo	63,7	Malo	96	Malo	49,4	Moderado	0,19	Malo
20724	2012	E. Guajazaraz - Guajazaraz	4	3,8	Peor que bueno	6,7	Bueno o superior	0,7	Bueno o superior	0,9	Bueno o superior	0,72	Bueno o superior

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm ³ /l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20724	2013	E. Guajaraz - Guajaraz	4	10,9	Peor que bueno	9,6	Peor que bueno	0,4	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	0,66	Bueno o superior
20724	2014	E. Guajaraz - Guajaraz	4	1,9	Bueno o superior	5,1	Bueno o superior	5,1	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	0,77	Bueno o superior
20724	2015	E. Guajaraz - Guajaraz	4	1,2	Bueno o superior	36,7	Malo	1,5	Bueno o superior	1,4	Bueno o superior	0,75	Bueno o superior
20713	2012	E. Guijo de Granadilla - Alagón	3	0,3	Bueno o superior	5	Bueno o superior	10,1	Peor que bueno	1,7	Bueno o superior	0,81	Bueno o superior
20713	2013	E. Guijo de Granadilla - Alagón	3	5,8	Peor que bueno	14	Peor que bueno	2,5	Bueno o superior	61	Peor que bueno	0,5	Peor que bueno
20713	2014	E. Guijo de Granadilla - Alagón	3	1,1	Bueno o superior	4,6	Bueno o superior	17	Moderado	15,6	Moderado	0,63	Bueno o superior
20713	2015	E. Guijo de Granadilla - Alagón	3	0,4	Bueno o superior	1,7	Bueno o superior	2,2	Bueno o superior	8,9	Bueno o superior	0,88	Bueno o superior
20706	2012	E. La Aceña - Aceña	1	0,2	Bueno o superior	5	Bueno o superior	9,6	Peor que bueno	34,7	Peor que bueno	0,71	Bueno o superior
20706	2013	E. La Aceña - Aceña	1	0,8	Bueno o superior	8,9	Bueno o superior	0,7	Bueno o superior	5,4	Bueno o superior	0,78	Bueno o superior
20706	2014	E. La Aceña - Aceña	1	0,1	Bueno o superior	7,2	Bueno o superior	17,6	Moderado	3	Bueno o superior	0,77	Bueno o superior
20706	2015	E. La Aceña - Aceña	1	1,1	Bueno o superior	10,3	Moderado	14,9	Moderado	0,8	Bueno o superior	0,69	Bueno o superior
20677	2012	E. La Jarosa - La Jarosa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20677	2013	E. La Jarosa - La Jarosa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20677	2014	E. La Jarosa - La Jarosa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20677	2015	E. La Jarosa - La Jarosa	1	0,4	Bueno o superior	4,6	Bueno o superior	6,5	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,85	Bueno o superior
20675	2012	E. La Tajera - Tajuña	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20675	2013	E. La Tajera - Tajuña	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20675	2014	E. La Tajera - Tajuña	7	0,7	Bueno o superior	1,9	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,2	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20675	2015	E. La Tajera - Tajuña	7	0,4	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	1	Bueno o superior
20679	2012	E. La Tosca - Cuervo	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20679	2013	E. La Tosca - Cuervo	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20679	2014	E. La Tosca - Cuervo	7	0,6	Bueno o superior	3,5	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,4	Bueno o superior	0,95	Bueno o superior
20679	2015	E. La Tosca - Cuervo	7	2,1	Bueno o superior	2,2	Bueno o superior	0	Bueno o superior	0,1	Bueno o superior	0,9	Bueno o superior
20763	2012	E. Molano - Pontones	4	190,8	Peor que bueno	58,1	Peor que bueno	4,7	Bueno o superior	12,1	Peor que bueno	0,36	Peor que bueno
