

INFORMES 2020

Protocolo para el diseño de reservas naturales fluviales

Planificación
sistemática y
participación
pública

Miguel Cañedo-Argüelles
Pau Fortuño
Virgilio Hermoso
Narcís Prat
Núria Bonada

Fundación
BBVA

Protocolo para el diseño de reservas naturales fluviales

**Planificación sistemática
y participación pública**

Miguel Cañedo-Argüelles
Pau Fortuño
Virgilio Hermoso
Narcís Prat
Núria Bonada

Primera edición, febrero 2020

© Los autores, 2020

© Fundación BBVA, 2020
Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao
www.fbbva.es

Copia digital de acceso público en www.fbbva.es

Al publicar el presente informe,
la Fundación BBVA no asume responsabilidad alguna
sobre su contenido ni sobre la inclusión en el mismo
de documentos o información complementaria
facilitada por los autores.

Edición y producción: Spanda editorial

ISBN: 978-84-92937-79-0
Depósito legal: BI-01031-2020

Impreso en España sobre papel con certificación PEFC,
elaborado según la normativa medioambiental europea.

Cómo citar este protocolo:
Cañedo-Argüelles, M., Fortuño, P., Hermoso, V., Prat, N., y Bonada, N.
«Protocolo para el diseño de reservas naturales fluviales – Planificación
sistemática y participación pública». Fundación BBVA, Informes (2020).

Índice

AUTORES	7
AGRADECIMIENTOS	9
RESUMEN / SUMMARY	11
PREFACIO	13
OBJETIVOS DEL PROTOCOLO	15
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	17
1.1.1 La necesidad de proteger los ecosistemas fluviales.	17
1.1.2 Planificación sistemática de la conservación de ecosistemas fluviales	19
1.1.3 Las Reservas Naturales Fluviales (RNF) en España.	20
1.2 Justificación.	22
1.3 Área de estudio.	22
2 PROPUESTA METODOLÓGICA Y EJEMPLO DE RESULTADOS EN EL PROYECTO RESERVAL	
2.1 Definición de los objetivos de conservación. Fase inicial de la participación.	25
2.1.1 Encuesta	25
2.1.2 Talleres de participación	28
2.1.3 Fusión de objetivos derivados del conjunto del proceso participativo	29
2.1.4 Objetivos finales derivados del trabajo científico-técnico y del proceso participativo	30
2.2 Compilación de datos	30
2.3 Definición de las unidades de planificación	33
2.4 Modelización de datos.	34
2.5 Identificación de las áreas prioritarias para la conservación.	36
2.6 Validación de las áreas prioritarias para la conservación	40

3 CONCLUSIONES

3.1 Principales resultados	45
3.2 Limitaciones y recomendaciones	47
3.3 Reflexión final	49

BIBLIOGRAFÍA	51
---------------------------	-----------

ÍNDICE DE CUADROS, ESQUEMAS Y GRÁFICOS	59
---	-----------

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS Y MAPAS	61
--	-----------

Autores

NÚRIA BONADA

Es doctora en Biología por la Universidad de Barcelona y profesora agregada Serra Húnter en el Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales de la Universidad de Barcelona y miembro del Instituto de Investigación de la Biodiversidad (IRBio) de la misma universidad. Actualmente dirige el grupo de investigación FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management), que integra más de 20 miembros de la Universidad de Barcelona y del CSIC. Ha colaborado con más de 40 investigadores nacionales e internacionales, y su investigación ha resultado en más de 120 publicaciones en formato artículo, capítulo de libro o libro. Ha sido editora de las revistas *Hydrobiologia*, *Aquatic Sciences* y *Biology Letters*. Actualmente es la presidenta de la Asociación Ibérica de Limnología (AIL). Sus intereses de investigación están relacionados con el estudio de los ecosistemas fluviales mediterráneos desde un punto de vista fundamental y aplicado.

MIGUEL CAÑEDO-ARGÜELLES

Es doctor en Ecología por la Universidad de Barcelona y miembro del Institut de Recerca de l'Aigua (IdRA) de la misma universidad. Ha realizado estancias postdoctorales en la Universidad de Algarve (Portugal) y en la Universidad Estatal de Oregón (EE.UU.), y en 2015 fue galardonado con una beca Marie Curie para incorporarse como investigador al centro tecnológico BETA de la Universidad de Vic. Es editor de la revista científica internacional *PLOS One* y codirige una red científica internacional sobre salinización de ecosistemas acuáticos en la Sociedad Internacional de Toxicología Ambiental y Química (SETAC por sus siglas en inglés). Ha sido profesor asociado en las universida-

des de Barcelona y Vic. Actualmente trabaja como investigador en el grupo FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management) de la Universidad de Barcelona.

PAU FORTUÑO

Es licenciado en Biología por la Universidad de Barcelona. Desde 2005 y hasta el año 2018 ha estado ejerciendo como personal técnico de soporte del grupo de investigación FEHM. En este periodo, ha coordinado proyectos de monitoreo en ríos, como por ejemplo el programa Qualitat Ecològica dels Rius de la Província de Barcelona, o proyectos de ciencia ciudadana como el RiuNet. A partir de 2018, ha pasado a formar parte del personal investigador en formación del grupo FEHM, con la intención de realizar una tesis doctoral que pretende valorar si la ciencia ciudadana y educación ambiental pueden mejorar la gestión y la investigación realizadas en los ríos mediterráneos.

VIRGILIO HERMOSO

Es doctor por la Universidad de Huelva, interesado en la planificación para la conservación de biodiversidad acuática y la restauración de ecosistemas fluviales. Tras seis años de investigación postdoctoral en la Universidad de Queensland y en la Universidad de Griffith, en Australia, se incorporó en 2015 como investigador Ramón y Cajal al Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña, donde desarrolla proyectos de investigación aplicada al campo de la toma de decisiones en problemas medioambientales. Es autor de más de 80 artículos científicos en revistas internacionales y de capítulos de obras centradas en la gestión y conservación de biodiversidad. Colabora asiduamente con

diversas ONG como WWF en la ayuda a la identificación de lugares prioritarios para la conservación en India, Bután o República Democrática del Congo, entre otros.

NARCÍS PRAT

Narcís Prat es catedrático de Ecología de la Universidad de Barcelona (UB) y fundador del grupo de investigación FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management) del Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales de la UB. Ha publicado casi 350 trabajos, tanto en revistas arbitradas como en capítulos de libros o de

divulgación. Destacan sus aportaciones en temas de biomonitorio, habiendo contribuido a la implementación de la DMA en España. Se interesa en la actualidad por aspectos relacionados con el cambio global, especialmente en ecosistemas acuáticos. Ha sido reconocido por su labor de divulgación científica con diversos premios, y es de destacar la aplicación de ciencia ciudadana *RiuNet* que permite a cualquier persona hacer el diagnóstico del estado ecológico de un río. Varias de las metodologías que el grupo FEHM ha implementado se utilizan para la medida del estado de conservación de las reservas fluviales y su seguimiento.

Agradecimientos

Los miembros del equipo del proyecto queremos mostrar nuestro agradecimiento a la Confederación Hidrográfica del Ebro, y en especial a Javier San Román y Rogelio Galván. Al CEDEX, especialmente a Fernando Magdaleno, y a otras entidades que ofrecieron su apoyo al proyecto desde sus inicios: el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (especialmente a Javier Sánchez); la Fundación Nueva Cultura del Agua (especialmente a Laura Sánchez por su dedicación y contribución); el Centro Ibérico de Restauración Fluvial; AEMS-Ríos con Vida (con agradecimiento especial a Pere Merino); y el Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. También a otras entidades que colaboraron en el desarrollo del mismo facilitando los talleres de participación, como la Universidad de la Rioja, Ecologistas en Acción, el Ayuntamiento

de Pamplona y el IRTA, especialmente a Rubén Ladrera, Camino Jaso y Carles Ibáñez.

Nuestro agradecimiento también a la Fundación BBVA por el apoyo al proyecto y la colaboración prestada en todo momento.

Igualmente queremos agradecer la estrecha colaboración facilitada por el gabinete de prensa de la Universidad de Barcelona.

Finalmente, nuestro agradecimiento a todas las personas que participaron tanto en la encuesta inicial, como en los talleres participativos que celebramos. Su esfuerzo resultó indispensable para los resultados del proyecto.

Resumen Summary

El gran valor que los ríos y arroyos tienen para el ser humano contrasta vivamente con su severa degradación y la escasa protección que se les confiere. Las Reservas Naturales Fluviales (RNF) suponen una gran oportunidad para revertir esta situación en España. Sin embargo, a menudo no está claro cuál es su objetivo ni qué criterios específicos se han empleado para su diseño (por ejemplo, existe una clara sobrerrepresentación de zonas de montaña). El principal propósito de este protocolo es establecer unas pautas metodológicas que permitan a las administraciones de las diferentes demarcaciones hidrográficas ampliar y completar su red de RNF, optimizando recursos y contando, asimismo, con un mayor consenso y apoyo social. Para su formalización, en primer lugar, se establecieron los objetivos de conservación que deberían cumplir las RNF, de acuerdo con un proceso de par-

In spite of the great value that rivers and streams have for human well-being, they are severely degraded and poorly protected. Freshwater Protected Areas (FEPAs) represent a great opportunity to reverse this situation in Spain. However, it is not clear what the objective of the FEPAs is or what specific criteria have been used in their design (for example, there is a clear overrepresentation of mountain areas). The main objective of this protocol is to establish methodological guidelines to help the administrations of the different river basins in expanding and completing their network of FEPAs, optimizing resources and mobilizing greater consensus and social support. Firstly, the conservation objectives to be met by FEPAs were

participación pública y criterios científico-técnicos. Posteriormente, se aplicaron herramientas de planificación sistemática de la conservación, que permitieran encontrar soluciones para la consecución de los objetivos de conservación al menor coste posible. Sucesivamente, la participación de diferentes actores puso de manifiesto que las RNF deberían servir de manera prioritaria para proteger la biodiversidad de los ríos y la diversidad de tipos fluviales, así como para proteger tramos prístinos y favorecer la conectividad ecológica. Los resultados de todo este proceso indicaron que la red actual de RNF no es suficiente para cumplir los mencionados objetivos de conservación. En este sentido, la aplicación del presente protocolo sería muy útil para proponer áreas prioritarias para la conservación que puedan ser incorporadas a la red de RNF en el futuro.

established in accordance with a process of public participation and scientific-technical criteria. Subsequently, systematic conservation planning tools were applied to find solutions to achieve conservation objectives at the lowest possible cost. The participation of different actors led to the conclusion that FEPAs should serve to protect biodiversity and habitat diversity, as well as to protect pristine stretches and favor ecological connectivity. According to the results of this study, the current network of FEPAs is not sufficient to meet these objectives. In this respect, the application of this protocol should be very useful to propose priority areas for conservation that could be incorporated in future into the FEPAs network.

Prefacio

Este estudio se enmarca dentro del desarrollo de la red de Reservas Naturales Fluviales (RNF) en España, que es una figura de protección con la «finalidad de preservar, sin alteraciones, aquellos tramos de ríos con escasa o nula intervención humana» (Ley 11/2005, del 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional). La declaración de las RNF atiende principalmente a la calidad de sus aguas o a sus características hidromorfológicas, persiguiendo la preservación de un conjunto de ríos representativos de las diferentes tipologías fluviales que existen en España y formando así una red de sitios de referencia. Se trata de una especie de catálogo de aquellos ríos de España que han conseguido permanecer ajenos a las múltiples presiones impuestas por la acción humana (contaminación del agua, construcción de embalses, destrucción de la vegetación de ribera, etc.). Actualmente existen declaradas en España un total de 189 RNF entre cuencas intracomunitarias (dependientes de las comunidades autónomas) e intercomunitarias (dependientes del Estado), que suponen un total de 3.003,34 km de tramos fluviales; existen aún otras 24 pendientes de su declaración que sumarían un total de 3.265,07 km de tramos fluviales protegidos. No obstante, como reconoce el propio Ministerio para la Transición Ecológica, aún resta mucho trabajo por hacer para ampliar esta red de RNF, ya que todavía existen algunas tipologías de ríos no representadas, así como desequilibrios entre unas cuencas y otras en cuanto a la cantidad de km bajo protección, potencial de nuevas reservas, etc.

