



**FACULTAD DE CIENCIAS**

**GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**EFFECTOS DE LA RESTAURACIÓN FLUVIAL DEL RÍO  
MANZANARES AGUAS ABAJO DE LA PRESA DE EL PARDO**

Autor: Laura Paunero del Río  
Tutor/es: Eugenio Molina Navarro y Antonio Sastre Merlín

2022

Para poder concluir con determinación y crecer el Grado de Ciencias Ambientales, quiero agradecer con un sentimiento total de plenitud y gratificación, a todos y todas los que han formado parte de una de las mejores épocas académicas de mi vida, pero sobre todo por ayudarme a convertirme en la persona que siempre he aspirado ser.

En primer lugar, con todo mi cariño agradecerles a mis padres y a mis hermanas por animarme a conseguir mis metas y mis ambiciones. Gracias a la ternura y paciencia desmesurada de Patricia que ha levantado mi energía día a día, a Nacho, por su actitud y apoyo incondicional en cada paso que he dado, y a Paula y Ana por hacerme superar mis propios límites.

En El Pardo disfruté de una infancia feliz y única, para mí es el lugar donde comencé a observar la naturaleza y a aprender de ella. Por lo que quiero agradecer a mis tutores, Eugenio y Antonio, por darme la oportunidad de realizar este trabajo que para mí tiene un significado tan especial y sin los cuales no hubiese sido posible.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer con todo mi corazón a todos mis amigos de Costa Rica por hacerme crecer como investigadora y por enseñarme a vivir de la mano de la ciencia. Pero, sobre todo, gracias por demostrarme que la implicación, el esfuerzo y la constancia terminan haciendo realidad tus sueños.

Ser como el río que fluye  
adentro de la noche, silencioso.  
No temer las tinieblas de la noche.  
Si en el cielo hay estrellas, reflejarlas.  
Y si en el cielo se amontonan nubes,  
como el río, las nubes son de agua,  
reflejarlas también sin afligirse  
en la tranquilidad de lo profundo.

“Manuel Bandeira, 2019”

## **Resumen**

La creciente y desmesurada presión antrópica sobre los sistemas hidrológicos conforma una problemática ambiental a la que se enfrentan las generaciones actuales. Existe una demanda de agua y una búsqueda de calidad continua por parte de la población, condicionando a las instituciones a implantar medidas en su gestión que aseguren su conservación y sostenibilidad. La Directiva Marco del Agua marca el comienzo de una era enfocada en lograr un buen estado ecológico de las masas de agua europeas.

El río Manzanares es el sistema hidrológico principal de la ciudad de Madrid y, desde siglos pasados, soporta innumerables afecciones en todos sus elementos naturales, estando catalogado como masa de agua muy modificada. En este Trabajo Fin de Grado se evalúa la posible variación en la calidad del tramo del río restaurado en el año 2016, situado aguas abajo del embalse de El Pardo. Se han analizado los indicadores de calidad referidos en la legislación vigente para determinar el potencial ecológico, antes y después de la restauración.

Los resultados reflejan un potencial ecológico global deficiente. No se observan diferencias significativas después del proyecto de restauración fluvial, pero se han encontrado variaciones relevantes a partir del año 2016 en algunos indicadores de manera individual, observando mejoras en la calidad fisicoquímica del agua y un sutil incremento de los índices IBMW e IPS. Será necesario contemplar futuros estudios que abarquen periodos temporales más extensos, determinando con mayor certeza las posibles mejoras venideras.

**Palabras clave:** Calidad del agua, El Pardo, potencial ecológico, restauración fluvial, río Manzanares.

## **Abstract**

The growing and disproportionate anthropic pressure on hydrological systems is an environmental problem faced by current generations. There is a demand for water and a continuous search for quality by the society, requiring institutions to implement water management measures to ensure its conservation and sustainability. The Water Framework Directive marks the beginning of an era focused on achieving a good ecological status of European water bodies.

The Manzanares River is the main hydrological system of the city of Madrid and, for centuries, it has suffered many affections in all its natural elements, being classified as a highly modified water body. This Final Degree Project evaluates the possible variation in the quality of the section of the river restored in 2016, located downstream the El Pardo Reservoir. The quality indicators referred in the current legislation have been analysed to determine the ecological potential, before and after the restoration.

The results reveal an overall poor ecological potential. No significant differences were observed after the river restoration project. However, relevant variations have been found as of 2016 in some indicators individually, with improvements in the physicochemical water quality and a subtle increase in the IBMW and IPS indices. It will be necessary to contemplate future studies covering longer time periods, determining with greater certainty the possible improvements to come.

**Key words:** Ecological potential, El Pardo, Manzanares River, river restoration, water quality.

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

CEDEX - Centro de Estudios Hidrográficos

CEMAS - Control del Estado de las Masas de Agua Superficial

CHT - Confederación Hidrográfica del Tajo

CÓD. EST. SPF - Código de la Demarcación Hidrográfica del Tajo para la estación

CÓD. PUNTO - Código Europeo de la Estación.

CR- Condición de Referencia

DMA - Directiva Marco del Agua

ENRR - Estrategia Nacional de Restauración de Ríos

FQ - Físicoquímico

IBMWP - Iberian Biomonitoring Working Party

IPS - Índice de Polusensibilidad Específica

QBR - Calidad del bosque de Ribera

RCE - Ratio de Calidad Ecológica

ZEC - Zona de Especial Conservación

ZEPA – Zona de Especial Protección para las Aves

## ÍNDICE

|   |         |
|---|---------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                  | Pág. 1  |
| <b>2. MATERIALES Y METODOLOGÍA</b>      |         |
| <b>2.1. Descripción área de estudio</b> | Pág. 6  |
| <b>2.2. Recopilación de datos</b>       | Pág. 9  |
| <b>2.3. Análisis de los datos</b>       | Pág. 10 |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>        | Pág. 11 |
| <b>4. CONCLUSIONES</b>                  | Pág. 16 |
| <b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>    | Pág. 17 |
| <b>6. ANEXOS</b>                        |         |
| <b>Anexo I</b>                          | Pág. 23 |
| <b>Anexo II</b>                         | Pág. 25 |
| <b>Anexo III</b>                        | Pág. 27 |
| <b>Anexo IV</b>                         | Pág. 29 |
| <b>Anexo V</b>                          | Pág. 31 |
| <b>Anexo VI</b>                         | Pág. 33 |
| <b>Anexo VII</b>                        | Pág. 36 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un bien preciado, pero no todo el mundo es consciente de ello. Su cuidado y protección es una necesidad con la que la humanidad debe cumplir, pues la calidad de vida de las personas depende en buena medida de la calidad que posea el agua. La importancia de la calidad del agua ha quedado reflejada en numerosos actos internacionales a lo largo del siglo pasado y principios de éste. Por ejemplo, en el año 1977 tuvo lugar la primera Conferencia Mundial sobre el Agua en Mar del Plata (Argentina).

En el año 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la Red-DESC estableció la Observación General nº15 sobre el derecho al agua; en su artículo I.1 se considera que el derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna. Este reconocimiento formal del agua como un derecho y su aceptación social fueron un comienzo para incentivar a la civilización a la realización de acciones y medidas que fomenten la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (IUCN,2004).

Además de considerar el agua como un derecho y un recurso que debe protegerse, el ser humano debe conservar también los ecosistemas dependientes del mismo. La Convención para la Protección del Patrimonio Cultural y Natural (UNESCO, 1972) ya hizo referencia a esta necesidad, indicando el deber de llevar a cabo mejoras y conservar los entornos naturales para poder brindar a las generaciones venideras un buen estado de los ecosistemas acuáticos. Los ríos desempeñan un papel tan valioso en la naturaleza como problemático para la ordenación del territorio. Debido a su gran dinamismo son considerados dentro del patrimonio natural como sistemas únicos e irremplazables, pero también son los sistemas más perturbados y presionados. Según Tockner y Stanford (2002), los ríos y sus riberas se consideran los ecosistemas más degradados y amenazados. Por consiguiente, la humanidad tiene la obligación ética y moral de promover la recuperación natural de aquellos lugares afectados por efectos antrópicos que lleven desarrollándose desde siglos pasados.



Debido a la creciente y desmesurada presión de una continua demanda de agua y la búsqueda de calidad, surge la necesidad de implantar medidas en su gestión que aseguren su sostenibilidad. En el año 2000 nace la Directiva Marco del Agua (DMA) como respuesta a esta necesidad de unificar y proteger su gestión en la Unión Europea. Supuso el primer consenso en el que se sentaron fundamentos principales de gestión moderna de los recursos hídricos (DMA, DOCE núm. 327, 2000), presumiendo un cambio de paradigma en lo relativo a la gestión de los cauces fluviales y a la determinación de la calidad del agua (Embid, 2006; Molina-Navarro et al., 2014), propiciando así una nueva era que pretende lograr un buen estado ecológico en todas las masas de agua de la Unión Europea, estableciendo objetivos medioambientales afines entre los Estados Miembros que podrán navegar juntos en la gestión de actuaciones de conservación de los ecosistemas acuáticos.

La recuperación de los espacios ambientales degradados y la búsqueda de una gestión sostenible para cualquier recurso debe ser prioritaria y promovida por las competencias correspondientes, incentivando a la población por medio de proyectos conservacionistas a preservar el medioambiente. Sin embargo, a pesar de las indicaciones de numerosos organismos y entidades, los ecosistemas acuáticos en general, y los ríos en particular, están gravemente afectados por diversas actividades humanas como la agricultura, los cambios de uso del suelo, la construcción, la gestión de embalses, los vertidos y el tratamiento de aguas residuales (Bates et al., 2008). La presión antrópica ha deteriorado innumerables hábitats de manera desmesurada, el crecimiento demográfico e industrial y las nuevas praxis, cada vez deterioran más el medio natural. Es necesario tomar medidas para solventar esta problemática ambiental cuanto antes. La restauración fluvial es una de esas medidas que fomentan actuaciones y proyectos para favorecer la recuperación de la salud de los ecosistemas fluviales y su biodiversidad, permitiendo así la coexistencia entre la naturaleza y la humanidad.

Una de las presiones más relevantes a las que se enfrentan los ecosistemas fluviales es la alteración morfológica de los cauces. Actualmente existen técnicas y criterios científicos suficientes para poder incidir de la manera menos agresiva

sobre los ríos y sus cauces (Downs y Gregory, 2004). El problema comienza cuando socialmente no se abarcan las necesidades ecológicas del río y se tiende a demandar actuaciones que presionan y desestabilizan en su totalidad al sistema natural, promoviendo técnicas de ingeniería convencional que poseen una auténtica carencia en términos de conservación y de sensibilidad. La falta de conocimiento en las actuaciones ejecutadas por parte de las administraciones desde mediados del siglo XX ha propiciado unas condiciones en la funcionalidad de los ríos difícil de remediar. Esto se debe a esa falta de conocimiento sobre las funciones hidrológicas y geodinámicas que abarca cualquier sistema fluvial (Gonzalo, L.E. et al., 2010), condicionando una mala gestión y la ejecución errónea de medidas que destruyen los ecosistemas naturales.

La coexistencia entre el carácter ocasional, diverso e irregular de los ríos y el permanente, uniforme y geométrico de los elementos urbanos, es un hándicap para la conservación de cualquier curso fluvial (Ureña, J.M. y Ollero, A., 2000). El principal problema para posibilitar una restauración fluvial es la complejidad tan grande que poseen los sistemas hidrológicos, los embalses, la apropiación de los suelos colindantes que forman parte de la ribera, la falta de trabajos de investigación que sirvan de antecedentes en los ámbitos mediterráneos y los numerosos intereses administrativos y sociales, todo lo cual hace que restaurar un ámbito fluvial sea un proceso complicado y tedioso a la hora de desarrollar cualquier proyecto (CIREF, 2010).

En definitiva, llevar a cabo una auténtica restauración es una tarea complicada que alberga diferentes problemáticas a contemplar. La mayoría de las acciones y actividades antrópicas son muy abrasivas con el medio ambiente y resultan incompatibles, se debería modificar o trasladar todo lo que invada y condicione al entorno, lo cual resulta social y económicamente difícil, por no decir imposible. Se ha buscado la manera de abarcar esta problemática por medio de recabar información y realizar guías metodológicas para elaborar proyectos (González del Tánago, M. & García de Jalón, D., 2007) y estrategias de restauración, como la ENRR. Definiendo tanto los tipos de actuaciones, como los principales objetivos necesarios para poder impulsar la gestión actual de los ríos, fomentando la integración de estos proyectos en las políticas de uso y gestión

del territorio, con criterios de sostenibilidad, de tal forma que las administraciones se vean presionadas a cumplir con los acuerdos establecidos en la Directiva Marco del Agua. Fomentar la participación ciudadana e implicar a los colectivos sociales es otro de los objetivos que abarca cualquier proyecto ambiental, aumentando la percepción social de los problemas asociados a los ríos relacionados con las presiones existentes.

El objetivo de la restauración debe ser recuperar la funcionalidad ecológica del sistema. Así, en el caso de una restauración fluvial, el río alcanzará después de ésta su resiliencia. Para determinar el estado ecológico, es necesario analizar y valorizar los parámetros que condicionan la recuperación del sistema, la continuidad del flujo, la conexión entre el cauce y los hábitats colindantes que se encuentran conectados, la recuperación del territorio propio del río (es decir, de la llanura de inundación) y, por último, que disponga de una buena calidad del agua. Estos son los principales procesos funcionales de un río (MITECO, 2022). Para evaluar el éxito de una restauración es necesario determinar si el estado ecológico del entorno rehabilitado ha mejorado. Analizando indicadores de calidad biológica, fisicoquímica e hidromorfológica (Real Decreto 817/2015), podrá evaluarse dicha mejora realizando una comparación de los datos antes y después de la actuación de restauración. Una vez el sistema comience a recuperar todas sus funciones y procesos, la sociedad podrá beneficiarse de los bienes y servicios que aporta.