20763	2013	E. Molano - Pontones	4	9,6	Peor que bueno	34,6	Peor que bueno	2	Bueno o superior	39,7	Peor que bueno	0,44	Peor que bueno
20763	2014	E. Molano - Pontones	4	21,1	Malo	64,5	Malo	82	Malo	289,3	Malo	0,11	Malo
20763	2015	E. Molano - Pontones	4	57,6	Malo	79,1	Malo	91,8	Malo	148,4	Moderado	0,15	Malo

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20676	2012	E. Navacerrada - Navacerrada	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20676	2013	E. Navacerrada - Navacerrada	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20676	2014	E. Navacerrada - Navacerrada	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20676	2015	E. Navacerrada - Navacerrada	1	0,4	Bueno o superior	2,7	Bueno o superior	38,3	Moderado	13	Bueno o superior	0,72	Bueno o superior
20685	2012	E. Navalcán - Guadyerbás	1	21,1	Peor que bueno	121,4	Peor que bueno	65,8	Peor que bueno	40,5	Peor que bueno	0,22	Peor que bueno
20685	2013	E. Navalcán - Guadyerbás	1	7,3	Peor que bueno	30,7	Peor que bueno	71	Peor que bueno	17,8	Peor que bueno	0,28	Peor que bueno
20685	2014	E. Navalcán - Guadyerbás	1	30,1	Malo	150,1	Malo	62,8	Deficiente	39,5	Moderado	0,22	Deficiente
20685	2015	E. Navalcán - Guadyerbás	1	109,1	Malo	78,7	Malo	99,2	Malo	311,4	Malo	0,06	Malo
20689	2012	E. Navamuño - Fuente Santa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20689	2013	E. Navamuño - Fuente Santa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20689	2014	E. Navamuño - Fuente Santa	1	0,5	Bueno o superior	2,6	Bueno o superior	3,7	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,89	Bueno o superior
20689	2015	E. Navamuño - Fuente Santa	1	0,2	Bueno o superior	0,4	Bueno o superior	24,4	Moderado	3	Bueno o superior	0,85	Bueno o superior
20764	2012	E. Pajarero - Pajarero	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20764	2013	E. Pajarero - Pajarero	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20764	2014	E. Pajarero - Pajarero	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20764	2015	E. Pajarero - Pajarero	1	0,6	Bueno o superior	1	Bueno o superior	8	Bueno o superior	104,8	Moderado	0,73	Bueno o superior
20696	2012	E. Pálmaces - Cañamares	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20696	2013	E. Pálmaces - Cañamares	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20696	2014	E. Pálmaces - Cañamares	7	0,4	Bueno o superior	5,3	Bueno o superior	3	Bueno o superior	1,6	Bueno o superior	0,89	Bueno o superior
20696	2015	E. Pálmaces - Cañamares	7	0,4	Bueno o superior	3,3	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,96	Bueno o superior
20762	2012	E. Petit I - Pantones	4	34,6	Peor que bueno	142,5	Peor que bueno	94,2	Peor que bueno	184,2	Peor que bueno	0,11	Peor que bueno
20762	2013	E. Petit I - Pantones	4	12,9	Peor que bueno	46,8	Peor que bueno	59,1	Peor que bueno	13,1	Peor que bueno	0,28	Peor que bueno
20762	2014	E. Petit I - Pantones	4	20	Malo	58,2	Malo	87	Malo	194,7	Deficiente	0,14	Malo
20762	2015	E. Petit I - Pantones	4	85,4	Malo	47,2	Malo	96	Malo	89,4	Moderado	0,18	Malo
20712	2012	E. Picadas 1 - Alberche	5	-	-	10,9	Peor que bueno	-	-	-	-	-	-
20712	2013	E. Picadas 1 - Alberche	5	-	-	14	Peor que bueno	-	-	-	-	-	-