El marco de actuación de las RNF constituye una oportunidad muy valiosa para mejorar la protección de los gravemente amenazados ecosistemas fluviales españoles. Sin embargo, los recursos humanos

y económicos que pueden destinarse a tal causa son limitados, obligando a llevar a cabo una priorización de los ríos que han de ser declarados RNF. Es en este contexto que nace el proyecto *Reservial*, promovido por el grupo de investigación FEHM (*Freshwater Ecology, Hydrology and Management*) del Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales de la Universidad de Barcelona, en colaboración con la Fundación Nueva Cultura del Agua y con el apoyo de la Fundación BBVA. La meta principal del proyecto fue la de desarrollar una metodología para identificar tramos fluviales prioritarios para la conservación, en base a criterios objetivos, cuantificables y consensuados. Esto se realizó mediante la aplicación de herramientas de planificación sistemática de la conservación, que son un tipo de herramientas novedosas utilizadas en el diseño de redes de espacios protegidos (se utilizaron, por ejemplo, para diseñar el Parque Nacional de la Gran Barrera de Coral en Australia), que permiten identificar qué lugares deben de protegerse para conseguir los objetivos de conservación al menor coste posible.

Ahora bien, el uso de estas herramientas plantea un reto técnico y conceptual importante: se deben definir claramente los objetivos de conservación que se quieren alcanzar y evaluar los costes asociados a la declaración de las zonas protegidas. Esto nos lleva a la pregunta clave planteada en el proyecto *Reservial*: *¿Qué objetivos de conservación deberían cumplir las RNF en España?* Para responder esta cuestión se llevó a cabo un proceso de participación pública en el que estuvieron representados amplios sectores de la sociedad. Así pues, la metodología propuesta en este protocolo combina herramientas de planificación sistemática de la conservación (que se sirven de algoritmos de

optimización para encontrar soluciones a objetivos de conservación previamente establecidos) y procesos de participación pública (encuestas y talleres) para mejorar la planificación de las RNF en España, que como se ha descrito, se centra actualmente en preservar exclusivamente ríos prístinos y de elevado valor paisajístico. Dada la cantidad y complejidad de la información necesaria para este ejercicio de planificación sistemática de la conservación, se decidió utilizar una única cuenca piloto: la cuenca del río Ebro.

Pensamos que la metodología que hemos aplicado para la cuenca del Ebro -con todas las variantes que la misma permite para ajustarse a objetivos,

necesidades, y limitaciones técnicas- puede ser muy útil para que las diferentes demarcaciones hidrográficas en España completen y mejoren su propia red de RNF, optimizando esfuerzos y dando las mayores garantías de cumplimiento de los objetivos que cada una se plantee, o que puedan plantearse de forma general. De ahí que hayamos querido publicar este protocolo basado en la experiencia del proyecto *Reservial*, que confiamos sea de utilidad para que la red de RNF de España garantice la representación de todas las tipologías fluviales nativas, así como la conservación de su biodiversidad asociada, con un fuerte apoyo social, y al menor coste y esfuerzo administrativo posible.

Objetivos del protocolo

El principal objetivo de este protocolo es establecer unas pautas metodológicas que permitan a las administraciones de las diferentes demarcaciones hidrográficas ampliar y completar su red de RNF, optimizando recursos y con un mayor consenso y apoyo social.

Para ello expondremos la metodología base desarrollada y aplicada, así como los resultados obtenidos en el proyecto *Reservial* que ha llevado a cabo el grupo de investigación FEHM de la Universidad de Barcelona en colaboración con la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Los objetivos específicos del proyecto fueron:

1. Establecer los objetivos de conservación que deberían de cumplir las RNF de acuerdo con un proceso de participación pública y criterios científico-técnicos.
2. Establecer los elementos e indicadores a utilizar para la consecución de los objetivos de conservación fijados.
3. En base a estos elementos e indicadores, aplicar herramientas de planificación sistemática de la conservación que permitan encontrar soluciones para la consecución de los objetivos de conservación al menor coste posible.

1 Introducción

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 LA NECESIDAD DE PROTEGER LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES

Tan sólo un 0,58% de la superficie terrestre (descontando mares y océanos) está ocupada por ríos y arroyos (Allen y Pavelsky 2018). Sin embargo, su contribución al mantenimiento de la biodiversidad y la provisión de bienes y servicios es muy significativa (Esquema 1.1). Por ejemplo, se calcula que alrededor de un 6% de las especies de nuestro planeta vive en ecosistemas de agua dulce, incluyendo ca-

si la mitad de las especies de peces y un tercio de las especies de vertebrados (Naiman et al. 2006). Al mismo tiempo, los ecosistemas fluviales son claves para el bienestar humano al proveernos de elementos tan esenciales como agua limpia, energía y materias primas (los llamados servicios ecosistémicos de los ríos), y sostener asimismo muchas de nuestras actividades recreativas y de desarrollo social y espiritual (Haines-Young y Potschin 2010; Costanza et al. 1997; Postel y Carpenter 1997). Por último, a pesar de la reducida superficie que ocupan, se ha demostrado que los ríos y arroyos pueden jugar un papel relevante en el cambio climático a través del ciclo del carbono (Battin et al. 2009; Cole et al. 2007).



Esquema 1.1: Esquema de funciones y servicios de los ecosistemas de Haines-Young, 2010 modificado

El gran valor que estos ecosistemas tienen para el ser humano contrasta vivamente con la severa degradación que sufren y la escasa protección que se les confiere (Dodds, Perkin y Gerken 2013). Los ríos y arroyos se ven sometidos a múltiples presiones (Meybeck 2003), entre las que destacan la construcción de presas (Lehner et al. 2011; Zarfl et al. 2015; Hermoso 2017), la contaminación por pesticidas (Schäfer, Brink y Liess 2011) y por vertidos de aguas residuales (Walsh et al. 2005), la extracción de agua (Poff et al. 2003; Arthington 2012), la salinización (Cañedo-Argüelles et al. 2013), o las especies invasoras (Strayer 2010). Al mismo tiempo, su protección es insuficiente y frecuentemente quedan excluidos de las áreas protegidas, a veces incluso siendo usados para delimitar dichas áreas (Hermoso et al. 2015a; Nel et al. 2007; Rodríguez-Merino et al. 2019). Esto ha resultado, entre otras cosas, en una tasa de extinción de especies de agua dulce entre cuatro y cinco veces mayor que la de los ecosistemas terrestres y marinos (Dudgeon et al. 2006).

Los ecosistemas fluviales necesitan de figuras de protección específicas que tengan en cuenta sus atributos esenciales (Hermoso et al. 2016), como, por ejemplo, la estructura dendrítica de las cuencas fluviales (Benda et al. 2004; Campbell Grant, Lowe y Fagan 2007) que conecta, no sólo especies (por ejemplo, poblaciones de peces migrantes), si no también procesos (por ejemplo, exportaciones de sedimento a lo largo de la cuenca hacia el mar), o las variaciones temporales en la disponibilidad de hábitats de acuerdo con los cambios en el caudal (Lytle y Poff 2004; Cid et al. 2017). Aunque este tipo de figuras de protección son aún escasas, existen algunos ejemplos alrededor del mundo. En los Estados Unidos de América se confiere cierta protección a los ríos de alto valor paisajístico (Wild and Scenic Rivers Council 2018), y en Australia la ley establece que los ríos de alto valor de conservación deben ser identificados y protegidos durante los procesos de planificación hidrológica (National Water Commission 2004). Sin embargo, ninguna de estas figuras se construyó en base a una plani-

Cuadro 1.1: Principales servicios ecosistémicos de los ríos identificados y valorados por el proyecto para la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España (2011).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS VALORADOS	
ABASTECIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> — Alimento tradicional — Medicinas naturales — Agua dulce — Energía renovable — Acervo genético — Materias de origen biótico — Materias de origen geótico (ej.: gravas)
REGULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> — Regulación climática — Control biológico — Calidad del aire — Perturbaciones naturales — Regulación hídrica — Control de la erosión — Fertilidad del suelo
CULTURALES	<ul style="list-style-type: none"> — Conocimiento científico — Educación ambiental — Actividades recreativas — Identidad cultural — Disfrute estético — Conocimiento ecológico local — Disfrute espiritual y religioso

ficación sistemática, incorporando criterios objetivos y consensuados de conservación. Hasta la fecha, el único ejemplo de protección específica de ecosistemas fluviales usando herramientas de planificación sistemática de la conservación lo encontramos en Sudáfrica, donde la aplicación de estas herramientas, junto con una extensa y activa participación pública e institucional, resultó en la declaración de áreas para la protección de la biodiversidad de agua dulce, destinadas a cumplir las metas nacionales de conservación de la biodiversidad (Nel et al. 2016). Pero, ¿qué es exactamente la planificación sistemática de la conservación? ¿Por qué es importante?

1.1.2 PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS FLUVIALES

Como hemos mencionado, los ecosistemas fluviales se encuentran bajo una enorme presión. El agua potable es un bien cada vez más preciado (Vorosmarty et al. 2010), cuya escasez puede incluso llegar a ser motivo de conflictos sociales (Poff et al. 2003; Gleick 2014) y de migraciones humanas (Warner et al. 2009). Así pues, la declaración de espacios fluviales protegidos puede verse como una importante carga económica y social, ya que limita su explotación como recurso para los seres humanos. Esta perspectiva obvia los valiosos bienes y servicios que los ecosistemas fluviales protegidos pueden ofrecer (Cuadro 1.1), pues al tratarse de bienes menos tangibles (por ejemplo, regulación del clima, o prevención de erosión e inundaciones) son generalmente menos valorados por la sociedad (Norgaard 2010). En cualquier caso, resulta evidente que la declaración de espacios fluviales protegidos entra en conflicto con numerosos intereses humanos. Esto, sumado a la escasez de recursos económicos que se destinan a la protección y gestión de los ecosistemas de agua dulce, hace urgente y necesario identificar espacios prioritarios para la conservación (Nel et al. 2009).

Es aquí donde entra en juego la planificación sistemática de la conservación, que puede definirse como una herramienta para identificar configuraciones de áreas complementarias que permiten alcanzar metas de conservación explícitas y objetivas al menor coste posible (Pressey et al. 2007).

La planificación sistemática de la conservación se basa en seis principios fundamentales (Margules y Pressey 2000):

1. Se debe establecer claramente qué es lo que queremos conservar: los llamados *objetos de conservación* (por ejemplo, la diversidad total de especies, las poblaciones de una especie determinada, o la diversidad de hábitats).
2. Deben formularse metas explícitas y, si es posible, cuantificables, para cada objeto de conservación (por ejemplo, proteger un 20% del rango de distribución de una especie determinada).
3. Se deben tener en cuenta las áreas protegidas ya existentes para evitar duplicar los esfuerzos de conservación.
4. Se han de utilizar métodos espaciales sencillos para localizar las áreas prioritarias para la conservación que han de complementar a las áreas protegidas ya existentes.
5. Se han de establecer criterios explícitos para la implementación en el terreno de las áreas protegidas.
6. Se han de formular mecanismos y objetivos para mantener las áreas protegidas en buen estado de conservación, e implementar planes de seguimiento para dichos objetos de conservación.

Los métodos tradicionales utilizados para la identificación de áreas prioritarias para la conservación, los denominados métodos *ad-hoc* (Pressey et al., 1994), basados en la oportunidad (selección de zonas de bajo potencial económico) o en valores ajenos a la propia biodiversidad que se pretende conservar (valor paisajístico o de recreación), derivan en la protección de zonas fáciles de conservar, obviando aquellas zonas que merecen una atención más urgente (Pressey, 1994; Knight, 1999; Pressey et al., 2000a,b). Las áreas protegidas identificadas de esta forma no garantizan la protección de todas las especies amenazadas (Hermoso et al., 2015a) y, por tanto, limitan la efectividad de los esfuerzos de conservación. En este sentido, el uso de herramientas de planificación sistemática mejora significativamente la representatividad y la eficiencia de las áreas protegidas (Pressey y Tully, 1994).