Uno de los ríos que se ha visto sometido a la problemática anteriormente descrita es el río Manzanares a su paso por la ciudad de Madrid. Su cuenca se compone de parajes muy diferenciados que hacen de éste un río singular en el que se encuentran desde grandes cumbres nevadas al norte, en la sierra, hasta páramos prácticamente desérticos en el sur de la cuenca. Sin embargo, la calidad ecológica del río se ha visto cada vez más afectada debido a todas las actividades antrópicas que soporta y ha soportado. Por ello, promover acciones de conservación y recuperación es un hecho al que las administraciones y entidades deben comprometerse. La capital española ignoró la gestión ecológica del río y las perturbaciones e impactos ocasionados en el último siglo por las actividades antrópicas desarrolladas en las inmediaciones del sistema

hidrológico. El río siempre fue considerado una molestia ya que la mitad de su cauce transcurre atravesando totalmente la ciudad. Se buscaba controlar las crecidas mediante construcciones que propiciaron una desnaturalización total del cauce, ocasionando un continuo crecimiento urbano de gran densidad (Parque del río Manzanares, 2013).

En los últimos años se han llevado a cabo diferentes actuaciones en el río, tanto de restauración como de recuperación y renaturalización. En el año 2016 tuvo lugar el proyecto de restauración fluvial del Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo, uno de los encinares más singulares de toda España. Ésta se dividió en dos fases, coordinadas por la Dirección General del Agua y la Confederación Hidrográfica del Tajo del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, con la colaboración de la Oficina Española de Cambio Climático del MAGRAMA, buscando lograr la recuperación ambiental y la adaptación al cambio climático del río. La Fase I abarcó desde el embalse de El Pardo hasta la confluencia del río con el arroyo de la Trofa (**Anexo I - Figura 1**), y las principales acciones que contempló fueron la instalación de una pasarela peatonal, retirada de escombros abandonados., adecuación rampa para peces, eliminación de carrizos (*Arundo donax*) y enneas (*Thypa sp.*) y eliminación del represamiento causado por un tapón de arena en la confluencia Manzanares-Trofa.

La Fase II, representada en color azul (**Anexo I - Figura 2**) abarcó diferentes problemáticas añadidas, condicionadas por numerosos factores antrópicos que han tenido lugar en los siglos pasados, como por ejemplo la antigua Playa de Madrid. Esta fase se comprende desde la desembocadura del Arroyo de la Trofa hasta el Puente de San Fernando, donde el río Manzanares entra en una zona mucho más urbanizada, y sus principales acciones fueron, la eliminación del represamiento causado por el tapón de arena en la confluencia Manzanares-Trofa, la retirada de materiales, el movimiento de tierras, la eliminación de la infraestructura abandonada de la Playa de Madrid y la eliminación de especies vegetales alóctonas invasoras en todo el tramo.

Sin embargo, a pesar de todo el trabajo descrito, no se tiene constancia de que se haya realizado ningún estudio que indique si esta restauración fluvial ha supuesto algún cambio real en el estado ecológico del río Manzanares.

La hipótesis de la que parte este Trabajo Fin de Grado es que la restauración del tramo fluvial del río Manzanares a su paso por El Pardo habría propiciado una mejora de su estado ecológico. El principal objetivo del trabajo es, por tanto, determinar si después de las actuaciones de recuperación llevadas a cabo se observa una mejora en el estado ecológico del río. Para ello, se han perseguido los siguientes objetivos específicos:

- Establecer a qué tipología de masa de agua de la categoría río pertenece este tramo del Manzanares de acuerdo a las directrices de la DMA.
- Localizar las estaciones de aforo y de control de calidad en el río Manzanares que puedan ser representativas para extraer los datos correspondientes y poder compararlos y analizarlos antes y después de la restauración fluvial.
- Evaluar como la restauración ha afectado a cada uno de los indicadores necesarios para determinar el estado ecológico del río.

## **2. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **2.1 Descripción del área de estudio**

El río Manzanares nace en la Sierra de Guadarrama, concretamente en Ventisquero de la Condesa, en La Pedriza, a una altitud de 2010 m.s.n.m. Tiene una longitud de 92 kilómetros, de los cuales 30 aproximadamente discurren desde aguas abajo del embalse de El Pardo hasta el límite Sur del término municipal que limita con Getafe. (Urban-e, 2013), desemboca en el río Jarama, a una altitud de 527 metros. En su recorrido recibe el aporte de más de treinta arroyos, se encuentra condicionado por diversas infraestructuras antrópicas como carreteras, embalses, puentes, presas, vías ferroviarias, edificios, etc. Su cuenca se sitúa biogeográficamente en la región mediterránea ibérico-atlántica, donde se da una cierta diferencia climatológica. La temperatura media anual oscila entre los 3.5°C en las cumbres, y los 13.5°C en su extremo más meridional, viéndose influida por distintas características de la zona como la orografía o la

altitud. Del mismo modo, la precipitación varía desde los 2000 hasta los 450 mm de un extremo a otro de la cuenca (AQUILA a-LIFE, 2022).

En cuanto a la geología, se distinguen dos zonas principales. La región norte se caracteriza básicamente de rocas graníticas y alguna metamórfica, pertenecientes al zócalo hercínico del Sistema Central. La zona sur se compone principalmente por arenas y conglomerados poco compactados, que constituyen las facies detríticas del borde que colmatan la depresión terciaria de Madrid, integrados principalmente por sedimentos arenoso-arcósicos (AQUILA a-LIFE, 2022) derivados de la meteorización del roquedo ígneo y metamórfico del substrato serrano y ulterior transporte, sedimentación y diagénesis en la referida cuenca sedimentaria. El trayecto del río se ve interrumpido por dos embalses principales: el de Santillana, que regula el tramo más alto, y el de El Pardo, que condiciona el carácter no-estacional del río aguas abajo del mismo, pasando de ser un río con periodos de crecida y estiaje a tener un caudal mucho más homogéneo a lo largo del año hidrológico.

La zona de estudio abarca concretamente el sector del río Manzanares donde se desarrolló la restauración aguas abajo del embalse de El Pardo (**Figura 3**). Este tramo entra dentro de las competencias del Ayuntamiento de Madrid, principal responsable de mantener el cuidado de sus márgenes y aguas que recorren el término municipal (Ayuntamiento de Madrid, 2018). Además, el tramo mencionado pertenece al ZEC ES3110004, “Cuenca del río Manzanares” y a la ZEPA ES0000011, “Monte de El Pardo”. Incluye las cuencas de los arroyos de Trofa y Zarzuela como afluentes principales por la margen derecha, y los arroyos de la Vega y del Fresno por la izquierda (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015), siendo el más relevante para los objetivos de este trabajo el arroyo de la Trofa. La confluencia del río Manzanares con el arroyo de la Trofa divide las dos fases de restauración. Debido a la impermeabilización de la cuenca de este arroyo, causada por la alta urbanización, se producen fuertes picos de caudal que alcanzan el Manzanares. Considerando la alta deforestación y la elevada carga cinegética del Monte de El Pardo, se propicia una fuerte erosión del cauce. Este gran aporte de sedimentos origina un embalsamiento, causando una pérdida de vegetación y de ribera (RF. Río Manzanares, 2022).



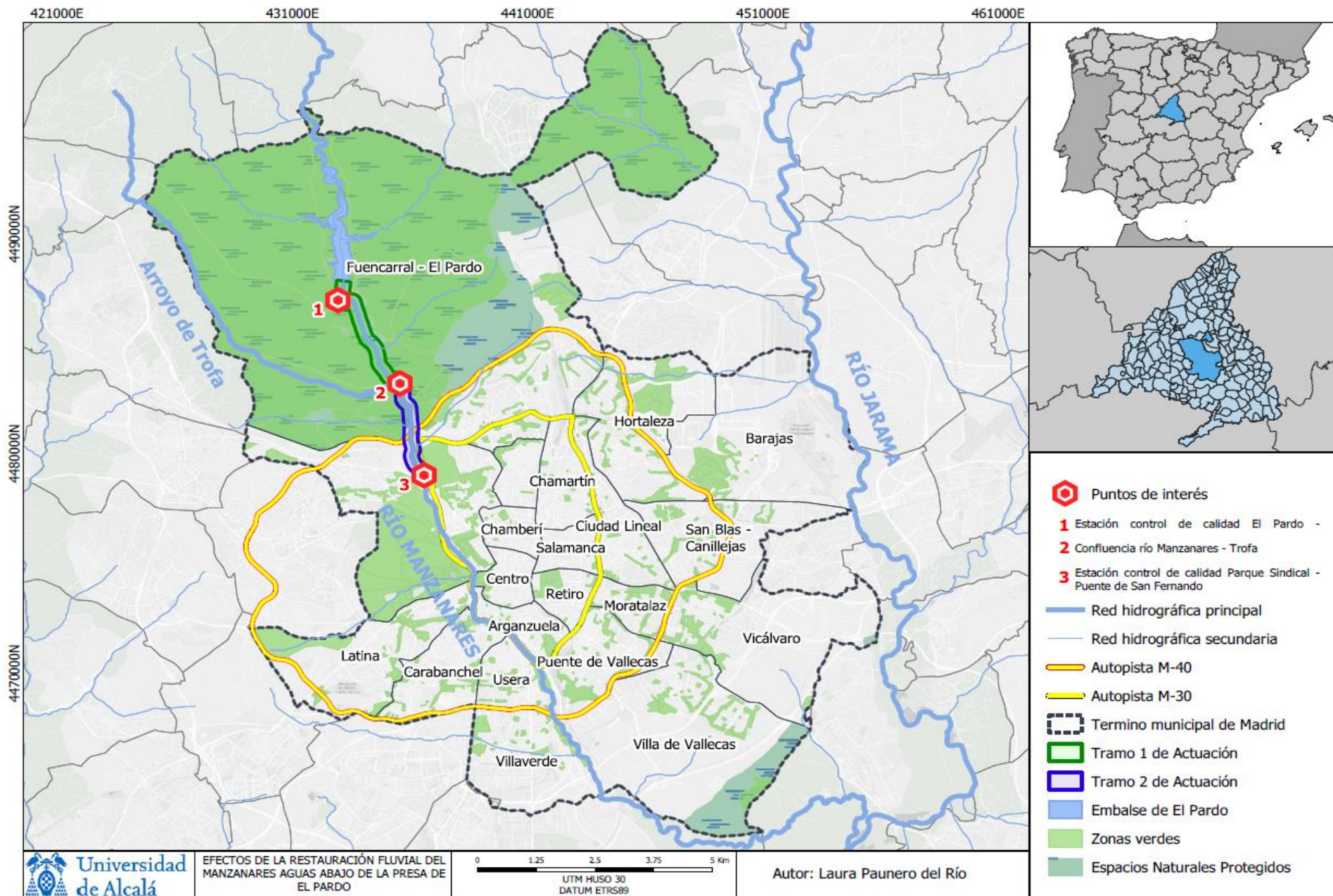


Figura 3: Localización del área de estudio, indicándose los tramos diferenciados de actuación en las dos fases de la restauración.

## 2.2 Recopilación de datos

Para llevar a cabo este trabajo se han seleccionado los datos de dos estaciones de control de calidad de la CHT (red CEMAS), cada una situada en los tramos correspondientes a las distintas fases. La primera estación de control es la que se localiza en el entorno de Mingorrubio, en El Pardo (063) (TA55905003), justo aguas abajo del embalse (**Figura 3**). La segunda en el Puente de San Fernando, en el Parque Sindical (064) (TA53405001), justo en el final de la restauración (**Figura 3**). Los códigos hacen referencia al número de la estación y al CÓD. EST. SPF., respectivamente. Abarcan diferentes periodos: de 2006 a 2020 en la estación del Monte de El Pardo (063) y de 2008 a 2020 en la estación del Parque Sindical (064).

Se ha extraído en cada estación el valor correspondiente a los indicadores (**Tabla 1**) contemplados en el Real Decreto 817/2015 (BOE núm. 219, 2015 artículo 10, anexo II), por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. De cada indicador se ha extraído el valor absoluto y se ha buscado la correspondencia de ese valor con las clases de estado que figuran en el **Anexo II** para la tipología correspondiente a este río.

|             | CALIDAD BIOLÓGICA  |  | CALIDAD FÍSICOQUÍMICA  | CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA          |
|-------------|--|--|--|-----------------------------------|
| ELEMENTOS   | Composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados | Composición y abundancia de flora acuática | Condiciones térmicas y de oxigenación, salinidad, estado de adifricación y nutrientes  | Condiciones morfológicas          |
| INDICADORES | IBMWP  | IPS(diatomeas)                             | pH - Oxígeno disuelto (mg/l) - Amonio (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l) - Fosfatos (mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l) - Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l) - Oxígeno saturado (%) | QBR (Calidad de Bosque de Ribera) |

**Tabla 1.** Elementos de calidad biológica, fisicoquímica e hidromorfológica con sus indicadores referidos en el Real Decreto 817/2015 para la evaluación del estado/potencial ecológico de los ríos.