20712	2014	E. Picadas 1 - Alberche	5	4,1	Moderado	10	Bueno o superior	47	Moderado	240,1	Deficiente	0,36	Deficiente
20712	2015	E. Picadas 1 - Alberche	5	1,7	Bueno o superior	7,9	Bueno o superior	8,1	Bueno o superior	60,3	Moderado	0,71	Bueno o superior
20674	2012	E. Pinilla - Lozoya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm ³ /l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20674	2013	E. Pinilla - Lozoya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20674	2014	E. Pinilla - Lozoya	1	3,8	Deficiente	18,1	Deficiente	10,3	Moderado	6	Bueno o superior	0,49	Moderado
20674	2015	E. Pinilla - Lozoya	1	2,4	Moderado	6,8	Bueno o superior	60,1	Deficiente	3,7	Bueno o superior	0,56	Moderado
20680	2012	E. Plasencia - Jerte	1	2,8	Peor que bueno	10,4	Peor que bueno	1,8	Bueno o superior	9,7	Bueno o superior	0,63	Bueno o superior
20680	2013	E. Plasencia - Jerte	1	1,2	Bueno o superior	11	Peor que bueno	4,7	Bueno o superior	7,7	Bueno o superior	0,67	Bueno o superior
20680	2014	E. Plasencia - Jerte	1	1,8	Bueno o superior	5,4	Bueno o superior	24	Moderado	37,4	Moderado	0,59	Moderado
20680	2015	E. Plasencia - Jerte	1	1,8	Bueno o superior	5,2	Bueno o superior	21,7	Moderado	22,5	Moderado	0,6	Bueno o superior
20681	2012	E. Portaje - Fresnedosa	4	0,8	Bueno o superior	8,2	Bueno o superior	1,1	Bueno o superior	7,2	Bueno o superior	0,75	Bueno o superior
20681	2013	E. Portaje - Fresnedosa	4	5	Peor que bueno	6,4	Bueno o superior	0,7	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,71	Bueno o superior
20681	2014	E. Portaje - Fresnedosa	4	0,6	Bueno o superior	5,2	Bueno o superior	16,1	Moderado	2,8	Bueno o superior	0,74	Bueno o superior
20681	2015	E. Portaje - Fresnedosa	4	5	Deficiente	8,9	Bueno o superior	5,2	Bueno o superior	2,3	Bueno o superior	0,74	Bueno o superior
20760	2012	E. Portiña - Portiña	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20760	2013	E. Portiña - Portiña	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20760	2014	E. Portiña - Portiña	4	0,4	Bueno o superior	6,1	Bueno o superior	7,9	Bueno o superior	44,6	Moderado	0,7	Bueno o superior
20760	2015	E. Portiña - Portiña	4	0,8	Bueno o superior	3	Bueno o superior	50,6	Moderado	14,7	Bueno o superior	0,82	Bueno o superior
20694	2012	E. Presa del Rey - Jarama	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20694	2013	E. Presa del Rey - Jarama	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20694	2014	E. Presa del Rey - Jarama	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20694	2015	E. Presa del Rey - Jarama	11	2,7	Moderado	7	Moderado	0	Bueno o superior	5,4	Bueno o superior	0,68	Bueno o superior
20699	2012	E. Puentes Viejas - Lozoya	1	0,2	Bueno o superior	5	Bueno o superior	0,4	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,91	Bueno o superior
20699	2013	E. Puentes Viejas - Lozoya	1	1,4	Bueno o superior	6,8	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,81	Bueno o superior
20699	2014	E. Puentes Viejas - Lozoya	1	0,2	Bueno o superior	3,6	Bueno o superior	19,8	Moderado	39,4	Moderado	0,71	Bueno o superior
20699	2015	E. Puentes Viejas - Lozoya	1	1,5	Bueno o superior	6,4	Bueno o superior	17,7	Moderado	1,4	Bueno o superior	0,69	Bueno o superior