1.1.3 LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES (RNF) EN ESPAÑA

Como ya hemos explicitado en el Prefacio, el grave deterioro de gran parte de nuestros ríos hace necesaria la protección específica de tramos fluviales. Así, inspirándose en la Directiva Marco del Agua (DMA) (Directiva 2000/60/CE; European Commission 2000), surgió el concepto de Reserva Natural Fluvial (RNF), recogido en la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, que introdujo un cambio en el artículo 42 (punto 1.b.c) del texto refundido de la Ley de Aguas:

La asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuros, así como para la conservación y recuperación del medio natural. A este efecto se determinarán: Los caudales ecológicos, entendiéndose como tales los que mantiene como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera. Las reservas naturales fluviales, con la fi-

nalidad de preservar, sin alteraciones, aquellos tramos de ríos con escasa o nula intervención humana. Estas reservas se circunscribirán estrictamente a los bienes de dominio público hidráulico.

Posteriormente, es el Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007, de 6 de julio) el que dentro de la Sección 4ª relativa a Zonas Protegidas, en el artículo 22 del RD, da algo más de desarrollo a la figura de RNF, estableciendo el objetivo general, los criterios y requisitos, así como los órganos competentes para su declaración y gestión:

1. *Con el objetivo de preservar aquellos ecosistemas acuáticos fluviales que presentan un alto grado de naturalidad, el plan hidrológico recogerá las reservas naturales fluviales declaradas por las administraciones competentes de la demarcación o por el Ministerio de Medio Ambiente. Estas reservas corresponderán a masas de agua de la categoría río con escasa o nula intervención humana. Dichas masas se incorporarán al registro de zonas protegidas.*



Fotografía 1.1: RNF Nacimiento del Genil, en Granada, localizada en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir

2. *Para identificar dichas masas de agua se tendrá en cuenta la naturalidad de su cuenca, la existencia de actividades humanas que puedan influir en sus características fisicoquímicas e hidrológicas, el estado ecológico, la incidencia de la regulación del flujo de agua y la presencia de alteraciones morfológicas.*
3. *El estado ecológico de dichas reservas será muy bueno, por lo que podrán considerarse como sitios de referencia.*
4. *Cualquier actividad humana que pueda suponer una presión significativa sobre las masas de agua definidas como reservas naturales fluviales deberá ser sometida a un análisis específico de presiones e impactos, pudiendo la administración competente conceder la autorización correspondiente en caso de que los efectos negativos no sean significativos ni supongan un riesgo a largo plazo. Los criterios para determinar dichas presiones significativas se establecerán en el plan hidrológico.*
5. *En el resumen de los programas de medidas del plan hidrológico se incluirán las medidas de protección adoptadas por las autoridades competentes de la demarcación hidrográfica en las reservas naturales fluviales.*

Tras un primer intento de aprobación de 135 RNF en las demarcaciones intercomunitarias dependientes del Estado, tan solo se pudieron declarar 82 RNF mediante acuerdo del Consejo de Ministros, ya que el resto de las propuestas incumplía el criterio de estar en «muy buen estado». A la vista de este hecho, y con el objetivo de introducir mayor claridad de criterios, dar mayor flexibilidad a la figura de RNF, e incorporar nuevas figuras de reservas hidrológicas, el 29 de diciembre de 2016 se publicó el Real Decreto 638/2016, del 9 de diciembre, por el que se modificaba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH). Finalmente, dicho reglamento habla de tres tipos de reservas hidrológicas: las RNF, que nos ocupan en este protocolo, las Reservas Naturales Lacustres (RNL), y las Reservas Naturales Subterráneas (RNS), todas ellas quedando suscritas a los bienes de dominio público hidráulico. Este nuevo RDPH establece los siguientes criterios:

- a. *En cuanto al estado, se podrán declarar como reserva hidrológica aquellas que estando en muy buen estado o buen estado, tengan una relevancia especial, bien por su singularidad, representatividad de las distintas categorías o tipos de masas de agua. O por ser consideradas como sitios de referencia de la Directiva Marco del Agua (DMA).*
- b. *En cuanto a las características hidromorfológicas, se podrán declarar como reserva hidrológica aquellas que sean representativas de las distintas hidromorfologías existentes.*

Con esta modificación, finalmente se pudieron aprobar, el 10 de febrero de 2017, las 53 RNF que quedaban pendientes y que suponían 135 RNF para el total de las cuencas intercomunitarias. Si a esta cifra le sumamos las 54 RNF declaradas en las demarcaciones intracomunitarias, resulta un total de 189 RNF declaradas actualmente en España: un total de 3.003,34 km de tramos fluviales. Quedarían aún por incorporar otras 24 RNF que están propuestas, a falta de su declaración formal en cuencas intracomunitarias -concretamente en las andaluzas-, lo que sumaría un total de 213 RNF y 3.265,07 km de tramos fluviales protegidos.

A pesar de los esfuerzos realizados, la actual red de RNF no es suficiente, ya que, como reconoce el propio Ministerio para la Transición Ecológica, no están aún representadas todas las tipologías fluviales e hidromorfológicas. Además, existen numerosos tramos fluviales que por su buen estado de conservación podrían incorporarse a esta red, como propone Ecologistas en Acción, que en su último informe sobre las RNF considera necesaria y urgente la declaración de, cuanto menos, 50 nuevas reservas naturales fluviales en diversas demarcaciones, que implicarían 600 km más de ríos bajo esta figura de protección (Urquiaga y Martín, 2017). Por nuestra parte, el equipo de investigadores del proyecto *Reservial* también considera que la actual red de RNF puede mejorarse y completarse en gran medida para ofrecer mayores garantías de incorporar la componente biodiversidad, es decir, que el conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos de cada demarcación -o al menos un buen porcentaje de la misma y todas las especies endémicas o bajo alguna categoría de amenaza- estén incluidas bajo el paraguas de esos tramos fluviales protegidos. Una mejora orientada, asimismo, a fomentar el consenso social y el conocimiento de la población acerca de la importancia de estos tramos protegidos mediante procesos participativos específicos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La figura de RNF es oportuna y necesaria, ya que podría convertirse en un elemento clave para revertir la preocupante pérdida de biodiversidad fluvial y asegurar el acceso de generaciones futuras a bienes y servicios claves para el bienestar humano. Sin embargo, el enfoque actual de las RNF se centra en ríos en muy buen estado de conservación y de alto valor paisajístico. Por lo general, estos ríos se encuentran en zonas de montaña (tramos de cabecera) y/o dentro de zonas protegidas y, por tanto, están sometidos a escasas o nulas presiones humanas. Así pues, la red de RNF declaradas hasta el momento engloba ríos de alto valor como sitios de referencia pero que no se encuentran amenazados, y ofrece una escasa representación de ciertos tipos de ríos (por ejemplo ríos temporales o ríos costeros, tramos medios y bajos, etc.). Por tanto, atendiendo a cuál sea el objetivo de conservación que se quiera alcanzar a través de las RNF, la red actual puede resultar insuficiente. Por ejemplo, si el objetivo fuera el de proteger la biodiversidad acuática en su conjunto, sería necesario tener una mayor representatividad de algunos tipos fluviales, como por ejemplo los ríos temporales que, a pesar de alojar una biodiversidad menor que los ríos permanentes (Soria et al. 2017), tienen especies únicas que han desarrollado adaptaciones para resistir los períodos de sequía (Bogan et al. 2017). Al mismo tiempo, para proteger la biodiversidad en su conjunto es muy importante tener en cuenta la conectividad entre poblaciones y comunidades a lo largo de la red fluvial (Hermoso et al. 2011). En este sentido, una sobrerrepresentación de tramos de montaña resultaría ineficiente, ya que supondría la protección de poblaciones y comunidades aisladas en la cabecera de los ríos, exponiendo al resto de la red fluvial a las amenazas derivadas de la acción humana. Sería necesario garantizar la existencia de corredores ecológicos, protegiendo -y restaurando si fuera necesario- tramos esenciales para la dispersión biológica (por ejemplo, migraciones de peces) y las zonas de refugio (como las zonas de cría de anfibios), que pueden estar situados en zonas medias o bajas de la cuenca fluvial, lejos de la cabecera.

Así pues, uno de los objetivos de este protocolo es el de mostrar cómo podemos evaluar la eficiencia

de la actual red de RNF y, en caso de ser necesario, identificar tramos de incorporación prioritaria a dicha red en el futuro. Dado que para poder evaluar la eficiencia de las RNF es necesario definir los objetivos que las mismas deben cumplir, el otro gran propósito de este protocolo es el de proponer una forma participativa de obtener un listado de objetivos de conservación claros, consensuados y cuantificables. Es importante recalcar que, más allá de los objetivos específicamente referidos a las RNF, la metodología desarrollada en el proyecto *Reservial* y los resultados derivados de su aplicación en la cuenca del río Ebro pueden resultar útiles para la identificación de zonas prioritarias para la conservación de manera general, ya que son perfectamente extrapolables a otras demarcaciones, otros países y ecosistemas (por ejemplo, a lagos o humedales).

1.3 ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Ebro es la más extensa dentro de España, con una longitud de 910 km y una superficie total de drenaje de 85.550 km², cubriendo amplios gradientes ambientales. El río Ebro discurre a lo largo de diferentes sustratos geológicos y bebe de numerosas fuentes hasta desembocar en el mar Mediterráneo, donde se forma el delta del Ebro. Esto da como resultado una gran variedad de tipos fluviales, como por ejemplo pequeños arroyos que discurren a gran velocidad por escarpadas montañas silíceas, o anchos cauces que discurren tranquilos por sustratos sedimentarios mixtos (Bejarano et al. 2010). La heterogeneidad de tipos fluviales se ve favorecida por las variaciones topográficas, las influencias contrastantes de las condiciones atlánticas y mediterráneas, y la influencia de diversos patrones atmosféricos a gran escala, como la oscilación del Atlántico Norte, la oscilación mediterránea, y la oscilación del Mediterráneo Occidental (Vicente-Serrano et al. 2009; Vicente-Serrano y López-Moreno 2006). Esto genera un amplio espectro de condiciones hidrológicas que varían en el tiempo y en el espacio (López-Moreno et al. 2011), dando lugar a ríos y arroyos con diversos regímenes de caudal: desde tramos de caudal abundante y permanente, hasta cauces secos por los que el agua solamente discurre de manera efímera durante los episodios de lluvias torrenciales.



Fotografía 1.2: El río Hozgarganta es un río temporal de la cuenca del Guadiaro que transcurre dentro del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz). Muchos de los ríos temporales tienen especies únicas con adaptaciones que permiten soportar la sequía estival

El caudal medio del río es de $18,2 \text{ km}^3/\text{año}$ (con un máximo de $29,7 \text{ km}^3/\text{año}$ y un mínimo de $8,4 \text{ km}^3/\text{año}$) y se encuentra intensamente explotado a través de 230 presas (Batalla, Gomez y Kondolf 2004; Bejarano et al. 2010). Por ejemplo, aproximadamente la mitad del caudal de los ríos Pirenaicos de la cuenca del Ebro está represado, permitiendo la canalización de $1.947 \text{ hm}^3/\text{año}$ de agua utilizada para regar 295.748 ha de terreno (López-Moreno et al. 2011). En 2007 un 45% del área de la cuenca se encontraba irrigada, y se calcula que para el 2027 esta superficie podría aumentar hasta el 75% (Milano et al. 2013). Esto supone una gran presión para el ecosistema fluvial, no sólo en términos de reducción de caudal, sino también en términos de contaminación difusa en forma de fertilizantes, metales, y pesticidas (Claver et al. 2006; Feo et al. 2010; Torrecilla et al. 2005; Rodríguez, López y Grau 2006). De manera adicional, en algunas zonas el exceso de agua de riego

provoca la concentración de sales en el suelo, que son lavadas hasta el río por la escorrentía superficial (Isidoro, Quílez y Aragüés 2006; Barros, Isidoro y Aragüés 2012). A las presiones provocadas por la agricultura se le suman otras como las aguas residuales industriales y urbanas (que no solo contienen concentraciones elevadas de nutrientes, si no también numerosas sustancias químicas), provocando una situación de estrés múltiple para la biodiversidad que pone en peligro el funcionamiento del ecosistema fluvial (Mondy, Muñoz y Dolédec 2016; De Castro-Català et al. 2015). Esta situación se verá agravada en el futuro, ya que tanto el incremento en la demanda de agua para consumo humano, como la menor disponibilidad de agua debida al cambio climático, provocarán un descenso en el caudal del río, limitando su capacidad de dilución de contaminantes (Milano et al. 2013).