En el **Anexo III** figura un fragmento del documento elaborado por la CHT del que se ha extraído la mayor parte de los datos. La periodicidad de muestreo para los indicadores biológicos e hidromorfológicos es anual (CHT, 2018). Concretamente, la CHT lleva a cabo las campañas correspondientes a estos indicadores en primavera, cuando los macroinvertebrados y los macrófitos presentan su mayor diversidad y densidad (CHT, 2012). En cambio, para los parámetros fisicoquímicos se realizan varias campañas de muestreo al año,



generalmente trimestrales, calculando después la CHT el promedio anual (CHT, 2018, 2021a). En los indicadores fisicoquímicos que arrojan resultados inferiores al límite de cuantificación, se considera la mitad del valor de dicho límite para el cálculo del promedio anual, tal y como establece el anexo III del Real Decreto 817/2015. En los promedios ya realizados por la CHT no existen datos de todos los años para algunos indicadores fisicoquímicos  $O_2$  (%) y  $PO_4^{3-}$  (mg/l). Para solventar esa problemática, se han consultado las fichas de los análisis individuales (CHT, 2021a) procediendo a calcular las medias aritméticas para estimar el valor anual como se establece en el RD. Los promedios han sido calculados para el periodo 2006-2012 para el  $O_2$  (%) y el periodo 2006-2014 para  $PO_4^{3-}$  (mg/l).

Para conocer el caudal medio anual del río a su paso por el área de estudio se han obtenido dos caudales, el de salida del embalse de El Pardo y el de la estación foronómica 3070 del Parque Sindical, ambos del Anuario de Aforos del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CEDEX, 2020).

### 2.3 Análisis de los datos

El tramo correspondiente al área de estudio se corresponde con la Masa de Agua ES030MSPF0428021 «Río Manzanares», estando catalogada en el Plan Hidrológico como masa de agua de naturaleza «Muy Modificada» (**Anexo IV**). Según la DMA y, en consecuencia, el RD 817/2015, en las masas de agua «Muy Modificada» se debe determinar el “potencial ecológico” y no el “estado ecológico”. Sin embargo, la determinación del potencial ecológico en las masas de agua de la categoría “río” se rige por los mismos criterios que el estado ecológico para ríos no modificados de tipología equivalente, según describe el apartado 3, del artículo 9 del mencionado RD: *“El potencial ecológico de las aguas muy modificadas y artificiales se clasificará como bueno o superior, moderado, deficiente o malo. Para clasificar el potencial ecológico se aplicarán, al menos, los indicadores y valores de los elementos de calidad establecidos en el anexo II C y F. Cuando la masa de agua a evaluar no esté contemplada en dichos apartados, se aplicarán, en la medida de lo posible, los indicadores de los elementos de calidad establecidos en los artículos siguientes, los valores del anexo II y las NCA calculadas para los contaminantes específicos o en su caso,*

las NCA del anexo V para las sustancias preferentes, correspondientes a la categoría o tipo de aguas superficiales naturales a las que más se parezca la masa de agua artificial o muy modificada de que se trate”.

El estado ecológico final (en este caso, el potencial ecológico) de cualquier sistema fluvial siempre está condicionado por el peor de los estados en los distintos índices, determinando el más deficiente el potencial ecológico final. La evaluación del potencial ecológico se ha desarrollado, por tanto, según el proceso iterativo expuesto en el anexo III del Real Decreto 817/2015. (**Anexo V**). Los indicadores han sido representados gráficamente para analizar la tendencia y la evolución a lo largo del tiempo, determinando finalmente si el potencial ecológico de este tramo del río Manzanares mejora o empeora después de acometer el proyecto de restauración fluvial.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tramo del río Manzanares a su paso por Madrid está caracterizado con la tipología R.T-15, denominada “Eje mediterráneo-continental poco mineralizado” (**Anexo VI**). El río Manzanares es un sistema fluvial que, debido a todas las afecciones antrópicas que ha sufrido, ha perdido su estado natural, y recibe por tanto la clasificación de masa de agua de naturaleza «Muy Modificada» por parte de la CHT, como se explica en el apartado 2.3 de este trabajo. No se puede, por tanto, determinar el estado ecológico del mismo, sino su potencial ecológico.

La **Figura 4** muestra el potencial ecológico final obtenido en las dos estaciones de muestreo consideradas, después de analizar cada indicador de calidad. Los indicadores que muestran una peor calidad son los biológicos (**Anexo VII**), condicionando totalmente el potencial ecológico final, y por tanto obteniendo rangos de calidad global muy baja en ambas localizaciones.

| AÑO  | EL PARDO (063) | P. SINDICAL (064) |
|------|----------------|-------------------|
| 2006 | ■              | ■                 |
| 2007 | ■              | ■                 |
| 2008 | ■              | ■                 |
| 2009 | ■              | ■                 |
| 2010 | ■              | ■                 |
| 2013 | ■              | ■                 |
| 2014 | ■              | ■                 |
| 2015 | ■              | ■                 |
| 2016 | ■              | ■                 |
| 2017 | ■              | ■                 |
| 2018 | ■              | ■                 |
| 2019 | ■              | ■                 |
| 2020 | ■              | ■                 |

Figura 4. Potencial ecológico de las estaciones de control Red CEMAS, El Pardo (063) y Parque Sindical (064)

(■) Moderado. (■) Deficiente. (■) Malo.  
(■) Sin datos del potencial ecológico.

Las estaciones están separadas por un tramo de aproximadamente unos 12 km, en el que se encuentra la población de El Pardo, que se asienta en las inmediaciones del río. Además, también hay presentes numerosos clubs de ocio en los márgenes fluviales de dicho transecto, como por ejemplo el Club deportivo El Pardo Salas, el Tejar de Somontes o el Hipódromo de la Zarzuela. Es posible que parte de las aguas residuales que se producen en estas localizaciones puedan alcanzar el cauce fluvial, pudiendo ser uno de los factores causantes de la obtención de, generalmente, peores valores en los diferentes indicadores analizados en la estación del Parque Sindical, situada más aguas abajo (**Anexo VII**). Entre las dos estaciones se localizan, además, arroyos de relevancia, como el de la Trofa que sufre el síndrome de la cuenca urbanizada. Ello podría suponer una descarga de contaminantes y sustancias en el río Manzanares que podrían también incidir en estas diferencias entre estaciones para los valores de los indicadores individuales. En el potencial ecológico global, sin embargo, no se observa tan palpablemente esa diferencia. Esto se debe a que viene determinado por el peor valor obtenido en las distintas categorías, coincidiendo siempre además con el potencial biológico (**Anexo VII**). Estos condicionantes podrían además estar enmascarando la posible mejora de la calidad del ecosistema fluvial esperada tras las labores de restauración.

A pesar de no poder concluir diferencias significativas en el potencial ecológico global del río, sí se observa cómo de manera individual algunos indicadores divergen a lo largo de los años estudiados. Los compuestos nitrogenados son unos de estos indicadores. Coincidiendo con el final de actuaciones de restauración realizadas se puede observar un claro crecimiento de  $\text{NO}_3^-$  en la estación 064 (**Figura 6**), mientras que en la 063 se contemplan valores mucho más uniformes (**Figura 7**). El amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) muestra en la estación 064 un patrón opuesto al  $\text{NO}_3^-$ , con una tendencia general descendente, particularmente acusada a partir del año 2015 (**Figura 8**), mientras que en la 063 los valores son bajos y estables (**Figura 9**).

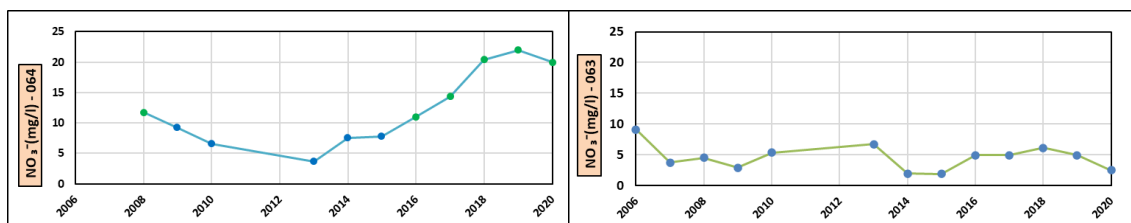


Figura 6. Evolución temporal del índice fisicoquímico NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la estación Parque Sindical (064)

Figura 7. Evolución temporal del índice fisicoquímico NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la estación El Pardo (063)

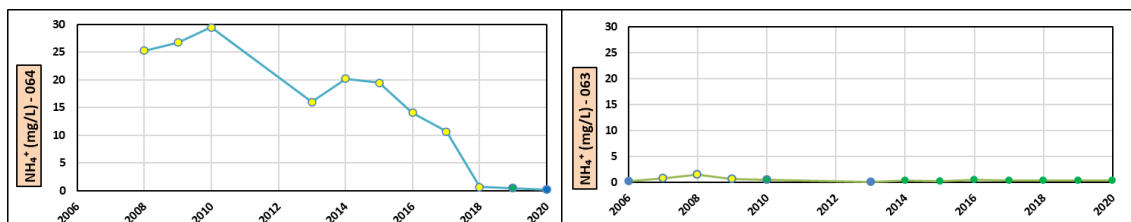


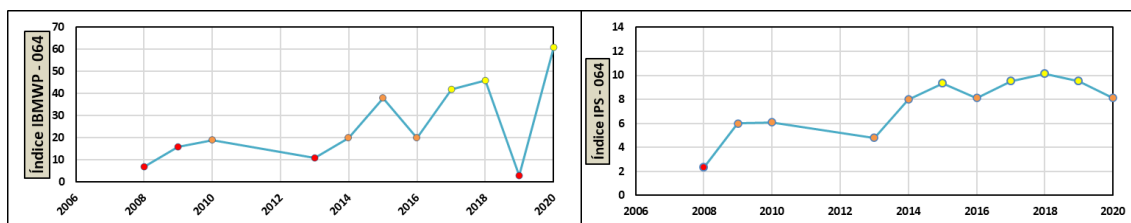
Figura 8. Evolución temporal del índice fisicoquímico NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en la estación Parque Sindical (064)

Figura 9. Evolución temporal del índice fisicoquímico NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en la estación El Pardo (063)

Las mayores concentraciones iniciales de amonio podrían estar relacionadas con la afección de las actividades antrópicas anteriormente mencionadas. La relación entre estos dos compuestos se sustenta fundamentalmente en el proceso de nitrificación (Sharma and Alhert, 1977, Wetzel, 2001). El NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tiende a oxidarse en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en dos procesos; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup> → NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Esta oxidación tiene lugar gracias a la participación de bacterias quimioautotróficas (*Nitrobacter*, *Nitrosomonas*). Los valores de nitrato obtenidos en la estación 064 partir de la restauración podrían deberse, por tanto, al inicio de la oxidación de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, disminuyendo este compuesto y produciéndose un incremento de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. El aumento de compuestos nitrogenados puede suponer también un incremento de los productores primarios, pues el nitrógeno es un componente vital en la mayoría de procesos ecológicos y ciclos biogeoquímicos (Jarvis, 1996, Tamm, 1991). Su saturación puede producir efectos adversos en otros organismos y provocar serias alteraciones en algunos ecosistemas (Aber, 1992).

El potencial ecológico en la estación de El Parque Sindical (064) experimenta una pequeña mejora en los dos años posteriores a 2016, fecha de la restauración (Figura 4). Sin embargo, en el año 2019 se observa un potencial ecológico global malo, con valores que no se registraban desde el año 2013. Merece la pena detenerse en la interpretación de los datos de ese año 2019, pues es en el que más discrepancia hay entre las clases de potencial ecológico obtenidas en las

dos estaciones. En la estación 064 se obtuvo el peor valor de invertebrados bentónicos (índice IBMWP) desde que se comienzan a recabar datos (**Figura 10**), aunque en contraposición se registra el segundo mejor dato de diatomeas (índice IPS) (**Figura 11**).



**Figura 10.** Evolución temporal del índice biológico IBMWP en la estación Parque Sindical (064)

**Figura 11.** Evolución temporal del índice biológico IPS en la estación Parque Sindical (064)

Por el contrario, en la estación 063 el potencial ecológico en 2019 es moderado, a diferencia con los años anteriores en los que era deficiente (**Figura 4**), obteniendo valores muy positivos en ambos índices bióticos (IBMWP, IPS) y particularmente obteniéndose el mejor dato de todo el periodo temporal analizado para el índice IBMWP (**Anexo VII**).

Los datos obtenidos en el índice IPS en la estación 64 son contradictorios con los valores de  $\text{NO}_3^-$ . El índice IPS es menor cuando hay presencia de diatomeas tolerantes a la polución y, por tanto, a la elevada carga de nutrientes (Drovandi et al., 2005), que además puede dar origen a fenómenos de eutrofización (Harper, 1992; Paerl, 1997; Wetzel, 2001; Dodds et al., 2002). Sin embargo, el índice es mayor cuando las diatomeas presentes son indicadoras de buena calidad. En la estación 64, sin embargo, los mejores valores del índice IPS aparecen hacia el final de la serie (**Anexo VII**), cuando los valores de nitratos son más elevados. Convendría seguir estudiando la evolución futura para poder hacer una predicción más concluyente de los cambios que se puedan ocasionar en el sistema acuático.