20700	2012	E. Riosequillo - Lozoya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20700	2013	E. Riosequillo - Lozoya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20700	2014	E. Riosequillo - Lozoya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20700	2015	E. Riosequillo - Lozoya	1	0,2	Bueno o superior	9,7	Moderado	6,8	Bueno o superior	17,4	Moderado	0,72	Bueno o superior
20714	2012	E. Rivera de Gata - Gata	1	1,8	Bueno o superior	20,3	Peor que bueno	82,3	Peor que bueno	17,2	Peor que bueno	0,4	Peor que bueno

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm³/l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20714	2013	E. Rivera de Gata - Gata	1	0,6	Bueno o superior	52,8	Peor que bueno	71,5	Peor que bueno	30,2	Peor que bueno	0,42	Peor que bueno
20714	2014	E. Rivera de Gata - Gata	1	0,2	Bueno o superior	5,9	Bueno o superior	22,5	Moderado	3,3	Bueno o superior	0,76	Bueno o superior
20714	2015	E. Rivera de Gata - Gata	1	2,6	Moderado	6,8	Bueno o superior	2,5	Bueno o superior	1,3	Bueno o superior	0,73	Bueno o superior
20717	2012	E. Rosarito - Tiétar	3	25,5	Peor que bueno	52	Peor que bueno	85,4	Peor que bueno	18,8	Peor que bueno	0,21	Peor que bueno
20717	2013	E. Rosarito - Tiétar	3	1,2	Bueno o superior	71,6	Peor que bueno	47,7	Peor que bueno	2,6	Bueno o superior	0,5	Peor que bueno
20717	2014	E. Rosarito - Tiétar	3	249,7	Malo	124,4	Malo	96	Malo	173,1	Deficiente	0,11	Malo
20717	2015	E. Rosarito - Tiétar	3	78,8	Malo	45,1	Malo	96,1	Malo	117,6	Moderado	0,15	Malo
20727	2012	E. Salor - Salor	4	42,6	Peor que bueno	286,9	Peor que bueno	12,6	Peor que bueno	12,3	Peor que bueno	0,31	Peor que bueno
20727	2013	E. Salor - Salor	4	15,6	Peor que bueno	81,3	Peor que bueno	12,5	Peor que bueno	3,4	Bueno o superior	0,4	Peor que bueno
20727	2014	E. Salor - Salor	4	84	Malo	102,8	Malo	84	Malo	170,9	Deficiente	0,13	Malo
20727	2015	E. Salor - Salor	4	37	Malo	89,4	Malo	78,5	Deficiente	12,5	Bueno o superior	0,31	Deficiente
20711	2012	E. San Juan - Alberche	5	0,9	Bueno o superior	8	Bueno o superior	1,5	Bueno o superior	73,7	Peor que bueno	0,69	Bueno o superior
20711	2013	E. San Juan - Alberche	5	1	Bueno o superior	11,1	Peor que bueno	2,3	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,77	Bueno o superior
20711	2014	E. San Juan - Alberche	5	2,5	Bueno o superior	4,6	Bueno o superior	43	Moderado	130,2	Moderado	0,49	Moderado
20711	2015	E. San Juan - Alberche	5	0,7	Bueno o superior	10,1	Bueno o superior	33,5	Bueno o superior	33,1	Bueno o superior	0,73	Bueno o superior
20704	2012	E. Santillana - Manzanares	1	3,7	Peor que bueno	29,1	Peor que bueno	0,8	Bueno o superior	64	Peor que bueno	0,5	Peor que bueno
20704	2013	E. Santillana - Manzanares	1	2,8	Peor que bueno	17,4	Peor que bueno	12,3	Peor que bueno	3,5	Bueno o superior	0,55	Peor que bueno
20704	2014	E. Santillana - Manzanares	1	17,6	Malo	34,7	Malo	2	Bueno o superior	5,8	Bueno o superior	0,48	Moderado
20704	2015	E. Santillana - Manzanares	1	2,3	Moderado	4,4	Bueno o superior	4,1	Bueno o superior	0,5	Bueno o superior	0,75	Bueno o superior
20688	2012	E. Torcón - Torcón	10	5,7	Peor que bueno	43,2	Peor que bueno	14,1	Bueno o superior	3,8	Bueno o superior	0,45	Peor que bueno
20688	2013	E. Torcón - Torcón	10	17,8	Peor que bueno	21,1	Peor que bueno	1,5	Bueno o superior	0,3	Bueno o superior	0,56	Peor que bueno
20688	2014	E. Torcón - Torcón	10	26,3	Malo	16,3	Deficiente	81,4	Malo	45,1	Moderado	0,24	Deficiente