Al mismo tiempo, la importancia de la cuenca del río Ebro para la biodiversidad asociada a los ecosistemas fluviales de la península ibérica es muy elevada. Destacan especies endémicas peninsulares como los peces *Cobitis calderoni*, *Cobitis palúdica*, *Chondrostoma arcasii*, *Squalius pyrenaicus*, y endémicas de España como *Barbus graellsii*, *Barbus Haasi*, *Chondrostoma miegii*, *Aphanius Iberus* y *Valencia hispánica*; y vegetales como el limonostro (*Limonastrum monopetalum*) y el zigopilo (*Zygopuillum álbum*). También debemos destacar la presencia del molusco *Margaritifera auricularia*, para el que la cuenca del Ebro conserva la única población mundial considerada viable. Otras cifras destacables que dan una idea de la biodiversidad que representa esta cuenca

son las más de 150 especies de macrófitos y macroalgas que alberga, o el dato de que en esta cuenca están presentes el 48% de las especies autóctonas de peces citadas en la península ibérica. A la biodiversidad de sus aguas se asocia la no menos importante biodiversidad vegetal de sus riberas, y todas las especies de fauna y flora asociada a riberas y humedales del río. También existen actualmente serias amenazas para la biodiversidad debido a la presencia de multitud de especies invasoras, como el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) o el siluro europeo (*Silurus glanis*), cuya presencia y control también deben tenerse en cuenta en toda actuación o planificación relacionada con la conservación.



Fotografía 1.3: Eje principal del río Ebro a su paso por Miravet

2

Propuesta metodológica y ejemplo de resultados en el proyecto Reservial

2.1 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN. FASE INICIAL DE LA PARTICIPACIÓN.

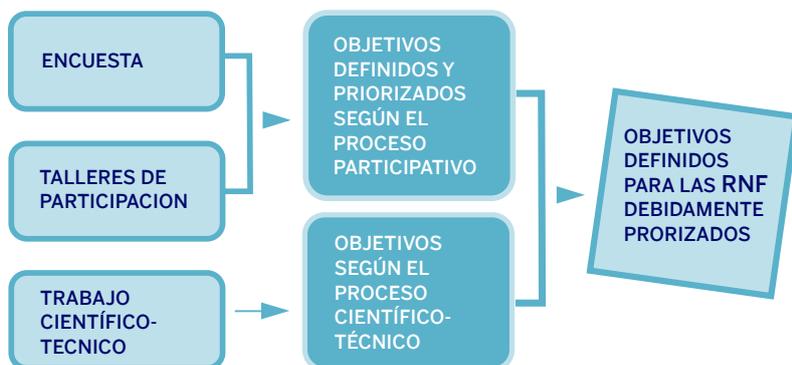
La experiencia piloto del proyecto *Reservial* desarrollada en la cuenca del Ebro, nos permite afirmar que resulta necesario, y es perfectamente viable, contar con un proceso de participación pública a la hora de decidir los objetivos y criterios para la selección de una red de RNF en una determinada demarcación hidrográfica. Esto, además, supone mayores garantías en la futura conservación de dichos tramos, gracias al consenso social que se consigue y también al propio conocimiento que se genera en el conjunto de actores implicados o interesados. En el proyecto *Reservial* se combinaron varias vías de trabajo para obtener unos criterios y objetivos de conservación coherentes, consensuados y, además, priorizados. Esto último, la priorización, resulta indispensable cuando en la práctica hay que decidir hasta dónde se pueden invertir o dedicar recursos, o bien por dónde empezar, en el caso de que la declaración

de las futuras RNF no pueda hacerse en una sola actuación. En estas circunstancias, proponemos que se siga un proceso participativo de similares características, adaptable a cada caso según los recursos y el tiempo disponible.

La definición de objetivos para una cuenca determinada puede hacerse a partir de un trabajo de participación específico entre expertos y colectivos interesados, teniendo en consideración la opinión del equipo técnico-científico responsable del trabajo, según se muestra en el Esquema 2.1. Asimismo, este proceso participativo también puede formar parte de los procesos de participación que dan lugar a los planes hidrológicos de la cuenca.

2.1.1 ENCUESTA

Aunque en la experiencia del proyecto *Reservial* la encuesta se realizó a nivel nacional (si bien se obtuvieron algunas respuestas de expertos de otros países), cubriendo diferentes colectivos, pensamos que estas opiniones son válidas para todas



Esquema 2.1: Esquema del proceso de definición de los objetivos para las RNF

las cuencas fluviales, y no se requeriría una repetición de dicha encuesta en caso de aplicarse el presente protocolo a otras áreas (salvo que haya transcurrido un tiempo significativo). Sin embargo, sería un aliciente para mejorar la participación a nivel de cuenca si dicha encuesta, similar o parecida a la que se ha utilizado en *Reservial*, se realizase de manera específica entre actores de la demarcación hidrográfica sobre la que se esté trabajando. Si este protocolo se aplica en otros países sería interesante repetir esta encuesta adaptada al país correspondiente. En la misma, es importante que siempre se solicite la priorización de los objetivos o criterios propuestos.

A continuación, se detallan las preguntas formuladas en el cuestionario definido para el proyecto *Reservial*, seguidas del resultado obtenido en relación a los objetivos priorizados para la demarcación hidrográfica utilizada como piloto (cuenca del río Ebro).

2.1.1.1 Cuestionario de la encuesta del proyecto *Reservial*

1. ¿Conoces, aunque no sea en detalle, la figura de protección de tramos fluviales denominada *Reserva Natural Fluvial*?

- a. Sí
- b. No

2. ¿Conocías previamente a esta encuesta que hay tramos fluviales en la cuenca del Ebro declarados como *Reserva Natural Fluvial* desde 2015?

- a. Sí
- b. No

(Contestar 3, 4 y 5 sólo si se ha contestado afirmativamente a la pregunta anterior)

3. ¿Tienes idea del número de *Reservas Naturales Fluviales* declaradas en la cuenca del Ebro?

- a. Entre 1 y 5
- b. Entre 6 y 10
- c. Entre 11 y 15
- d. Más de 15

4. ¿Tienes idea del total de kilómetros declarados como *Reserva Natural Fluvial* en la cuenca del Ebro?

- a. Entre 0 y 75 km

- b. Entre 76 y 150 km
- c. Entre 151 y 225 km
- d. Entre 226 y 300 km
- e. Más de 300 km

5. ¿Conoces alguna de las *Reservas Naturales Fluviales* declaradas en la cuenca del Ebro? En caso afirmativo, ¿puedes citar alguna en concreto?

- a. No
- b. Sí, Por ejemplo:

6. Consideras que la implementación de *Reservas Naturales Fluviales* en España es:

- a. Necesaria y prioritaria
- b. No prioritaria, pero sí necesaria
- c. No necesaria

7. ¿Crees que debería resultar imprescindible que un tramo fluvial esté en estado prístino, prácticamente inalterado, para ser declarado *Reserva Natural Fluvial*?

(Puedes elegir más de una opción)

- a. Sí
- b. También podrían declararse tramos no prístinos que tengan interés para la conservación de especies de interés o procesos naturales de dinámica fluvial singulares.
- c. También podrían declararse tramos no prístinos que tengan interés desde un punto de vista social (por ejemplo, interés por zonas de baño, desde un punto de vista histórico-simbólico, etc.).
- d. No, pero en cualquier caso deben ser tramos con un buen estado de conservación y naturalidad.

8. ¿A qué objetivos consideras que debe responder una *Reserva Natural Fluvial*? Si eliges más de una opción indica con un número el orden, según las consideres más o menos prioritarias. (1 la más prioritaria, 2, 3... y así sucesivamente).

- a. Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos)
- b. Protección y conservación de fauna piscícola
- c. Protección y conservación de invertebrados acuáticos
- d. Protección y conservación de caudales
- e. Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada
- f. Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos

- g. Protección y conservación de especies amenazadas
- h. Función de corredor y conectividad ecológica
- i. Protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial
- j. Protección y conservación del patrimonio natural
- k. Protección y conservación del patrimonio histórico y etnográfico
- l. Protección y conservación de tramos fluviales de interés científico

9. Crees que el diseño de redes de *Reservas Naturales Fluviales* y su declaración como tales debería realizarse en base a:

(Puedes elegir más de una opción)

- a. Criterios científico-técnicos
- b. Criterios sociales
- c. Criterios económicos (coste de implementación de las reservas)
- d. Todos los anteriores

10. ¿Sabes qué son las herramientas de planificación sistemática aplicadas al diseño de redes de espacios protegidos?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé exactamente en qué consiste, pero he oído algo sobre el tema.

11. ¿Consideras que deben existir planes específicos de uso y gestión para las *Reservas Naturales Fluviales* ?

- a. Sí, porque es necesario gestionar cada *Reserva Natural Fluvial* teniendo en cuenta los objetivos y criterios específicos que hayan motivado su declaración
- b. Sí, porque debe ser algo exigible para cualquier figura de protección de espacios naturales
- c. Sí por los dos motivos anteriores
- d. No, porque la propia figura de reserva natural fluvial ya aclara lo que puede y no puede hacerse en estos tramos de ríos y no es necesario nada más
- e. No, porque suponen un coste excesivo de recursos humanos y económicos para la administración
- f. No, por los dos motivos anteriores
- g. No, por otros motivos

12. ¿Has sido consultado/a de forma personal o a través de alguna entidad a la que perteneces para opinar respecto a la declaración de las actuales *Reservas Naturales Fluviales* en la cuenca del Ebro?

- a. No
- b. Sí, fui consultado personalmente por ser un profesional relacionado con la materia
- c. Sí, fui consultado como ciudadano
- d. Ha sido consultada una ONG conservacionista o ambiental a la que pertenezco
- e. Ha sido consultada una asociación o plataforma ciudadana a la que pertenezco
- f. Ha sido consultada una administración pública en la que trabajo o a la cual represento
- g. Sí. Otras opciones.

13. ¿Consideras que la participación pública es necesaria en el diseño y decisión de los tramos fluviales a declarar como *Reservas Naturales Fluviales* en una cuenca?

- a. Sí, resulta indispensable.
- b. Puede resultar un complemento a los criterios y justificaciones científico-técnicas.
- c. No es necesaria.

2.1.1.2 Resumen del resultado del cuestionario en el proyecto Reserval

A continuación, se detallan los objetivos propuestos en orden de prioridad derivados de la encuesta realizada en el proyecto *Reserval*:

1. Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos
2. Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos)
3. Protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial
4. Función de corredor y conectividad ecológica
5. Protección y conservación de caudales
6. Protección y conservación de especies amenazadas
7. Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada
8. Protección y conservación del patrimonio natural
9. Protección y conservación del patrimonio histórico y etnográfico

10. Protección y conservación de fauna piscícola
11. Protección y conservación de invertebrados acuáticos
12. Protección y conservación de tramos fluviales de interés científico

Los objetivos del 8 al 12 fueron muy poco votados y muy poco priorizados. Se pueden consultar detalles de la encuesta y de cómo fueron priorizados los objetivos en la web del proyecto (<https://fnca.eu/investigacion/proyectos-de-investigacion/reservial>).

2.1.2 TALLERES DE PARTICIPACIÓN

El método que consideramos más práctico para la participación es el de la celebración de talleres. Resulta especialmente útil y enriquecedor reunir a expertos y colectivos interesados ya que permite intercambiar información, conocimientos, sensibilidades y demandas. Generalmente, el consenso suele ser elevado y el proceso de definición de los objetivos resulta muy fortalecido. El número de talleres a celebrar puede variar en función de varios factores, entre ellos cabe destacar el tamaño de la demarcación hidrográfica, el tiempo y los recursos disponibles, y el hecho de que ya exista una red de RNF declaradas de partida, o bien se esté iniciando por primera vez un proceso con esta finalidad. Resultará importante, en todo caso, que se realice un esfuerzo para dinamizar y favorecer la participación de todas las administraciones, colectivos, y agentes que puedan estar interesados. Esto puede implicar, como ha sido el caso en el proyecto *Reservial*, repetir talleres en diferentes puntos de la cuenca. Como ya se ha expuesto, no sólo es importante obtener un listado claro y lo más consensua-

do posible de objetivos y criterios para definir la red de RNF de la cuenca, sino que además dichos objetivos necesitan estar debidamente priorizados.