Es interesante interpretar los datos obtenidos de potencial hidromorfológico, al comparar las estaciones se ve una clara diferencia entre ambas en los valores obtenidos para el índice QBR (**Anexo IIV**). Esto refleja como el nivel de conservación del bosque de ribera es mucho mayor en la estación de El Pardo que en la del Parque Sindical, además se observa que no existe evolución en la

segunda. Es necesario mantener un seguimiento de los valores del índice QBR en este punto, para poder contemplar si existen mejoras tras las labores de restauración. La búsqueda de actuaciones periódicas de recuperación de ribera podría ser clave para mejorar el potencial hidromorfológico.

No existen relevancias significativas en la evolución en el tiempo de los demás indicadores estudiados (**Anexo VII**), lo que podría dar a entender que la restauración no ha sido del todo efectiva. No obstante, solo se han podido obtener datos hasta el año 2020, teniendo únicamente 4 años posteriores a la fecha de la restauración. Este periodo podría no ser suficiente para que los diferentes indicadores experimenten un cambio significativo fruto de la restauración. Parece necesario realizar un seguimiento constante en el tiempo, evaluando los cambios en la condición para determinar futuros objetivos de manejo (Elzinga et al. 1998). Esto será posible mediante la medición de variables específicas con periodicidad y plazos definidos (Vargas 2011, Ramírez et al. 2015). El monitoreo del sistema restaurado es clave para evaluar el éxito de los proyectos de cualquier restauración ecológica (Viani et al. 2018). Por tanto, es difícil determinar con certidumbre si el entorno está comenzando a recuperarse después de las actuaciones del proyecto de restauración, aunque los cambios que se observan en algunos indicadores de forma individual a partir del año 2016 podrían indicar cierta mejora del potencial ecológico del río Manzanares a su paso por monte de El Pardo. Sería interesante un seguimiento más exhaustivo en los años venideros para considerar las futuras evoluciones de los indicadores y repetir esta misma evaluación.

#### 4. CONCLUSIONES

- Se ha evaluado el potencial ecológico del tramo del río Manzanares, aguas abajo del embalse de El Pardo hasta el Parque Sindical, antes y después de realizar la restauración fluvial del año 2016.
- Se han analizado los datos recogidos por las estaciones de control de calidad de la Red CEMAS. En la del El Pardo (063) del año 2006 al 2020, y en la del Parque Sindical (064) del 2008 al 2020.
- No se observan mejoras relevantes en el potencial ecológico global del sistema fluvial después de las actuaciones acometidas en el proyecto de restauración.
- Existen afecciones (descarga de arroyos, asentamientos urbanos y actividades de ocio) entre las dos estaciones del tramo estudiado podrían ser la causa de los peores indicadores de calidad obtenidos en la estación localizada más aguas abajo, lo que podría estar enmascarando la posible mejora debida a la restauración.
- Los datos de la estación 064 reflejan que, a lo largo del periodo estudiado, tiene lugar la oxidación de  $\text{NH}_4^+$ ; este compuesto disminuye y se produce un incremento de  $\text{NO}_3^-$ , resultando más notable a partir del año 2015.
- Tras los resultados obtenidos en este trabajo, queda patente la necesidad de continuar con futuros análisis para evaluar la posible mejora del potencial ecológico del río en años venideros.

## Referencias bibliográficas

Aber, J.D. (1992): Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. *Trends Ecol. Evol.*, 7: 220-223.

Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. & Palutikof, J. (2008). El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Ginebra: Secretaría del IPCC*.

CIREF (2010). ¿Qué es restauración fluvial? *Nota técnica nº 4, Centro Ibérico de Restauración Fluvial*.

COMITÉ, D. D. E. (2002). Observación general N.º 15: El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). *Naciones Unidas, Ginebra (Suiza)*.

Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) (2012) Evaluación del estado ecológico y químico de las masas de agua. Categoría: ríos [2007-2011]. *Madrid: Confederación Hidrográfica del Tajo*.

Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) (2018) Estado ecológico y químico de los ríos en la cuenca hidrográfica del Tajo 2012/2015. *Madrid: Confederación Hidrográfica del Tajo*.

Dodds, W. K., Smith, V. H., & Lohman, K. (2002). Nitrogen and phosphorus relationships to benthic algal biomass in temperate streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(5), 865-874.

Downs, P.W. & Gregory, K.J. (2004). River channel management. Towards sustainable catchment hydrosystems. *London, Arnold*.

Drovandi, A., Zuluaga, J., Filippini, M., Bermejillo, A., Peralta, P., Bustamante, M., Ruiz, M., Granero, M., Morsucci, A., Velgas, M., Valdes, A., & Nacif, N. (2005). Diagnóstico preliminar del estado trófico de las aguas del embalse El Carrizal, Provincia de Mendoza. *In XXº Congreso Nacional del Agua 2005 y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur*.



Elzinga, C. L., Salzer, D. W., & Willoughby, J. W. (1998). Measuring and Monitoring Plant Populations. *Bureau of Land Management Technical Reference 1730-1*. Denver, CO: BLM National Business Center.

Embid, A. (2006) El derecho de aguas de la Unión Europea contemplado desde la perspectiva española. Consideración especial de la Directiva Marco Comunitaria 2000/60/CE. En: El agua en el siglo XXI: gestión y planificación. Ed. por Cuadrat, J.M. Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», pp. 57-82

González del Tánago, M. & García de Jalón, D. (2007). Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.

Gonzalo, L.E. Ollero, A. Ibisate, A. & Ballarín, D. (2010). Impacto geomorfológico de actuaciones en cauces fluviales de La Rioja. *Zubía*, nº 28, 127-150.

Harper, D. M. (1992). Eutrophication of freshwaters. London: Chapman & Hall, p. 327.

Jarvis, S.C. (1996): Future trends in nitrogen research. *Plant Soil*, 181: 47-56

López-Rodríguez, M. D., Ruiz-Mallén, I., Oteros-Rozas, E., March, H., Keller, R., Lo, V. B., Cebrián-Piqueras, M.A. & Andrade, R. (2020) Delineating participation in conservation governance: Insights from the Sierra de Guadarrama National Park (Spain). *Environmental Science & Policy*, 114, pp. 486-496

Molina-Navarro, E., Trolle, D., Martínez-Pérez, S., Sastre-Merlín, A. & Jeppensen, E. (2014) Hydrological and water quality impact assessment of a Mediterranean limno-reservoir under climate change and land use management scenarios. *Journal of Hydrology*, 509, pp. 354-366

Sharma, B., & Ahlert, R, C. (1977). Nitrification and nitrogen removal. *Water Res*;11: 897–925.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1972). Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. París.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1977). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (CONFAGUA). *Mar del Plata, Argentina*.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006). Guías para la calidad del agua potable.

Paerl, H. W. (1997). Coastal eutrophication and harmful algal blooms: Importance of atmospheric deposition and groundwater as “new” nitrogen and other nutrient sources. *Limnology and oceanography*, 42(5part2), 1154-1165.

Ramírez, W. Aguilar-G, M. & Cabrera, M. (2015). Introducción al monitoreo de la restauración ecológica. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. *Bogotá: Instituto Humboldt (IAvH)*. p. 27–32.

Tamm, C.O. (1991): Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Springer Verlag, Berlin*. 115.

Tockner, K. & Stanford, J.A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, nº 29, 308-330.

Ureña, J.M. & Ollero, A. (2000). Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. *Ciudad y territorio, Estudios Territoriales*, nº XXXII (126), 689-691.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (2004). “*Water as a Human Right?*”.

Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta biol. Colomb.* 16(2):221–246.

Viani, R. A., Barreto, T. E., Farah, F. T., Rodrigues, R. R., & Brancalion, P. H. (2018). Monitoring young tropical forest restoration sites: how much to measure?. *Tropical Conservation Science*, 11,

Wetzel, R. G. (2001). Bacterioplankton. *Limnology. Lake and river ecosystems*, 3rd ed. *Academic Press, New York, NY*, 489-525.

## Referencias sitios web

AQUILA a-LIFE (2022). *Cuenca del río Manzanares*. Disponible en: <https://aquila-a-life.org/index.php/ca/aquila-a-life-cat/el-proyecto/localitzacions/22-localizaciones-del-proyecto/madrid-y-zona-centro/30-cuenca-del-rio-manzanares#:~:text=Geológicamente%20se%20distinguen%20dos%20dominios,y%20conglomerados%20poco%20compactados%20que> [consulta: 5 mayo 2022]

Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) (2021a) *Aguas Superficiales: Control fisicoquímico*. Disponible en: [http://www.chtajo.es/LaCuenca/CalidadAgua/Resultados\\_Informes/Paginas/RISupFisicoQu%C3%ADmico.aspx](http://www.chtajo.es/LaCuenca/CalidadAgua/Resultados_Informes/Paginas/RISupFisicoQu%C3%ADmico.aspx) [consulta: 15 abril 2022]

Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) (2021b) *Descarga de Capas*. Disponible en: <http://www.chtajo.es/LaCuenca/Paginas/DescargaDCapas.aspx> [consulta: 22 abril 2022]

Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) (2020) *Anuario de Aforos 2017 - 2018. Modalidades de consulta. Descarga datos organismo de cuenca*. Disponible en: <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/demarcaciones.asp> [consulta: 18 mayo 2022]

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPA) (2015). *Estudio Histórico-Cartográfico Para El Proyecto De Restauración Fluvial Del Río Manzanares En El Entorno Del Real Sitio De El Pardo*. Disponible en: [https://restauracionfluvialriomanzanares.es/wp-content/uploads/2017/05/Estudio\\_historico.pdf](https://restauracionfluvialriomanzanares.es/wp-content/uploads/2017/05/Estudio_historico.pdf) [consulta: 15 agosto 2022]

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2022) *Actuaciones de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/estrategia-nacional-restauracion-rios/actuaciones-enrr-pima-adapta.aspx> [consulta: 5 mayo 2022]

Pasión por Madrid (2012). *La antigua presa de Santillana*. Disponible en: <https://www.pasionpormadrid.com/2012/10/la-antigua-presa-de-santillana.html> [consulta: 5 mayo 2022]

Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (PN. Sierra de Guadarrama) (2021) *RNF Río Manzanares*. Disponible en: <https://www.parquenacionalsierraaguadarrama.es/es/normativa/zonificacion/277-reservas-naturales-fluviales> [consulta: 6 mayo 2022]

Portal web del Ayuntamiento de Madrid (Ayuntamiento de Madrid) (2018). *El río Manzanares*. Disponible en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Agua/El-rio-Manzanares/?vgnextfmt=default&vgnextoid=56181a824d4ae210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=63d0e0f6fdc4f510VgnVCM2000001f4a900aRCRD> [consulta: 5 mayo 2022]

Restauración Fluvial del Río Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo, Madrid (RF. Río Manzanares) (2022). *El proyecto. Restauración fluvial del Manzanares en El Pardo*. Disponible en: <https://restauracionfluvialriomanzanares.es/> [consulta: 5 mayo 2022]

Revista digital de Urbanismo, Territorio, Paisaje, Sostenibilidad y Diseño urbano. (Urban-e) (2013). *Parque del río Manzanares, Madrid* (2013). Disponible en: <http://urban-e.aq.upm.es/miscelanea/view/parque-del-r-o-manzanares-madrid/full> [consulta: 6 mayo 2022]

## Legislación

DOCE. Diario Oficial de la Unión Europea, 22 de diciembre de 2000, número 327. 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.

BOE. Resolución A/RES/64/292. Asamblea general de las naciones Unidas, 28 de julio de 2010 y el discurso de los actores sobre el derecho humano al agua y el saneamiento en el escenario internacional.

BOE. Boletín Oficial del Estado, 12 de septiembre de 2015, número 219. 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.

BOE. Boletín Oficial del Estado, 26 de octubre de 2016, núm. 259, pp. 74539 – 74551. Resolución de 10 de octubre de 2016, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se formula informe de impacto ambiental del proyecto Restauración fluvial del río Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo (Madrid).

## **ANEXO I**

**Tramos fluviales de cada fase de la restauración con sus actuaciones.**

**(Figuras 1 y 2)**

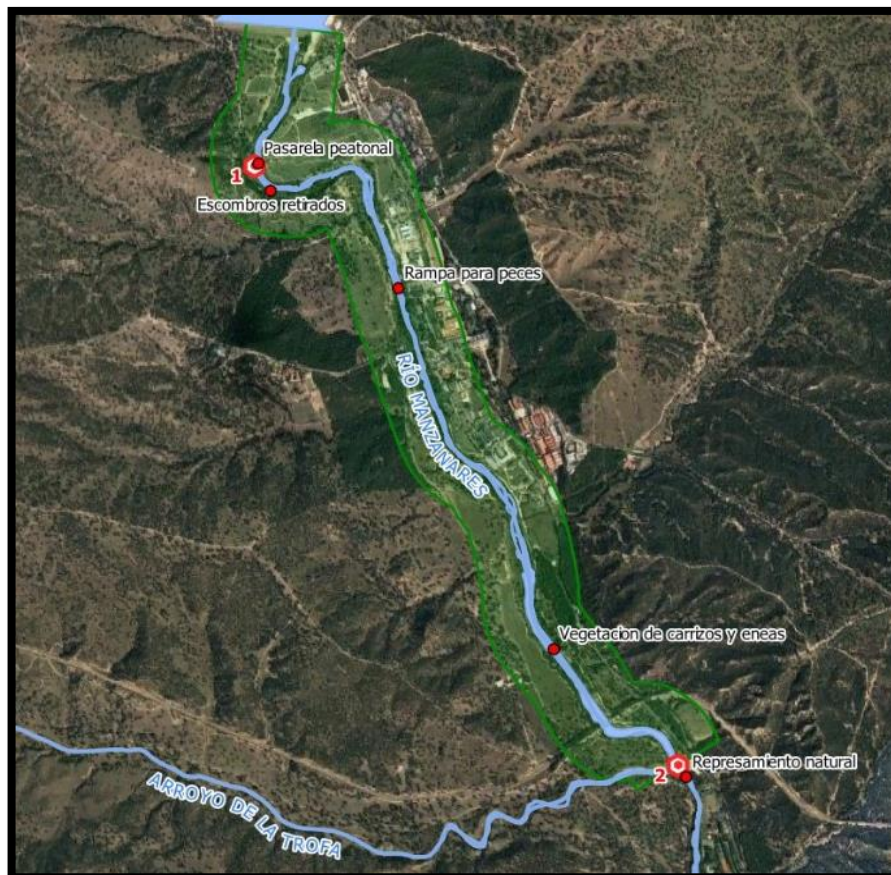


Figura 1. Situación geográfica correspondiente a la Fase I de la restauración con las actuaciones gestionadas en esta zona. El punto 1 hace referencia a la estación de control de calidad de la Red CEMAS y el punto 2 a la confluencia con arroyo la Trofa.