20688	2015	E. Torcón - Torcón	10	73,5	Malo	18,2	Deficiente	98,5	Malo	283,6	Malo	0,1	Malo
20683	2012	E. Torrejón - Tajo	12	2,1	Bueno o superior	52,4	Peor que bueno	31,5	Peor que bueno	30,4	Peor que bueno	0,45	Peor que bueno
20683	2013	E. Torrejón - Tajo	12	10,5	Peor que bueno	76,3	Peor que bueno	57,9	Peor que bueno	165	Peor que bueno	0,22	Peor que bueno
20683	2014	E. Torrejón - Tajo	12	10,9	Deficiente	25,4	Deficiente	87	Malo	211,5	Deficiente	0,16	Malo
20683	2015	E. Torrejón - Tajo	12	0,7	Bueno o superior	5,6	Bueno o superior	91,7	Malo	112,2	Moderado	0,55	Moderado

Cód. Punto	Año	Nombre punto control	Tipo	Biovol mm ³ /l	Biovol EQR N	Clorofila µg/l	Clorofila EQR N	Ciano-bact %	Ciano-bacterias EQR N	IGA	Valoración IGA EQR N	Combinación valores métricas transformados	Potencial ecológico
20687	2012	E. Torrejón - Tiétar	11	13,4	Peor que bueno	150,6	Peor que bueno	28,2	Peor que bueno	216,2	Peor que bueno	0,25	Peor que bueno
20687	2013	E. Torrejón - Tiétar	11	17,7	Peor que bueno	167,6	Peor que bueno	25,5	Bueno o superior	61,6	Peor que bueno	0,31	Peor que bueno
20687	2014	E. Torrejón - Tiétar	11	11,3	Malo	15,1	Deficiente	18	Bueno o superior	39,5	Moderado	0,41	Moderado
20687	2015	E. Torrejón - Tiétar	11	19,2	Malo	63,3	Malo	82,7	Malo	14,9	Moderado	0,21	Deficiente
20720A	2012	E. Valdecañas 1 - Tajo	12	47,2	Peor que bueno	16,3	Peor que bueno	0,1	Bueno o superior	24	Peor que bueno	0,46	Peor que bueno
20720A	2013	E. Valdecañas 1 - Tajo	12	5,2	Peor que bueno	113,7	Peor que bueno	1,5	Bueno o superior	6,4	Bueno o superior	0,48	Peor que bueno
20720A	2014	E. Valdecañas 1 - Tajo	12	8	Deficiente	14,4	Moderado	77	Deficiente	335,5	Malo	0,17	Malo
20720A	2015	E. Valdecañas 1 - Tajo	12	25,8	Malo	75,8	Malo	60,4	Deficiente	27,9	Bueno o superior	0,29	Deficiente
20715	2012	E. Valdeobispo - Alagón	3	0,3	Bueno o superior	5	Bueno o superior	24,4	Peor que bueno	6,5	Bueno o superior	0,74	Bueno o superior
20715	2013	E. Valdeobispo - Alagón	3	3,9	Peor que bueno	6,8	Bueno o superior	1,7	Bueno o superior	14,2	Peor que bueno	0,61	Bueno o superior
20715	2014	E. Valdeobispo - Alagón	3	10	Moderado	7,2	Bueno o superior	27	Moderado	10,7	Bueno o superior	0,46	Moderado
20715	2015	E. Valdeobispo - Alagón	3	0,9	Bueno o superior	4,3	Bueno o superior	3,4	Bueno o superior	44,9	Moderado	0,71	Bueno o superior
20707	2012	E. Valmayor - Aulencia	1	2,5	Peor que bueno	6	Bueno o superior	7,2	Bueno o superior	2,7	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior
20707	2013	E. Valmayor - Aulencia	1	7,8	Peor que bueno	34,5	Peor que bueno	1,3	Bueno o superior	0,8	Peor que bueno	0,45	Peor que bueno
20707	2014	E. Valmayor - Aulencia	1	10,7	Malo	12,6	Moderado	0	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior
20707	2015	E. Valmayor - Aulencia	1	9,7	Malo	28,6	Deficiente	33,2	Moderado	137,1	Moderado	0,29	Deficiente
20691	2012	E. Zorita - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20691	2013	E. Zorita - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20691	2014	E. Zorita - Tajo	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20691	2015	E. Zorita - Tajo	11	0,1	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior	0,8	Bueno o superior

POTENCIAL ECOLÓGICO
DE LOS EMBALSES EN LA CUENCA
HIDROGRÁFICA DEL TAJO
2012 / 2015