En lo relativo a la dinámica de los talleres, no proponemos ninguna en particular puesto que en el proyecto *Reservial* se probaron varias dinámicas en función del número de participantes y de las circunstancias (no es lo mismo realizar un taller en un recinto cerrado, que celebrar un taller en el campo, como fue el caso de uno de los talleres realizados en el proyecto). En cualquier caso, para esta labor recomendamos que se cuente con el apoyo de alguna entidad u organización con experiencia. En el caso del proyecto *Reservial*, esta labor de convocatoria, dinamización y recopilación de resultados de los talleres se realizó en colaboración con la Fundación Nueva Cultura del Agua.

A continuación, se detallan los objetivos propuestos y priorizados derivados de los tres talleres realizados en el proyecto *Reservial* para tal finalidad. En este caso, la priorización no fue correlativa como en el caso de la encuesta, sino que se distinguió por parte de los participantes entre objetivos prioritarios y no prioritarios.

Taller 1 (16 de junio de 2016, Zaragoza).

Prioritarios:

- Función de corredor y conectividad ecológica.
- Protección y conservación de especies amenazadas.
- Protección de tramos que no alberguen especies invasoras.



Fotografía 2.1: Imágenes de los talleres de participación del proyecto *Reservial* en Zaragoza y Logroño (La Rioja)

No prioritarios

- Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).
- Protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial.
- Protección y conservación de tramos fluviales de interés científico (observatorios de cambio climático).
- Protección y conservación del patrimonio natural (paisaje).

Taller 2 (25 de junio de 2016, Cañete, Cuenca).

Este taller fue complementario a los previstos inicialmente y realizados gracias a la colaboración de AEMS-RÍOS CON VIDA. Se realizó fuera del ámbito de la cuenca del Ebro, aprovechando el lugar escogido por el citado colectivo de pescadores para su asamblea anual.

Prioritarios

- Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos.
- Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).
- Protección de paisajes fluviales singulares y de tipos de ríos peninsulares representativos de toda la variedad existente.

Taller 3 (6 de octubre de 2016, Logroño).

Prioritarios

- Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada.
- Protección de paisajes fluviales singulares y de tipos de ríos peninsulares representativos de toda la variedad existente.
- Protección de especies bandera.
- Protección y conservación de caudales (tramos con regímenes hidrológicos poco alterados).
- Protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial.
- Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).
- Función de corredor y conectividad ecológica.

- Protección y conservación de especies amenazadas.
- Protección de tramos deslindados (disminución de costes).

No prioritarios

- Conservación de usos comunes.

2.1.3 FUSIÓN DE OBJETIVOS DERIVADOS DEL CONJUNTO DEL PROCESO PARTICIPATIVO

En caso de que se empleen varias vías de participación para consensuar y priorizar los objetivos, como ocurre en la experiencia del proyecto *Reserval* en la demarcación del Ebro, el siguiente paso debería consistir en fusionar los resultados de las diferentes vías seguidas. En esta fase deben evitarse las reiteraciones. En nuestro ejemplo, se fusionaron los objetivos y criterios de la encuesta y de los talleres manteniendo el orden de prioridad establecido en la encuesta, ya que en ésta se incluían casi todos los criterios u objetivos que se propusieron en todo el proceso participativo. Se insertaron a continuación aquellos que habían sido más votados o más veces propuestos, o simplemente priorizados frente a otros en los talleres, y que no aparecían previamente en la encuesta. La lista final de objetivos de conservación para las RNF derivados de la participación pública fue la siguiente (ordenados de mayor a menor importancia):

1. Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos.
2. Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).
3. Protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial.
4. Función de corredor y conectividad ecológica.
5. Protección y conservación de caudales (tramos con regímenes hidrológicos poco alterados).
6. Protección y conservación de especies amenazadas.
7. Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada.
8. Protección de paisajes fluviales singulares y de tipos de ríos peninsulares representativos de toda la variedad existente.

9. Protección de tramos que no alberguen especies invasoras.
10. Protección de especies bandera.
11. Protección de tramos deslindados.

2.1.4 OBJETIVOS FINALES DERIVADOS DEL TRABAJO CIENTÍFICO-TÉCNICO Y DEL PROCESO PARTICIPATIVO

Por su parte, el equipo científico-técnico responsable de liderar el proceso de diseño de la red de RNF en una determinada demarcación hidrográfica, puede proponer igualmente, en función de su criterio como expertos, su propio listado de objetivos al que entienden que debería responder dicha red, y priorizarlo en consecuencia. Esto es interesante, porque no sólo puede complementar los resultados obtenidos de la participación, sino que puede servir para argumentar y justificar mejor los criterios y objetivos en su conjunto, e incluir objetivos aplicables a la demarcación hidrográfica específicamente, así como para valorar la viabilidad técnica de los objetivos planteados en la participación, y fortalecer, en definitiva, el listado final de objetivos debidamente priorizado. Es muy importante la cuestión de la viabilidad técnica, dado que, si se va a trabajar con herramientas de planificación sistemática, será necesaria una serie de datos o variables disponibles para que los objetivos deseados puedan cumplirse.

Siguiendo con el ejemplo de la experiencia piloto del proyecto *Reservial*, mostramos a continuación los ocho objetivos definitivos propuestos para la selección de RNF en la cuenca del Ebro. Para este listado final, el equipo científico-técnico ha fusionado, renombrado, o eliminado algunos objetivos para evitar redundancias o subjetividades. Por ejemplo, se ha eliminado el objetivo de conservación de especies bandera, por considerarlo en parte subjetivo y a la vez redundante con el objetivo de protección de especies amenazadas. También se ha eliminado el objetivo que se refería a aprovechar tramos que estén deslindados, aunque se tendrá en cuenta como criterio de selección interno, incorporándolo al análisis de costes de las RNF potenciales arrojadas por la herramienta de planificación sistemática. Por su parte, el objetivo 3 (protección y conservación de procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial), se considera in-

corporado en los objetivos 3 y 5 definitivos. Esto también justifica que el objetivo 8, derivado de la participación, ahora se encuentre en tercer lugar.

Los objetivos finales de conservación definidos por el equipo *Reservial* en base a la participación pública resultaron de la siguiente manera (ordenados de mayor a menor importancia):

1. Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos.
2. Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).
3. Protección de paisajes fluviales singulares y de tipos de ríos peninsulares representativos de toda la variedad existente, con el fin de conservar los procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial.
4. Función de corredor y conectividad ecológica.
5. Protección de tramos con regímenes hidrológicos poco alterados.
6. Protección y conservación de especies amenazadas.
7. Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada.
8. Protección de tramos que no alberguen especies invasoras.

2.2 COMPILACIÓN DE DATOS

Una vez definidos los objetivos de conservación, es necesario transformarlos en variables cuantitativas que puedan ser usadas en la planificación sistemática de la conservación. En nuestro caso, utilizamos dos tipos de variables: *objetos de conservación* y *variables de coste*. Los objetos de conservación se refieren a todos aquellos elementos que queremos proteger y representar en nuestra red de espacios protegidos (en este caso RNF), como por ejemplo especies vegetales y animales, o tipos de hábitats. Por su parte, las variables de coste se refieren a variables que nos dan una idea del coste que supondría implementar la red de espacios protegidos, como por ejemplo el coste asociado a la adquisición de terrenos agrícolas, o el coste asociado a la demolición de infraestructuras. Idealmente estos costes deberían venir expresados en términos monetarios, pero normalmente es muy difícil tener una estima

económica fiable de estos costes y se usan otro tipo de variables cuantitativas subrogadas de los mismos, como pueden ser las variables de perturbación del ecosistema fluvial (Linke et al., 2012). En este caso, se asume que la dedicación a tramos fluviales altamente degradados implicaría un mayor coste de gestión para su recuperación, o en su defecto, serían tramos poco adecuados para la conservación, y por ende a ser evitados en la medida de lo posible. En el caso del proyecto *Reservial*, los objetivos de conservación fijados para las RNF a través del proceso de participación pública se transformaron en variables cuantitativas de la siguiente manera:

Objetivo 1: Protección y conservación del conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos.

Este objetivo se abordó como un objeto de conservación representado a través de la presencia de diatomeas, briófitos, macrófitos, macroinvertebrados acuáticos, y peces, excluyendo especies invasoras (ver objetivo 8). Este listado ofrece una buena aproximación al conjunto de la biodiversidad asociada a los ríos. Es cierto que no tiene en cuenta a ciertos grupos de organismos (por ejemplo bacterias y hongos), pero sí incluye a todos los grupos que han sido utilizados como indicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos en la DMA. En cualquier caso, la elección definitiva dependerá de los datos disponibles para la cuenca sobre la que estemos trabajando. En el proyecto *Reservial*, los datos fueron obtenidos principalmente a través del portal de consulta de datos de la calidad de las aguas superficiales de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) (Confederación Hidrográfica del Ebro 2018b). La distribución de especies de peces se complementó con datos provenientes de la *Freshwater Information Platform* (The Network for Freshwater Research 2018) y compilados por Filipe et al. (2013). En total, se contaba con información para 946 especies de diatomeas, muestreadas una única vez (en verano) para el período 2002-2014 en 268 puntos de muestreo; 75 especies de macrófitos, muestreadas una única vez (en verano) para el período 2010-2014, en 251 puntos de muestreo; 159 familias de macroinvertebrados acuáticos, muestreadas una única vez (en primavera o verano) para el período 2010-2014, en 267 puntos

de muestreo; 34 especies de peces, muestreadas una única vez (en primavera o verano) para los años 2003, 2005 y 2007, en 698 puntos de muestreo.

Objetivo 2: Protección y conservación de tramos fluviales en muy buen estado de conservación (prístinos).

Este objetivo se abordó como una variable de coste, ya que se asumió que implementar una reserva fluvial en un río afectado por acciones humanas siempre llevará un coste asociado a acciones de restauración o mejora de la calidad del agua (por ejemplo, la implementación de sistemas de depuración en la cuenca, o la mejora de la eficiencia de los ya existentes). Para ello se utilizaron dos tipos de variables. Por un lado, se utilizó el estado ecológico de la masa de agua de acuerdo con la DMA, calculado en base al índice IPS para diatomeas (Índice de Polusensibilidad Específica; Coste 1982; Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente 2013), al índice IVAM para macrófitos (Índice de Vegetación Acuática Macroscópica; Alcaraz Moreno, Navarro-Llácer y de las Heras Ibáñez 2006), y al IBMWP para macroinvertebrados (Iberian Monitoring Working Party; Iba-Tercedor et al. 2002). De forma general, el estado ecológico suele estar inversamente relacionado con la presencia de presiones antrópicas y usos humanos del cauce. Así, cuanto menor es el estado ecológico de un tramo, mayor es el coste asociado a su conservación. Los datos sobre estado ecológico fueron obtenidos a través del Geoportal de la CHE (2018a). Por otro lado se utilizó información referida a los usos de suelo (usos humanos frente a suelo forestal) proveniente de la Agencia Ambiental Europea (2016).

Objetivo 3: Proteger paisajes fluviales singulares y tipos de ríos peninsulares representativos de toda la variedad existente, con el fin de conservar los procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial.