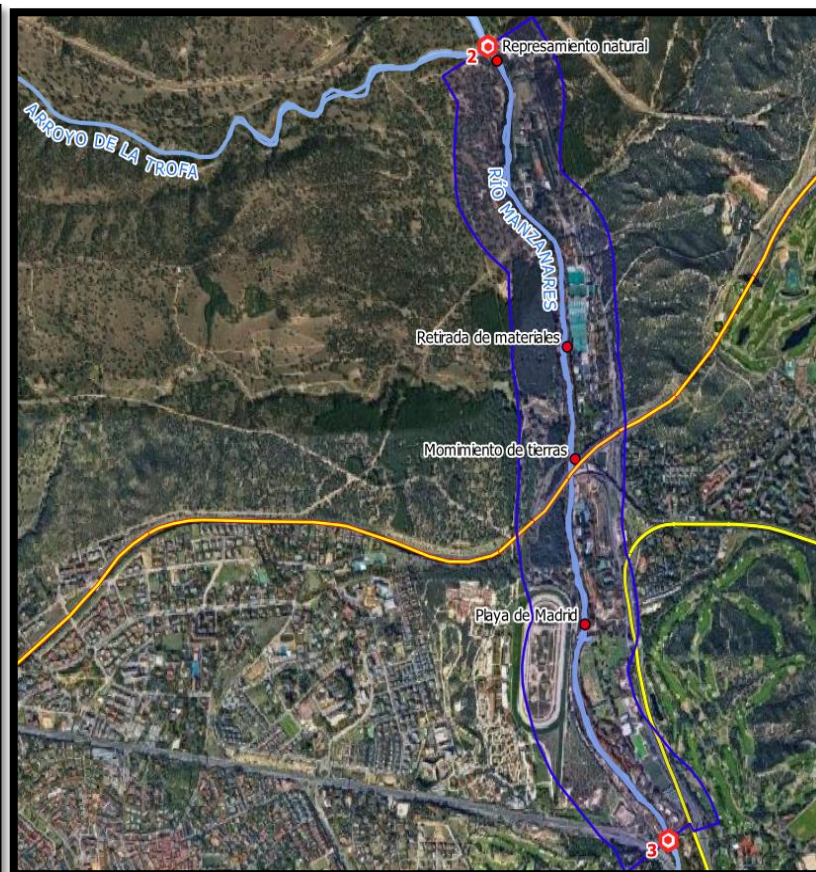


Figura 2. Situación geográfica correspondiente a la Fase II de la restauración con las actuaciones gestionadas en esta zona. El punto 2 referencia la confluencia con arroyo la Trofa y el punto 3 a la estación de control de calidad de la Red CEMAS, y al final del tramo de actuación (puente de San Fernando)

## **ANEXO II**

**Condiciones de Referencia empleadas en la tipología fluvial RT15 – Eje continental poco mineralizado y sus límites de cambio de clases de estado. extraída del anexo III del Real Decreto 817/2015, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.**



| TIPOS RÍOS | INDICADOR | UNIDADES              | CONDICIÓN DE REFERENCIA/ CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO | LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO  |                    |                         |                     |
|------------|-----------|-----------------------|--|---|--------------------|-------------------------|---------------------|
|            |           |                       |  | <i>Indicadores biológicos e hidromorfológicos: RCE</i><br><i>Indicadores químicos: MEDIDA</i> |                    |                         |                     |
|            |           |                       |  | Muy bueno/<br>bueno   | Bueno/<br>moderado | Moderado/<br>deficiente | Deficiente/<br>malo |
| R-T15      | IBMWP     | -                     | 172  | 0,69  | 0,42               | 0,24                    | 0,10                |
| R-T15      | IMMI-T    | -                     | 1  | 0,826   | 0,682              | 0,455                   | 0,227               |
| R-T15      | IBMR      | -                     | 9,3  | 0,91  | 0,68               | 0,45                    | 0,23                |
| R-T15      | IPS       | -                     | 17,7   | 0,98  | 0,73               | 0,49                    | 0,24                |
| R-T15      | QBR       | -                     | 100  | 0,800   |                    |                         |                     |
| R-T15      | pH        | -                     |  | 6,5-8,7   | 6-9                |                         |                     |
| R-T15      | Oxígeno   | mg/L                  |  |   | 5                  |                         |                     |
| R-T15      | % Oxígeno | %                     |  | 70-100  | 60-120             |                         |                     |
| R-T15      | Amonio    | mg NH <sub>4</sub> /L |  | 0,2   | 0,6                |                         |                     |
| R-T15      | Fosfatos  | mg PO <sub>4</sub> /L |  | 0,4   | 0,5                |                         |                     |
| R-T15      | Nitratos  | mg NO <sub>3</sub> /L |  | 10  | 25                 |                         |                     |

Fuente: anexo III del Real Decreto 817/2015

## **ANEXO III**

**Fragmento del documento  
“Resultados obtenidos en ríos para  
los años 2006 al 2018”**

En esta tabla, modificada del propio documento, muestra un ejemplo de la visualización de estos resultados. Los datos, son sometidos antes de su publicación a una revisión llevada a cabo por la Administración (anexo III del Real Decreto 817/2015), certificando así la autenticidad de los datos.

| CÓD. PUNTO | COD. EST. SPF | Provincia | Cauce         | Fecha   | IBMWP | IBMR | IMMi-T | IPS | QBR | pH  | O <sub>2</sub><br>(mg/l) | O <sub>2</sub> (%sat) | Amonio<br>(mg/l) | Fosfato<br>(mg/l) | Nitrato<br>(mg/l) |
|------------|---------------|-----------|---------------|---------|-------|------|--------|-----|-----|-----|--------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| TA12112    | TA53405001    | M         | R. MANZANARES | 27-5-16 | 29    |      |        | 7,6 | 80  | 7,2 | 11,9                     | 107,3                 | 0,47             | 0,32              | <5                |
| TA12112    | TA53405001    | M         | R. MANZANARES | 25-5-17 | 28    | 6,0  |        | 8,5 | 80  | 7,4 | 6,8                      | 68,3                  | 0,30             | 0,52              | <5                |
| TA13242    | TA55905003    | M         | R. MANZANARES | 20-5-16 | 20    |      |        | 8,1 | 10  | 7,3 | 8,3                      | 86,0                  | 14,10            | 0,91              | 11,0              |
| TA13242    | TA55905003    | M         | R. MANZANARES | 10-5-17 | 42    | 6,0  |        | 9,5 | 10  | 7,4 | 7,9                      | 85,3                  | 10,70            | 1,04              | 14,3              |

**IBMWP, IBMR, IMMi-T, IPS - Indicadores biológicos**

**O<sub>2</sub>, Amonio, Fosfato, Nitrato - Indicadores fisicoquímicos**

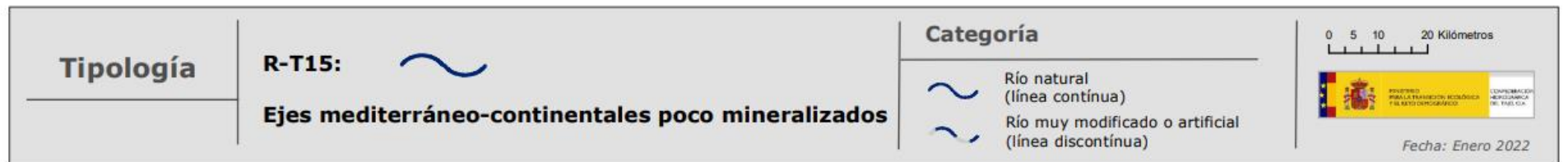
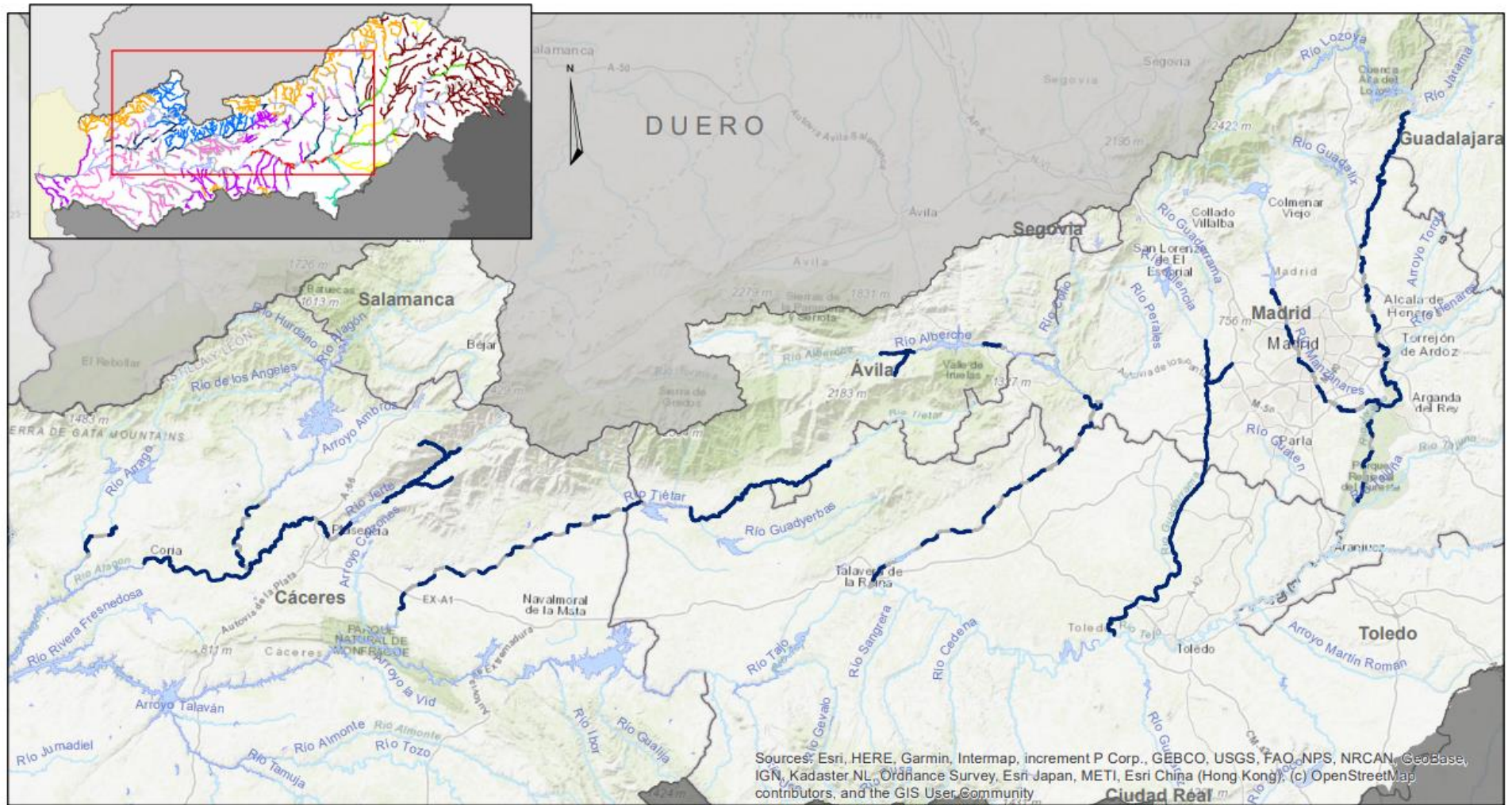
**QBR (Calidad de Bosque de Ribera) - Indicadores hidromorfológicos**

La fecha reflejada hace referencia al muestreo de los indicadores biológicos. Los fisicoquímicos hacen referencia a la media de las muestras analizadas durante el año. IBMWP, IBMR, IMMi-T, IPS, QBR y pH son indicadores adimensionales.

Fuente: CHT (2022)

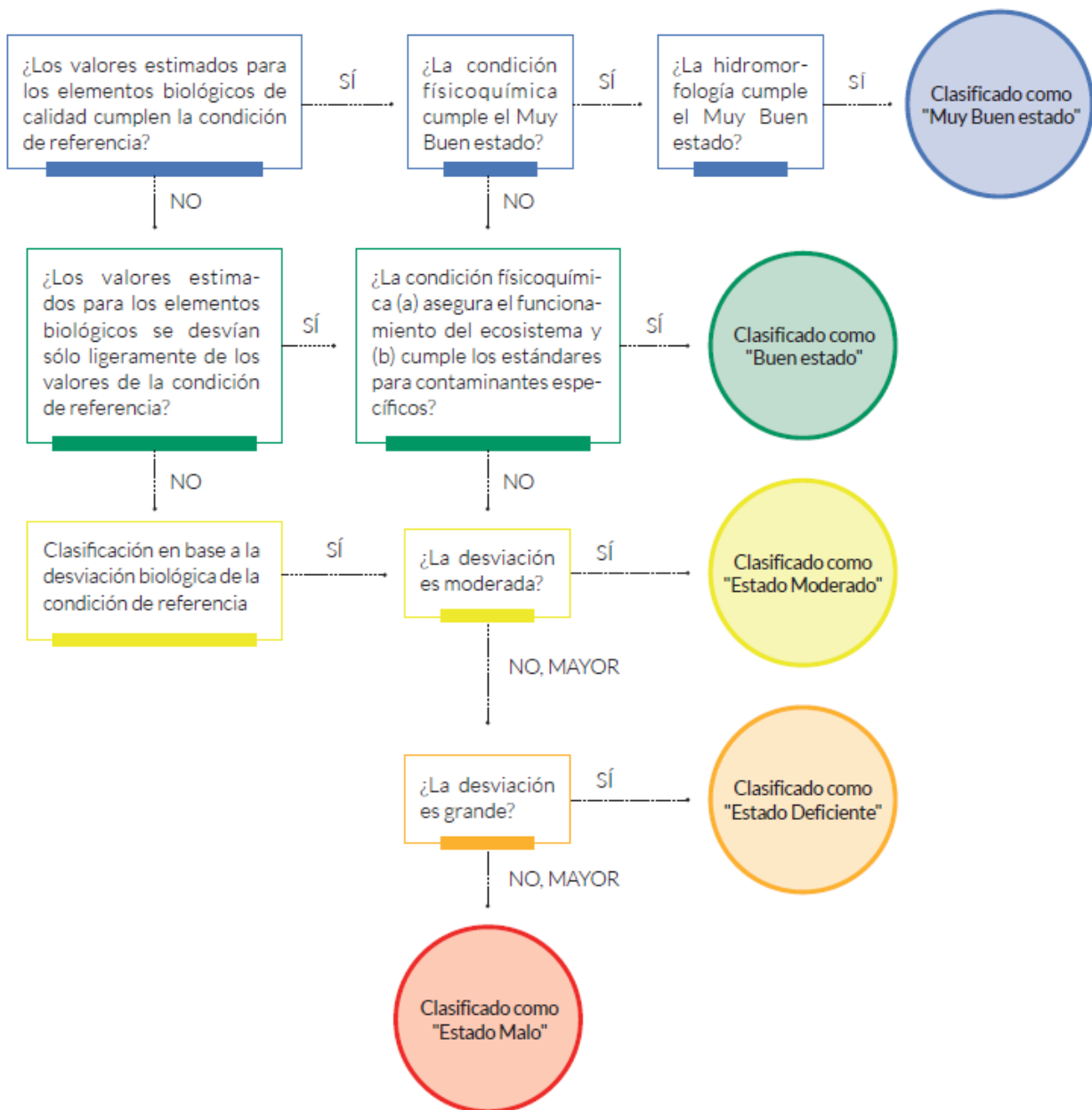
## **ANEXO IV**

**Categorización del Plan Hidrológico  
de masas de agua de naturaleza «Muy  
Modificada», para la tipología RT-15**



## **ANEXO V**

**Proceso iterativo extraído del informe:  
Estado ecológico y químico de los  
ríos de la Cuenca Hidrográfica del  
Tajo 2012-2015, para el cálculo del  
estado/potencial ecológico de los ríos**



Fuente:

Informe; Estado ecológico y químico de los ríos de la Cuenca Hidrográfica del Tajo 2012-2015,

## **ANEXO VI**

**Localización y descripción de la  
tipología de las masas de agua en la  
Cuenca Hidrográfica del Tajo.**



El control del estado ecológico en ríos, se refiere a la evaluación de las masas de agua superficial de la categoría ríos definidas como tal en 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 (DMA).

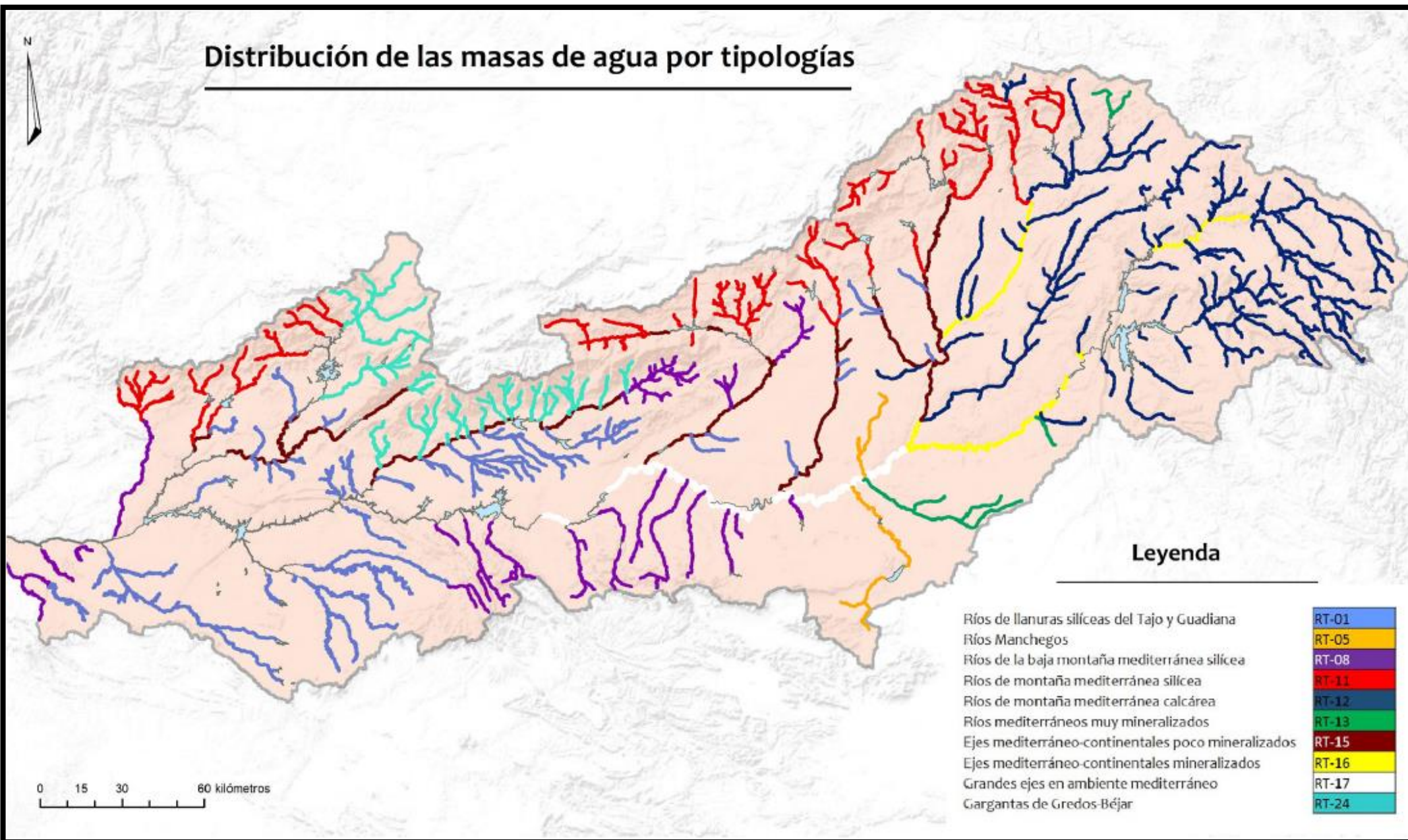
Para el estudio del estado ecológico es fundamental conocer las tipologías en las que se encuadran las masas de agua ya que tanto las condiciones de referencia de los distintos indicadores como los límites de cambio de clase se establecen para cada tipología. De las 37 tipologías que se han definido para los ríos de España en el RD 817/2015, en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo hay 10 presentes. En el presente se va a considerar la tipología R-T15: Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados, el presente mapa localiza cada una de las masas de agua caracterizadas con esta tipología.

| Tipología | Descripción                                       |
|-----------|---|
| R-T01     | Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana     |
| R-T05     | Ríos manchegos                                    |
| R-T08     | Ríos de la baja montaña mediterránea silícea      |
| R-T11     | Ríos de montaña mediterránea silícea              |
| R-T12     | Ríos de montaña mediterránea calcárea             |
| R-T13     | Ríos mediterráneos muy mineralizados              |
| R-T15     | Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados |
| R-T16     | Ejes mediterráneo-continetales mineralizados      |
| R-T17     | Grandes ejes en ambiente mediterráneo             |
| R-T24     | Gargantas de Gredos-Béjar                         |

Fuente:

Informe; Estado ecológico y químico de los ríos de la Cuenca Hidrográfica del Tajo 2012-2015

## Distribución de las masas de agua por tipologías



## **ANEXO VII**

**Tabla de valores de los indicadores,  
en las estaciones: El Pardo (063) y  
Parque Sindical (064), y  
representación gráfica.**

## LEYENDAS

|                       |  |
|-----------------------|--|
| El Pardo (063)        |  |
| Parque Sindical (064) |  |

| Indicador             | Clases de estado |                    |                |            |      |
|-----------------------|------------------|--------------------|----------------|------------|------|
| IBMWP                 | Muy bueno        | Bueno              | Moderado       | Deficiente | Malo |
| IPS                   | Muy bueno        | Bueno              | Moderado       | Deficiente | Malo |
| pH                    | Muy bueno        | Bueno              | Peor que bueno |            |      |
| O <sup>2</sup> (mg/l) | Bueno            |                    | Peor que bueno |            |      |
| O <sup>2</sup> (%sat) | Muy bueno        | Bueno              | Peor que bueno |            |      |
| Amonio                | Muy bueno        | Bueno              | Peor que bueno |            |      |
| Fosfato               | Muy bueno        | Bueno              | Peor que bueno |            |      |
| Nitrato               | Muy bueno        | Bueno              | Peor que bueno |            |      |
| QBR                   | Muy bueno        | Peor que muy bueno |                |            |      |

## INDICADORES BIOLÓGICOS

| EL PARDO (063) |       |      |      |      |                     |
|----------------|-------|------|------|------|---------------------|
| Año            | IBMWP | RCE  | IPS  | RCE  | POTENCIAL BIOLÓGICO |
| 2006           | 15    | 0.09 | 10.6 | 0.6  |                     |
| 2007           | 30    | 0.17 | 13.0 | 0.73 |                     |
| 2008           | 27    | 0.16 | 10.1 | 0.57 |                     |
| 2009           | 20    | 0.12 | 11.8 | 0.67 |                     |
| 2010           | 43    | 0.25 | 13.3 | 0.75 |                     |
| 2013           | 6     | 0.03 | 9.4  | 0.53 |                     |
| 2014           | 23    | 0.13 | 12.6 | 0.71 |                     |
| 2015           | 27    | 0.16 | 11.9 | 0.67 |                     |
| 2016           | 29    | 0.17 | 7.6  | 0.43 |                     |
| 2017           | 28    | 0.16 | 8.5  | 0.48 |                     |
| 2018           | 35    | 0.2  | 11.3 | 0.64 |                     |
| 2019           | 44    | 0.26 | 9.9  | 0.56 |                     |
| 2020           | 32    | 0.19 | 11.8 | 0.67 |                     |

| PARQUE SINDICAL (064) |       |      |      |      |                     |
|-----------------------|-------|------|------|------|---------------------|
| Año                   | IBMWP | RCE  | IPS  | RCE  | POTENCIAL BIOLÓGICO |
| 2008                  | 7     | 0.04 | 2.3  | 0.13 |                     |
| 2009                  | 16    | 0.09 | 6.0  | 0.34 |                     |
| 2010                  | 19    | 0.11 | 6.1  | 0.34 |                     |
| 2013                  | 11    | 0.06 | 4.8  | 0.27 |                     |
| 2014                  | 20    | 0.12 | 8.0  | 0.45 |                     |
| 2015                  | 38    | 0.22 | 9.3  | 0.52 |                     |
| 2016                  | 20    | 0.12 | 8.1  | 0.45 |                     |
| 2017                  | 42    | 0.24 | 9.5  | 0.54 |                     |
| 2018                  | 46    | 0.27 | 10.1 | 0.57 |                     |
| 2019                  | 3     | 0.02 | 9.5  | 0.54 |                     |
| 2020                  | 61    | 0.35 | 8.1  | 0.46 |                     |