Este objetivo se abordó como un objeto de conservación representado a través de las tipologías fluviales establecidas por Díaz y Ollero (2005) para la cuenca del Ebro. Las tipologías definidas en

dicho trabajo fueron nueve: i) cauce muy pendiente (cabeceras muy pendientes donde son frecuentes las cascadas); ii) cauce recto (cauces con forma de planta recta asociados a seguimiento de fracturas); iii) cauce sinuoso de pendiente alta (estructura longitudinal de saltos y pozas y frecuencia de rápidos); iv) cauce sinuoso de media y baja pendiente (estructura longitudinal de rápidos y remansos); v) cauce meandriforme de pendiente media (progresiva migración lateral del cauce y presencia de barras de meandro); vi) cauce meandriforme de pendiente baja (estructura longitudinal de rápidos y meandros, con mayor importancia y longitud de los remansos); vii) cauce trezado de pendiente alta (elevada carga de material sólido que obliga al cauce a dividirse y a depositar barros e isletas inestables); viii) cauce trezado de pendiente baja (de una granulometría más variada que el anterior, ya que pueden aparecer materiales finos, y pueden aparecer también zonas más estables); ix) cauce anastomosado (muy baja pendiente, consta de múltiples y tortuosos cauces que son estables, separados por islas de material fino). Finalmente hubo una tipología (cauces alterados o no clasificables) que no se consideró, ya que correspondía a cauces totalmente artificiales que no tenían ningún interés desde el punto de vista de conservación de los procesos naturales de geomorfología y dinámica fluvial. Los datos correspondientes a la clasificación de los tramos fluviales de la cuenca del Ebro en una de las mencionadas tipologías fueron facilitados por los autores del trabajo, los doctores Elena Díaz Bea y Alfredo Ollero Ojeda.

Objetivo 4: Función de corredor y conectividad ecológica.

Este objetivo se abordó como una variable de coste, asumiendo que la presencia de presas supone una restricción importante para la conectividad de poblaciones (por ejemplo especies migrantes de peces) y procesos (por ejemplo, exportación de sedimento) (Ibáñez, Prat y Canicio 1996; Poff et al. 2007). Así, alcanzar el objetivo de que las RNF sirvan de corredores ecológicos será más difícil y costoso si incluimos tramos con presas, ya que habría que derruir o adaptar las infraestructuras existentes. Los datos relativos a la presencia de presas en la cuenca del Ebro fueron obtenidos a través del Geoportal de la CHE (2018a). Ade-

más, se tuvieron en cuenta aspectos de conectividad longitudinal a lo largo de los ejes fluviales en el ejercicio de priorización espacial, siguiendo la metodología descrita en Hermoso et al. (2011). De esta forma, se intentó que los tramos identificados en este ejercicio estuvieran lo más conectados longitudinalmente posible entre ellos y a su vez a otras reservas existentes.

Objetivo 5: Protección de tramos con regímenes hidrológicos poco alterados.

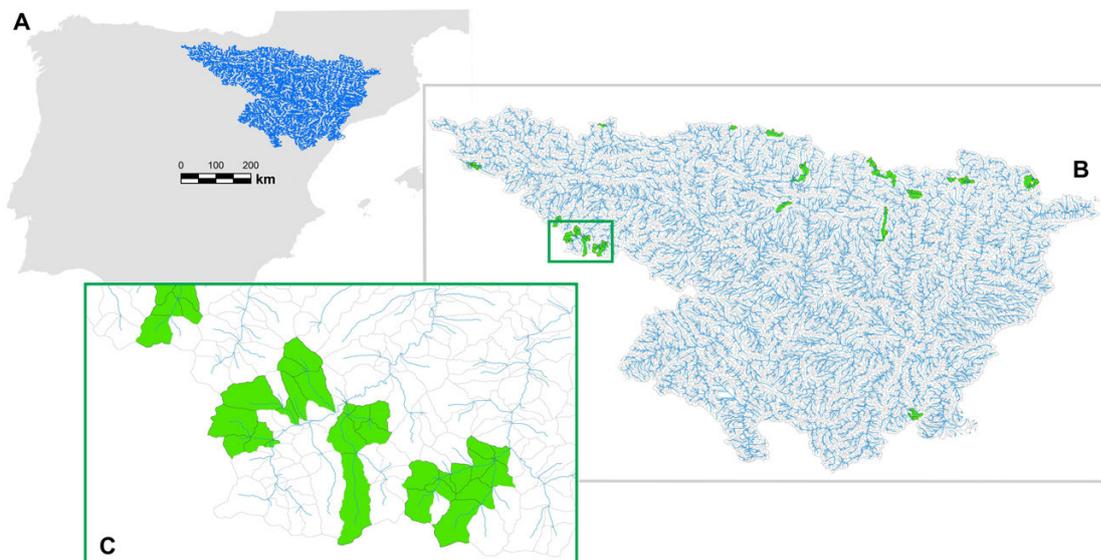
Este objetivo se abordó de manera similar al objetivo anterior (por lo tanto como una variable de coste), entendiéndose que la existencia de presas supone una alteración grave de los regímenes hidrológicos, como por ejemplo una disminución de las variaciones estacionales del caudal (Lytle y Poff 2004), y por tanto la consecución de este objetivo en tramos con presencia de presas, o cercanos a ellas, supondría la necesidad de implementar actuaciones para la restitución de las condiciones hidrológicas naturales.

Objetivo 6: Protección y conservación de especies amenazadas.

Este objetivo se abordó como un objeto de conservación representado a través de la distribución de especies incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y clasificadas como vulnerables o en peligro (Doadrio 2002; Verdú, Numa y Galante 2011; Bañares et al. 2010).

Objetivo 7: Protección y conservación de riberas fluviales y su vegetación asociada.

Este objetivo se abordó como una variable de coste, ya que se asumió que implementar una RNF en un río con una ribera fluvial degradada siempre llevará un coste asociado a adquisición de terrenos y/o acciones de restauración. La variable utilizada fue el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR por sus siglas en catalán), diseñado por Muné et al. (2003). Este índice evalúa la calidad del bosque de ribera teniendo en cuenta el grado, estructura y calidad de la cobertura riparia, y el grado



Mapa 2.1: A) Cuenca del Ebro. B) Red fluvial de la cuenca del Ebro. C) Detalle de una zona de la cuenca ampliada que permite la visualización en detalle de las unidades de planificación (UP), en las que a su vez se observan el tramo fluvial y el área de cada subcuenca, según se delimitaron para la cuenca del Ebro por el proyecto *Reserval*. En verde las UP en las que se encuentran las RNF actualmente declaradas

de naturalidad del canal fluvial (FEHM Lab 2018). Los datos fueron obtenidos a través del portal de consulta de datos de la calidad de las aguas superficiales de la CHE (2018b).

Objetivo 8: Protección de tramos que no alberguen especies invasoras.

Este objetivo se abordó como una variable de coste, ya que se asumió que alcanzar este objetivo en un tramo con presencia de especies invasoras acarrearía unos costes asociados a acciones de erradicación de las poblaciones de especies invasoras y de restitución de las poblaciones autóctonas. La fuente de datos a utilizar en este caso fue la misma que la utilizada para el objetivo 1, excluyendo todo lo que no fueran especies invasoras.

2.3 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE PLANIFICACIÓN

Una vez recolectados los datos que permiten abordar de manera cuantitativa y sistemática los objetivos de conservación, es necesario subdividir la

cuenca en unidades de planificación (UP) que representarán tramos de río susceptibles de ser incluidos en la red de RNF. Estas UP han de tener un longitud y área que se adecue a las necesidades de gestión. Por un lado, si son demasiado grandes la gestión es difícil, ya que se requiere un gran esfuerzo en términos de acciones de manejo y vigilancia. Además, se pierde resolución espacial, haciendo complicado incorporar información de detalle en cuanto a la distribución de los objetos de conservación. Por otro lado, si son demasiado pequeñas pueden carecer de sentido ecológico (por ejemplo, una unidad de planificación podría representar tan solo una pequeña parte de una población de una especie determinada que queremos proteger), y pueden llevar a una red muy amplia de pequeñas reservas distribuidas por toda la cuenca que también sería muy difícil de gestionar. A continuación, siguiendo con nuestro ejemplo, exponemos el caso del proyecto *Reserval* en la cuenca del Ebro.

A partir de un modelo de elevación digital del terreno con paso de malla de 25 m (Centro Nacional de Información Geográfica 2018), y siguiendo los criterios mencionados arriba, se delimitaron un total de 9.964 UP (Mapa 2.1) con una longitud

media de tramo de río de $3,30 \pm 1,43$ km, y un área media de la subcuenca de $9,36 \pm 3,87$ km². La delimitación de las UP se llevó a cabo utilizando ArcHydro (Maidment 2002), un conjunto de herramientas y modelos de datos que opera desde el programa ArcGIS (ESRI 2012) para ayudar en la elaboración de análisis de datos geoespaciales y temporales. ArcHydro se puede utilizar para delinear y caracterizar cuencas hidrográficas en formato ráster y de vector, definir y analizar redes hidrogeométricas, administrar datos de series de tiempo, y configurar y exportar datos a modelos numéricos. El tamaño mínimo de la UP especificado (que es requerido por ArcHydro para delinear las cuencas hidrográficas) fue en nuestro caso de 4,7 km², ya que lo consideramos como un tamaño suficientemente pequeño como para permitir su gestión y suficientemente grande como para evitar un número excesivo de UP. Es importante tener en cuenta que este tamaño mínimo sólo se aplica a las UP de cabecera, es decir, es el área mínima acumulada a partir de la cual ArcHydro decide que es entidad suficiente para considerarse una subcuenca. A partir de ahí, es la propia topografía la que determina la delimitación del resto de subcuencas. En general, cuanto mayor es el tamaño mínimo, más grandes son las UP para toda la cuenca. La decisión sobre qué tamaño mínimo utilizar depende, como hemos dicho, de los criterios de conservación y gestión específicos que se observen. Así pues, es recomendable repetir el proceso con diferentes tamaños mínimos hasta alcanzar un número y un área media de las UP que se considere adecuado.

2.4 MODELIZACIÓN DE DATOS

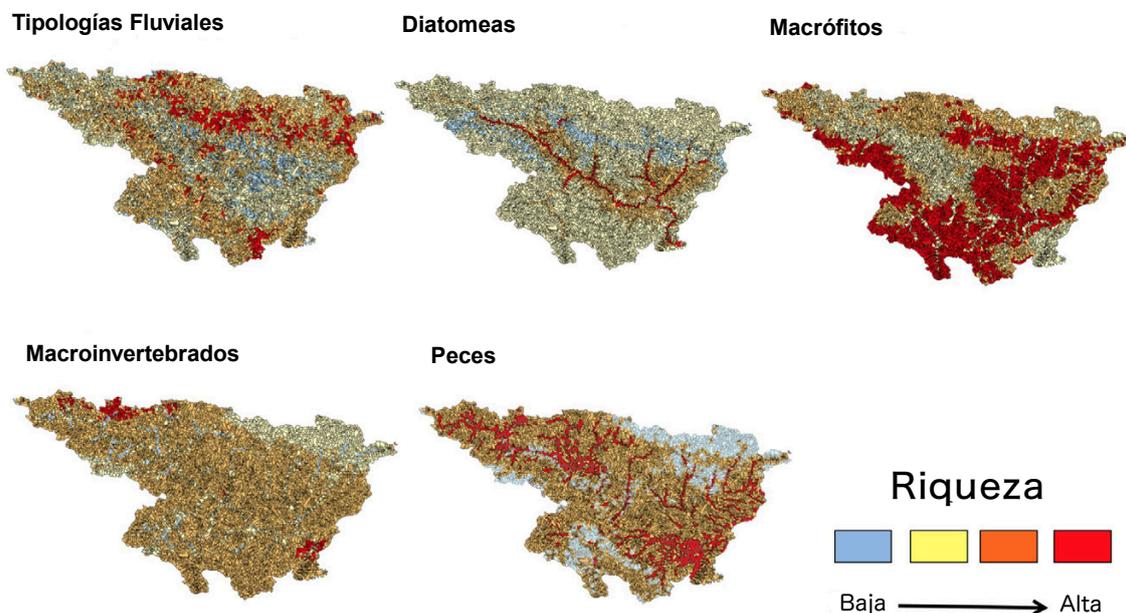
La modelización de los datos puede ser muy variada en función de los datos disponibles. A continuación, describimos a modo de ejemplo práctico el caso del proyecto *Reservial*.