**INDICADORES FISICOQUÍMICOS**

| <b>EL PARDO (063)</b> |     |                       |                       |        |         |         |                         |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|--------|---------|---------|-------------------------|
| Año                   | pH  | O <sup>2</sup> (mg/l) | O <sup>2</sup> (%sat) | Amonio | Fosfato | Nitrato | POTENCIAL FISICOQUÍMICO |
| 2006                  | 7.8 | 9.6                   | 60.4                  | 0.20   | 1.08    | 9.1     |                         |
| 2007                  | 7.1 | 9.5                   | 87                    | 0.78   | 0.94    | 3.8     |                         |
| 2008                  | 7.4 | 9.3                   | 87.5                  | 1.51   | 0.16    | 4.5     |                         |
| 2009                  | 8.0 | 10.2                  | 100.8                 | 0.64   | 0.62    | 2.9     |                         |
| 2010                  | 7.7 | 9.7                   | 87.8                  | 0.43   | 0.62    | 5.3     |                         |
| 2013                  | 6.3 | 8.4                   | 85.5                  | 0.10   | 0.21    | 6.7     |                         |
| 2014                  | 6.7 | 9.5                   | 97.8                  | 0.35   | 0.21    | 2.0     |                         |
| 2015                  | 7.4 | 9.7                   | 97.0                  | 0.22   | 0.23    | 1.9     |                         |
| 2016                  | 7.2 | 11.9                  | 107.3                 | 0.47   | 0.32    | 4.9     |                         |
| 2017                  | 7.4 | 6.8                   | 68.3                  | 0.30   | 0.52    | 4.9     |                         |
| 2018                  | 7.5 | 9.2                   | 75.2                  | 0.38   | 0.31    | 6.1     |                         |
| 2019                  | 7.5 | 7.0                   | 70.0                  | 0.40   | 0.30    | 4.9     |                         |
| 2020                  | 7.7 | 8.3                   | 87.0                  | 0.29   | 0.19    | 2.5     |                         |

| <b>PARQUE SINDICAL (064)</b> |      |                       |                       |        |         |         |                         |
|------------------------------|------|-----------------------|-----------------------|--------|---------|---------|-------------------------|
| Año                          | pH   | O <sup>2</sup> (mg/l) | O <sup>2</sup> (%sat) | Amonio | Fosfato | Nitrato | POTENCIAL FISICOQUÍMICO |
| 2008                         | 7.3  | 8.1                   | 92.2                  | 25.25  | 0.88    | 11.8    |                         |
| 2009                         | 7.1  | 7.5                   | 92.33                 | 26.75  | 0.8     | 9.3     |                         |
| 2010                         | 7.3  | 7.5                   | 88.73                 | 29.50  | 0.63    | 6.6     |                         |
| 2013                         | 7.3  | 7.5                   | 88.6                  | 16.00  | 0.35    | 3.7     |                         |
| 2014                         | 7.8  | 10.0                  | 119.1                 | 20.25  | 0.58    | 7.5     |                         |
| 2015                         | 7.6  | 6.9                   | 81.0                  | 19.50  | 1.38    | 7.8     |                         |
| 2016                         | 7.3  | 8.3                   | 86.0                  | 14.10  | 0.91    | 11.0    |                         |
| 2017                         | 7.4  | 7.9                   | 85.3                  | 10.70  | 1.04    | 14.3    |                         |
| 2018                         | 7.3  | 7.8                   | 78.4                  | 0.67   | 1.14    | 20.4    |                         |
| 2019                         | 7.3  | 8.0                   | 80.0                  | 0.50   | 1.10    | 22.0    |                         |
| 2020                         | 7.49 | 7.77                  | 94.4                  | 0.1595 | 0.9615  | 20      |                         |

## INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

| EL PARDO (063) |     |      |                               |
|----------------|-----|------|-------------------------------|
| Año            | QBR | RCE  | POTENCIAL<br>HIDROMORFOLÓGICO |
| 2006           | 95  | 0.95 |                               |
| 2007           | 95  | 0.95 |                               |
| 2008           | 95  | 0.95 |                               |
| 2009           | 95  | 0.95 |                               |
| 2010           | 95  | 0.95 |                               |
| 2013           | 65  | 0.65 |                               |
| 2014           | 80  | 0.8  |                               |
| 2015           | 80  | 0.8  |                               |
| 2016           | 80  | 0.8  |                               |
| 2017           | 80  | 0.8  |                               |
| 2018           | 80  | 0.8  |                               |
| 2019           | 75  | 0.75 |                               |
| 2020           | 95  | 0.95 |                               |

| Años | Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /s) |
|------|--|
| 2006 | 2.7                                    |
| 2007 | 0.9                                    |
| 2008 | 0.53                                   |
| 2009 | 0.8                                    |
| 2010 | 2.6                                    |
| 2013 | 2.47                                   |
| 2015 | 1.5                                    |
| 2016 | 1.88                                   |
| 2017 | 1.4                                    |
| 2018 | 1.25                                   |

| PARQUE SINDICAL (064) |     |      |                               |
|-----------------------|-----|------|-------------------------------|
| AÑO                   | QBR | RCE  | POTENCIAL<br>HIDROMORFOLÓGICO |
| 2008                  | 20  | 0.2  |                               |
| 2009                  | 20  | 0.2  |                               |
| 2010                  | 20  | 0.2  |                               |
| 2013                  | 65  | 0.65 |                               |
| 2014                  | 10  | 0.1  |                               |
| 2015                  | 10  | 0.1  |                               |
| 2016                  | 10  | 0.1  |                               |
| 2017                  | 10  | 0.1  |                               |
| 2018                  | 15  | 0.15 |                               |
| 2019                  | 10  | 0.1  |                               |
| 2020                  | 20  | 0.2  |                               |

| Años | Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /s) |
|------|--|
| 2006 | 3.089                                  |
| 2007 | 1.099                                  |
| 2008 | 0.75                                   |
| 2009 | 1.062                                  |
| 2010 | 3.031                                  |
| 2013 | 2.626                                  |
| 2015 | 2.013                                  |
| 2016 | 2.705                                  |
| 2017 | 2.026                                  |
| 2018 | 1.53                                   |

**DETERMINACIÓN DEL ESTADO POTENCIAL**

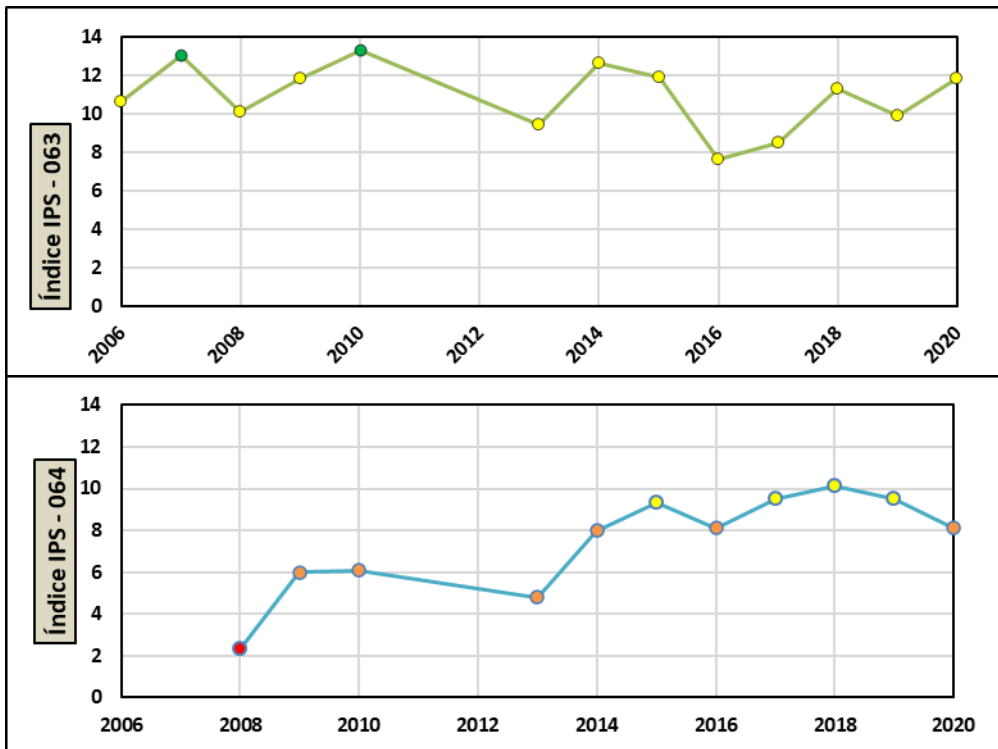
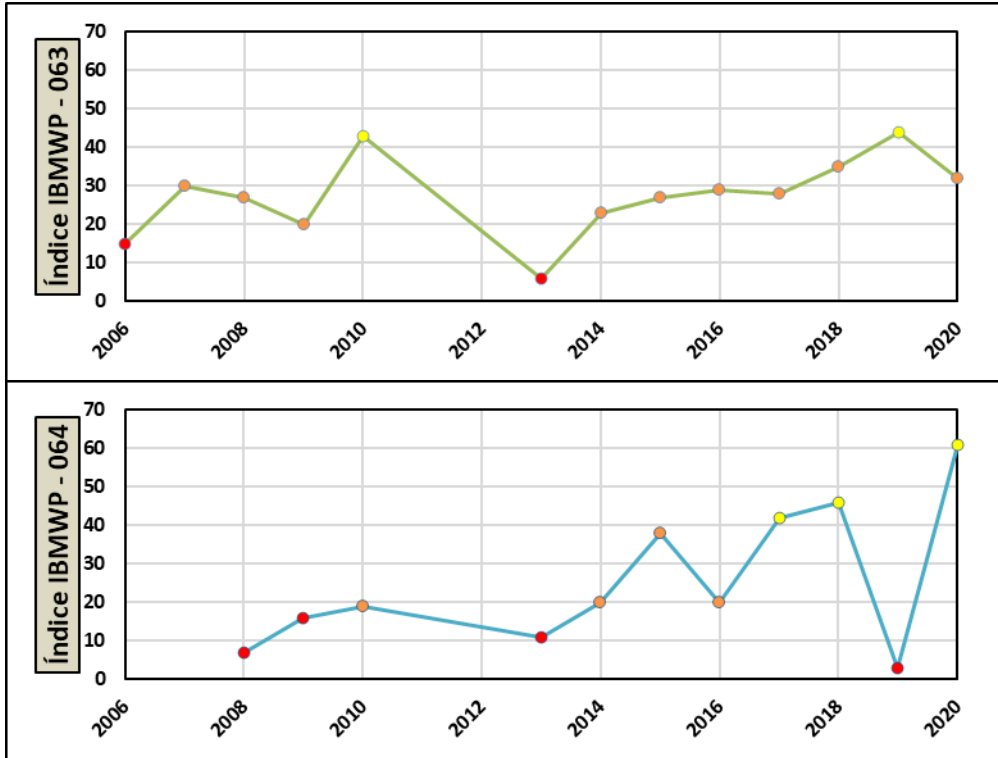
| <b>EL PARDO (063)</b> |                               |                        |                            |                        |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| AÑO                   | POTENCIAL<br>HIDROMORFOLÓGICO | POTENCIAL<br>BIOLÓGICO | POTENCIAL<br>FISICOQUÍMICO | POTENCIAL<br>ECOLÓGICO |
| 2006                  | Blue                          | Red                    | Yellow                     | Red                    |
| 2007                  | Blue                          | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2008                  | Blue                          | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2009                  | Blue                          | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2010                  | Blue                          | Yellow                 | Yellow                     | Yellow                 |
| 2013                  | Yellow                        | Red                    | Green                      | Red                    |
| 2014                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |
| 2015                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |
| 2016                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |
| 2017                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |
| 2018                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |
| 2019                  | Yellow                        | Yellow                 | Green                      | Yellow                 |
| 2020                  | Blue                          | Orange                 | Green                      | Orange                 |

| <b>PARQUE SINDICAL (064)</b> |                               |                        |                            |                        |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| AÑO                          | POTENCIAL<br>HIDROMORFOLÓGICO | POTENCIAL<br>BIOLÓGICO | POTENCIAL<br>FISICOQUIMICO | POTENCIAL<br>ECOLÓGICO |
| 2008                         | Yellow                        | Red                    | Yellow                     | Red                    |
| 2009                         | Yellow                        | Red                    | Yellow                     | Red                    |
| 2010                         | Yellow                        | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2013                         | Yellow                        | Red                    | Yellow                     | Red                    |
| 2014                         | Yellow                        | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2015                         | Yellow                        | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2016                         | Yellow                        | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |
| 2017                         | Yellow                        | Yellow                 | Yellow                     | Yellow                 |
| 2018                         | Yellow                        | Yellow                 | Yellow                     | Yellow                 |
| 2019                         | Yellow                        | Red                    | Yellow                     | Red                    |
| 2020                         | Yellow                        | Orange                 | Yellow                     | Orange                 |