Como se ha explicado en el apartado 2.2, la información relativa a la distribución de los objetos de conservación provenía principalmente de datos públicos recopilados por la CHE. Estos datos son el resultado de las campañas de seguimiento de calidad de las aguas y de estado ecológico de las masas de agua que la CHE realiza en cumplimiento

de la DMA. Aunque se trata de campañas exhaustivas que pretenden reflejar el estado de toda la cuenca, es obvio que no cubren la totalidad de los tramos fluviales de la cuenca del Ebro (cuya longitud total sumada es de 32.877 km), ya que existe una limitación de recursos económicos y humanos. Así pues, no se disponía de información sobre la distribución de los objetos de conservación para las 9.964 UP delimitadas, aunque de, modo concreto, sí se disponía de información para 4.966, 268, 251, 267 y 698 UP en los casos de tipologías fluviales, diatomeas, macrófitos, macroinvertebrados y peces, respectivamente. Es decir, había una gran cantidad de UP para las cuales no se tenía información sobre la presencia o ausencia de determinados objetos de conservación (por ejemplo, peces) y algunas para las cuales no existía ningún tipo de información. Sin embargo, estas UP con información incompleta o ausente podrían tener un gran interés para la conservación, a pesar de no formar parte de la red de seguimiento de la CHE. Así pues, se hacía necesario rellenar los espacios en blanco en la base de datos mediante un ejercicio de modelización de datos.

Para poder predecir la distribución de los objetos de conservación en UP sobre las cuales no se tenía información y así completar la base de datos, fue necesario trabajar con variables predictoras. Se trata de variables que están directa o indirectamente relacionadas con los objetos de conservación (es decir, determinan en algún grado la distribución de los objetos de conservación) y que están disponibles para todas las UP, de forma que en base a sus valores, puede predecirse la ausencia o presencia de un objeto de conservación sobre el cual no se tenga información para una UP en concreto. Las variables predictoras seleccionadas fueron de tres tipos:

1. Climáticas: se recopilaron toda una serie de variables relacionadas con la distribución anual de la temperatura y la precipitación, disponibles en el portal *Worldclim* (2018).
2. Topográficas: se utilizó el área y la elevación de cada tramo (calculadas a partir del modelo de elevación digital del terreno).
3. Geomorfológicas: se utilizó el sustrato geológico dominante de acuerdo con la información disponible en el Geoportal de la CHE (2018a), y las variables orden de río, caudal medio,



Mapa 2.2: Representación de los diferentes objetos de conservación modelados en función de su riqueza dentro de cada UP. Es importante tener en cuenta que la riqueza no fue un parámetro incorporado en la planificación de las RNF; sólo se consideró la presencia/ausencia de cada objeto de conservación por separado. En este caso, la riqueza se utiliza para ilustrar las diferencias en la distribución geográfica entre los diferentes tipos de objetos de conservación

pendiente y sinuosidad disponibles a través del proyecto MARCE, financiado por el Gobierno de España (IH Cantabria 2018).

En base a estas variables predictoras, la distribución de los objetos de conservación fue modelada utilizando un tipo de modelos denominados *multivariate adaptive regression splines* (Leathwick, Elith y Hastie 2006; Leathwick et al. 2005). Esta técnica de modelización, se basa en segmentar múltiples regresiones lineales para modelar relaciones no lineales entre las variables a predecir (en este caso los objetos de conservación) y las variables predictoras. La fiabilidad de los modelos se estimó calculando el área bajo la curva característica operativa del receptor (ROC, Fielding y Bell 1997), un estadístico que refleja la capacidad del modelo para discriminar entre sitios donde un objeto de conservación estaba presente, respecto de un lugar donde estaba ausente. Un valor de 0,5 indica que el modelo no tiene capacidad discriminadora, mientras que un valor de 1 indica que las ausencias y presencias son discriminadas a la perfección. En este caso se consideró un valor de 0,6 como punto de corte, ya que es un valor indica-

dor de modelos suficientemente robustos (Fielding y Bell 1997), ignorando, por tanto, todos los objetos de conservación que, una vez modelados, resultarían en un ROC inferior a 0,6. De este modo se consiguieron modelar satisfactoriamente 8 tipologías fluviales, 52 especies de diatomeas, 20 especies de macrófitos, 39 familias de macroinvertebrados y 28 especies de peces. A continuación, los modelos construidos se utilizaron para predecir la presencia o ausencia de cada objeto de conservación en cada UP (Mapa 2.2). Los modelos dieron como resultado la probabilidad (entre 0 y 1) de presencia de cada objeto de conservación en una determinada UP. Para transformar dicha probabilidad en valores únicos de 1 (presencia) o 0 (ausencia), se utilizó la función *optimal thresholds*, dentro del paquete *PresenceAbsence* (Freeman y Moisen 2008) del programa estadístico R (R Core Team 2015). Cuando el valor del parámetro *Min-ROCDist* era inferior a la probabilidad de presencia del objeto de conservación evaluado en una determinada UP, se consideraba como una ausencia (valor de 0), y viceversa.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN

Una vez que se dispone de la información sobre la distribución de todos los objetos de conservación en todas las UP, se procede a seleccionar las UP que deben ser protegidas para cumplir los objetivos de conservación al menor coste posible.

Para ello, en el caso del proyecto *Reservial*, se utilizó la herramienta de planificación sistemática de la conservación Marxan (Ball y Possingham 2000), que es un programa informático de libre descarga y utilización. Este programa trabaja con algoritmos de complementariedad, en base a una función objetivo, que aseguran que la solución encontrada es la más eficiente posible (es decir, garantiza la consecución de los objetivos de conservación al menor coste posible). Los parámetros clave a la hora de ejecutar Marxan y que fueron considerados en este proyecto son:

1. **Meta de conservación:** en este proyecto, la meta de conservación se refería al número mínimo de presencias de cada objeto de conservación que debían ser representadas en la red de RNF. Por ejemplo, una meta de conservación de 20 implicaría que cada tipología fluvial y cada taxón de diatomea, planta acuática, macroinvertebrado acuático, y pez, debería de estar presente en al menos 20 de las 9.964 UP delimitadas. La meta para cada objeto de conservación depende de los objetivos de conservación específicos, y tiene un peso importante a la hora de definir la red de reservas propuesta por Marxan (metas más ambiciosas darán como resultados reservas más extensas, incluyendo un mayor número de UP). Se podría definir la meta, por ejemplo, en base al número mínimo de poblaciones que sabemos que se requieren para mantener la supervivencia de la especie en el territorio. En este proyecto no se contaba con este tipo de información, así que se definió una meta de 5 (es decir, cada objeto de conservación tenía que estar representado al menos en 5 UP en el sistema final de RNF). Aunque este número puede ser considerado bajo, representaba respectivamente más del 75% y del 50% del rango de distribución de 53 y 59 de los 147 objetos de conservación modelados. Así pues, se puede considerar que al alcanzar esta meta se estaba asegurando una cobertura aceptable de los objetos de conservación.
2. **Costes de conservación:** expresan el coste de incluir cada UP en el sistema de reservas. El coste utilizado en Marxan puede ser una medida relativa de costes, ya sean de carácter social, económico, o ecológico, o una combinación de estas. Tal y cómo se ha explicado en el apartado 2.2, en *Reservial* se aprovechó esta variable para incluir todos los objetivos de conservación que no habían sido incluidos como objetos de conservación y que además guardaban una relación con el coste real de conservación. Para esto se tuvieron en cuenta las siguientes variables: el estado ecológico; la calidad del bosque de ribera; los usos del suelo (calculado como el porcentaje de usos humanos); la distancia hasta el embalse más próximo aguas arriba; la distancia hasta el embalse más próximo aguas abajo; y la presencia de especies exóticas. Para reducir el número de variables a considerar, se realizó un análisis de correlación de *Spearman*. Como se puede observar en el Gráfico 2.1, los usos humanos del suelo estaban fuerte y negativamente correlacionados con el estado ecológico y la calidad del bosque de ribera, y positivamente con la presencia de especies invasoras. Así pues, para construir la variable de coste se utilizaron exclusivamente las variables de uso de suelo (media y desviación estándar) y la distancia a la presa más cercana (aguas arriba y aguas abajo). Asumimos pues, que UP con usos humanos del suelo y/o con tramos afectados por presas, tienen un mayor coste o serían menos factibles para ser declaradas como RNF, ya que resultaría más costoso implementar medidas de conservación (que seguramente llevarían asociadas medidas de restauración). Puesto que Marxan sólo admite un único valor de coste por cada UP, necesitábamos combinar estas cuatro variables seleccionadas en una sola. Para ello, realizamos un análisis factorial con rotación *varimax*, utilizando la función *principal* del paquete de R *psych* (Revelle 2016). Finalmente, la variable de coste final se calculó para cada UP como la suma del valor de cada variable por la suma del peso de la misma en los dos primeros

ejes del análisis factorial. La variable se escaló en función del valor máximo alcanzado para que su rango de variación se mantuviera entre 0 y 1, siendo tramos fluviales con un valor de 0 aquellos poco o nada afectados por perturbaciones, mientras que los tramos gravemente afectados por perturbaciones estuvieron caracterizados por un valor próximo a 1.

3. **Conectividad entre las reservas:** la conectividad juega un papel esencial en el mantenimiento de procesos ecológicos clave, como las migraciones estacionales hacia zonas de freza, o el transporte de materia y energía a lo largo de los cauces que son esenciales para el correcto funcionamiento de ecosistemas fluviales. Para incorporar aspectos de conectividad longitudi-

nal en los análisis, se incluyó una modificación del archivo *boundary* de Marxan sugerida en Hermoso et al. (2011). Este archivo de *boundary* se utiliza en aplicaciones terrestres y marinas para favorecer la compacidad de las reservas obtenidas en el proceso de optimización espacial. Dada la naturaleza lineal de los sistemas fluviales en los que se trabajó en este proyecto, el archivo de *boundary* incluyó todas las conexiones entre cada par de UP conectadas a través de la red hidrológica. Para tener en cuenta el efecto de la distancia entre dichas UP en la fortaleza de las conexiones (es esperable que la conexión entre dos UP contiguas sea más importante que entre dos unidades distantes) se consideró la distancia entre cada

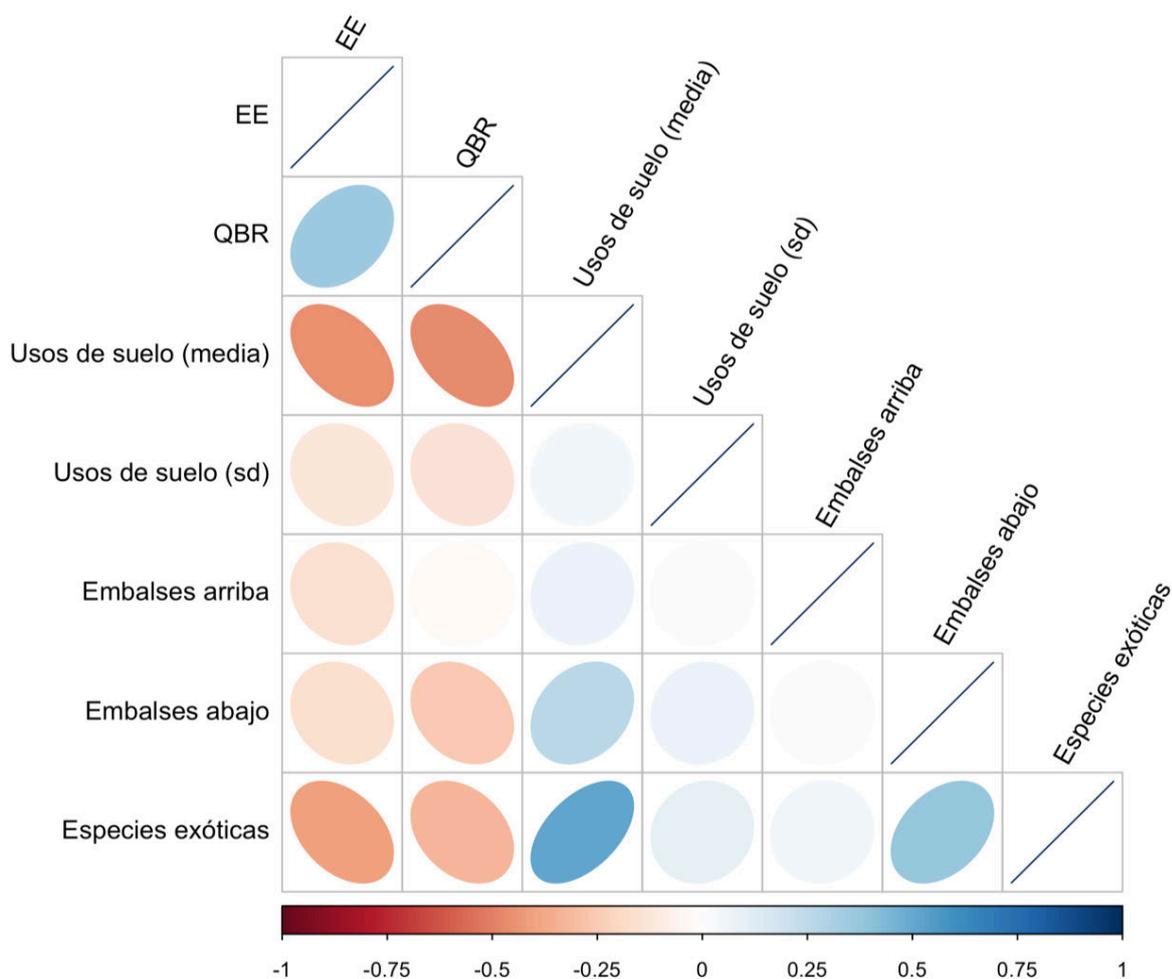


Gráfico 2.1: Correlación entre las diferentes variables a incluir dentro de la variable «coste». En rojo e inclinadas hacia la izquierda, las correlaciones negativas; en azul y hacia la izquierda, las positivas. A mayor inclinación e intensidad de color, mayor la correlación. EE = estado ecológico. QBR = calidad del bosque de ribera