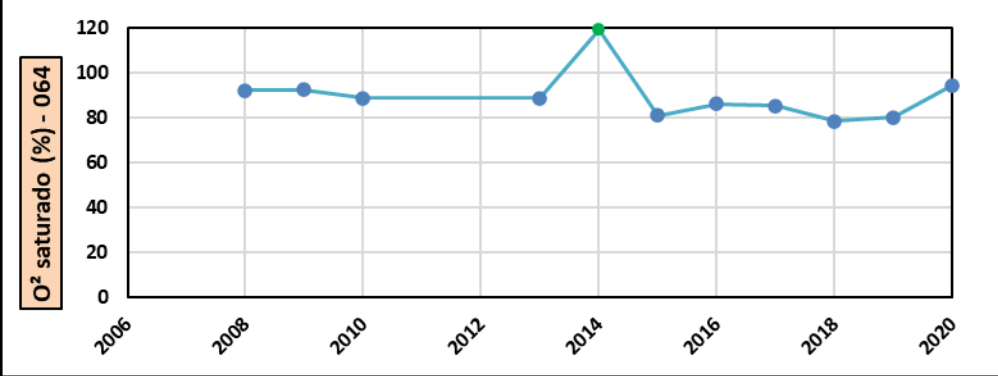
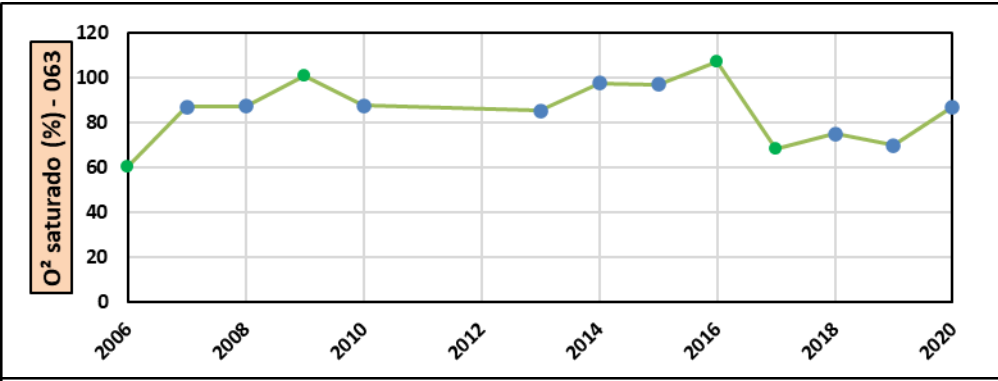
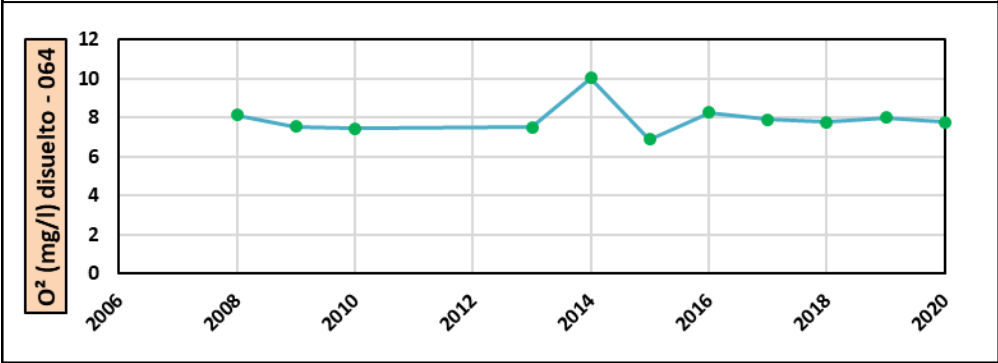
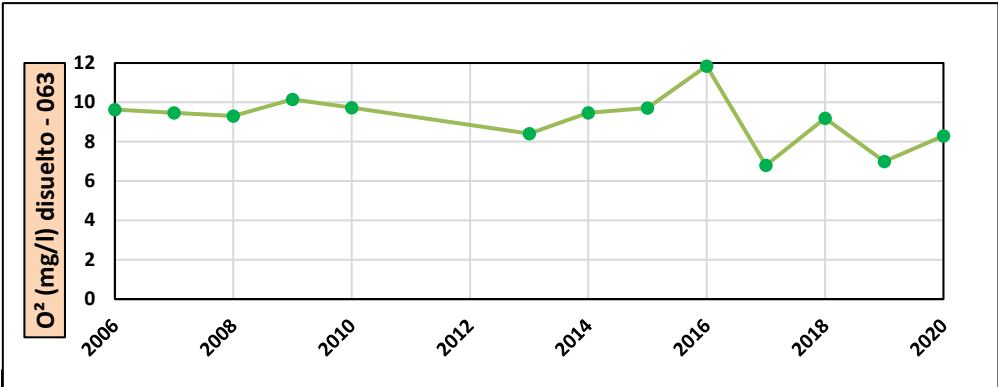


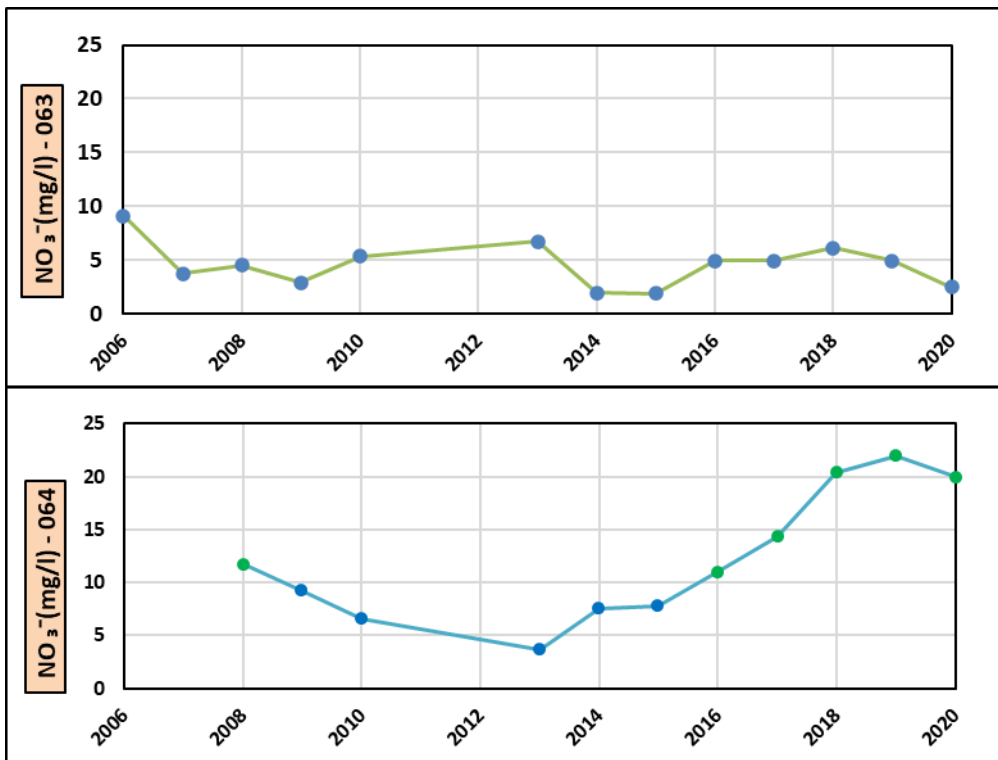
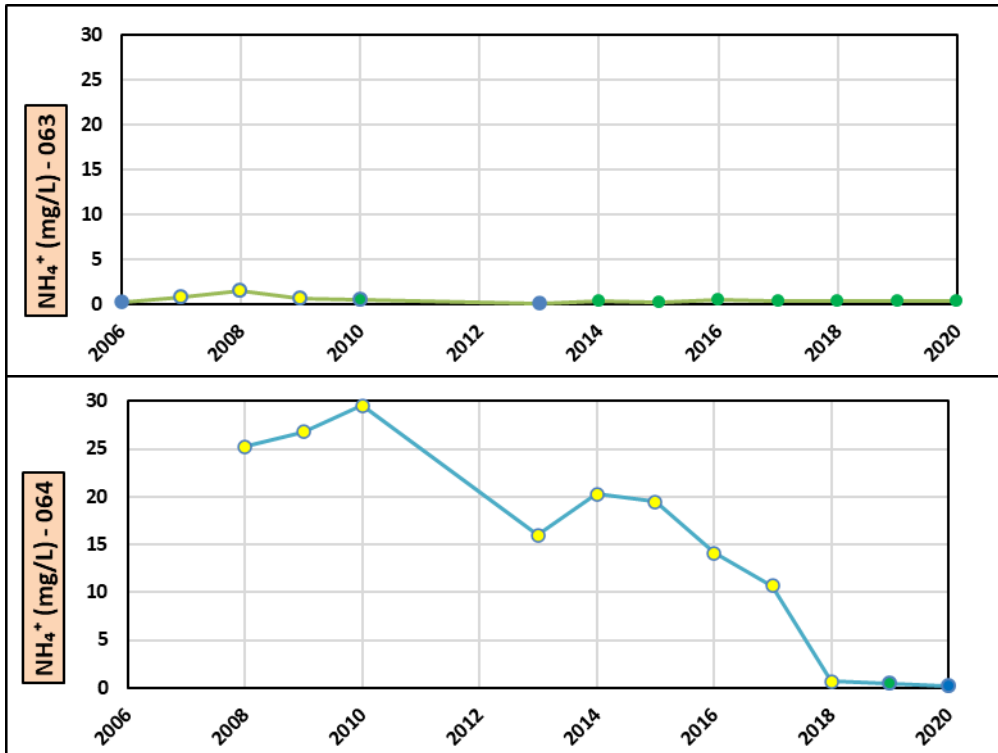
## REPRESENTACIÓN GRÁFICA

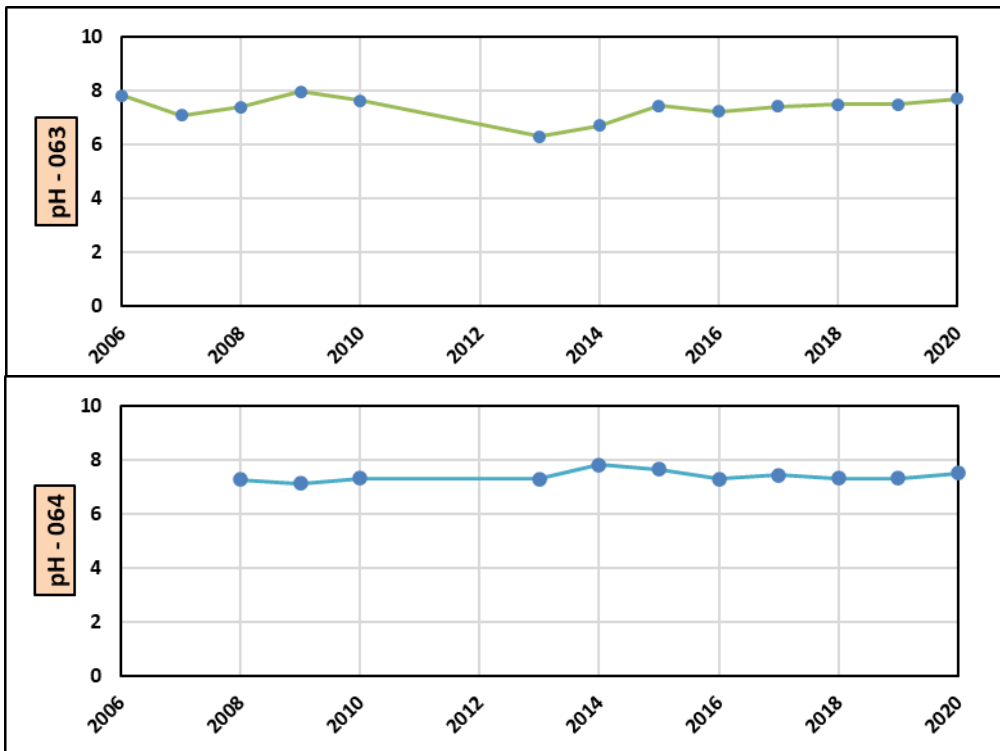
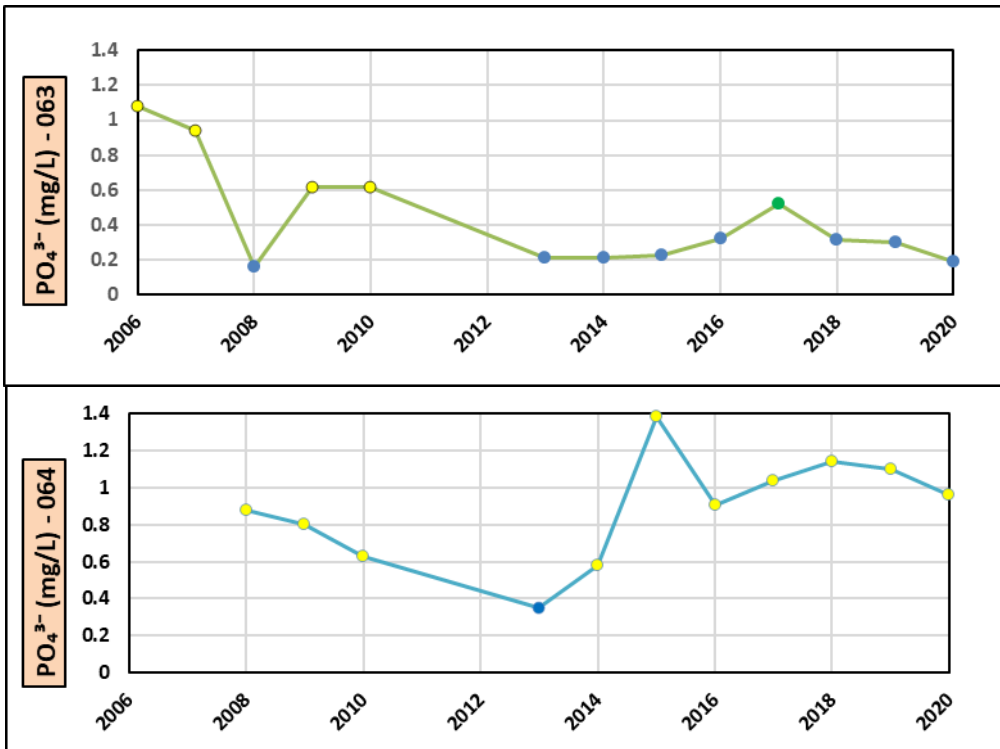
### INDICADORES BIOLÓGICOS



## INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS







**INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS**