pareja de UP en los análisis. Siguiendo las recomendaciones en Hermoso et al. (2011), se utilizó la inversa de la distancia a lo largo de los cauces fluviales entre cada pareja de unidades, como una penalización adicional en la función de objetivos que optimiza Marxan. De esta forma, si dos unidades contiguas no estaban seleccionadas en la solución, se aplicaría una alta penalización en la función de objetivos y, por tanto, sería una solución no óptima a descartar. Como consecuencia, las soluciones obtenidas en Marxan deberían incluir conjuntos conectados de unidades contiguas a lo largo de los cauces fluviales.

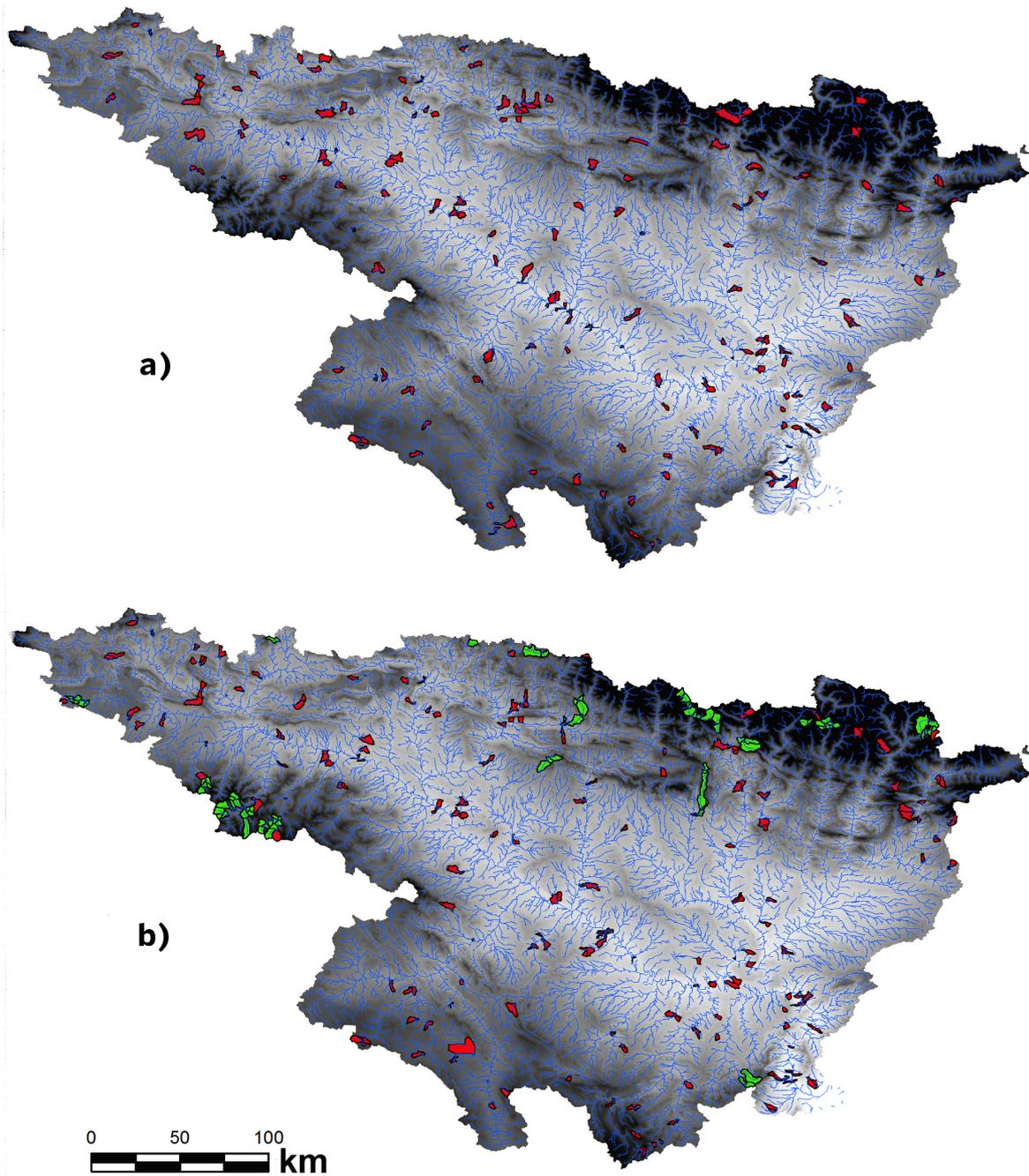
Se utilizaron dos escenarios de planificación diferentes, para comparar la eficiencia de conservación de la red de RNF propuesta por Marxan, con aquella de la red de RNF declaradas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. Esto se realizó modificando el parámetro *status* de las UP en el proceso de optimización, que indica si cada UP ha de estar pre-incluida o pre-excluida en los sistemas de reservas iniciales. Este parámetro puede tomar los siguientes valores: 0 (no hay garantía de que la UP se encuentre en el sistema de reservas inicial, aunque, no obstante, podría suceder); 1 (la UP será incluida en el sistema inicial de reserva, pero puede no estar incluida en la solución definitiva); 2 (la UP es pre-incluida en el sistema de reservas, es decir, comienza en el sistema inicial de reserva y no puede ser eliminada); 3 (la UP es pre-excluida en el sistema de reservas, es decir, no se incluye en el sistema de reservas inicial y no puede ser adicionada). En base a este parámetro se construyeron dos escenarios:

- **Escenario 1:** no se bloquearon las UP, lo que permitió a Marxan incluir libremente cualquier UP en el sistema de reserva final. Es decir, el *status* de todas las UP fue igual a 0.
- **Escenario 2:** las UP que pertenecían a red actual de RNF estaban bloqueadas, lo que obligó a Marxan a incluirlas en el sistema de reserva final. Es decir, a las UP que incluían una o varias de las RNF actualmente declaradas se les asignó un *status* de 2, mientras que al resto de UP se les asignó un *status* de 0.

Estos dos escenarios permitieron comparar el sistema de RNF que Marxan hubiera elegido sin res-

tricciones (escenario 1) con el sistema de reservas que complementaría la red actual de RNF (escenario 2). Esto proporcionaba información sobre la eficiencia de conservación de la red actual de RNF, en base a los objetivos de conservación establecidos mediante el proceso de participación pública.

El escenario 1 (es decir, sin UP bloqueadas) dio lugar a un sistema de RNF que incluía una longitud total de 854 km de ríos y arroyos (equivalente a un 2,60% de la longitud total de la cuenca del Ebro) y que no incluía ninguna de las RNF actualmente declaradas (Mapa 2.3a). El escenario 2 (es decir, con las RNF actualmente declaradas incluidas obligatoriamente en la solución final), dio como resultado un sistema de RNF con una longitud total de 1.251 km (equivalente a un 3,80% de la longitud total de la cuenca del Ebro) (Mapa 2.3b), con 385,42 km correspondientes a la red de RNF actualmente declaradas. Esto indica que la inclusión de la red actual de RNF supuso incrementar en un 68,42% la longitud de ríos y arroyos a proteger para alcanzar las metas de conservación (es decir, que todos los objetos de conservación estuvieran presentes en un mínimo de 5 UP). En el escenario 2, la red de RNF actualmente declaradas ya representaba adecuadamente 80 de las 147 características de conservación (es decir, que un 54,42% de los objetos de conservación ya están representados en, al menos, 5 UP en la red actual de RNF). Esto quiere decir que si no se realizase ninguna ampliación de la red actual de RNF, ya podrían estar protegiéndose de manera razonable alrededor de la mitad de taxones y tipologías fluviales modelados en este estudio. Sin embargo, los 67 objetos de conservación que no alcanzaron la meta de conservación en la red actual de RNF incluían 7 y 3 especies de macroinvertebrados y peces vulnerables, respectivamente. Entre ellos, las especies de macroinvertebrados *Gomphus graslinii* y *Margaritifera auricularia* y las especies de peces *Anguilla anguilla* y *Salaria fluviatilis* se encuentran completamente ausentes de la red actual de RNF. Las UP seleccionadas por Marxan se distribuyeron de manera equilibrada a lo largo del gradiente altitudinal de la cuenca del Ebro (cubriendo por tanto un rango amplio de condiciones ambientales y geomorfológicas), mientras que las actuales RNF se ubican mayoritariamente en zonas de montaña (Mapa 2.3b).



Mapa 2.3: Arriba (a), la red de reservas naturales fluviales (RNF) resultante del escenario 1 (es decir, permitiendo a Marxan incluir libremente cualquier UP en el sistema de reserva final). Abajo (b), la red de RNF resultantes del escenario 2 (es decir, bloqueando la red de RNF actualmente declaradas para que fueran incluidas por Marxan en el sistema final de reservas). En verde se marcan las UP que incluyen al menos una de las RNF actualmente declaradas. En rojo se marcan las UP identificadas por Marxan como prioritarias para alcanzar los objetivos de conservación. La red fluvial es de color azul. La elevación del terreno según el modelo de elevación digital se representa en una escala de grises (desde tonos más oscuros para elevaciones altas, a tonos más claros para elevaciones bajas)

2.6 VALIDACIÓN DE LAS ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN

Para el proceso de validación, una vez producidos los mapas representativos de diferentes escenarios, recomendamos que se vuelvan a celebrar talleres con los actores interesados, en los que se puedan explicar los resultados de dichos escenarios y consensuar la opción más idónea y viable. Este proceso puede ser todo lo complejo que el grado de consenso requiera alcanzar y que exijan las dimensiones de la cuenca en la que se esté trabajando. En cuanto a la viabilidad, al tratarse de un elemento limitante, resultará positivo que se haya trabajado previamente entre los técnicos que estén aplicando la herramienta de planificación y llevando a cabo las propuestas, y las administraciones responsables de la gestión de la cuenca, de forma que las alternativas que se expongan con mayor detalle tengan cierto rango de viabilidad. Esto no quiere decir que no deban exponerse otros mapas de reservas posibles que quizás garanticen en mayor medida el cumplimiento de los objetivos, pero que sean inviables de implementar. De esta forma conseguimos también sensibilizar a los participantes interesados sobre los obstáculos y dificultades para determinadas alternativas, de forma que el grado de responsabilidad que éstos puedan asumir sobre la decisión final sea mayor y el consenso final gane fuerza.

En el proyecto *Reservial*, existían unas limitaciones de tiempo y recursos que nos llevaron a la organización únicamente de dos nuevos talleres de participación, en dos zonas bien diferenciadas de la cuenca. Sin embargo, tratándose de una cuenca tan amplia, quizás habría sido deseable efectuar dos o tres talleres más en un escenario de trabajo ideal. No obstante, el resultado de los debates generados y los cuestionamientos planteados resultaron muy enriquecedores para el proyecto.

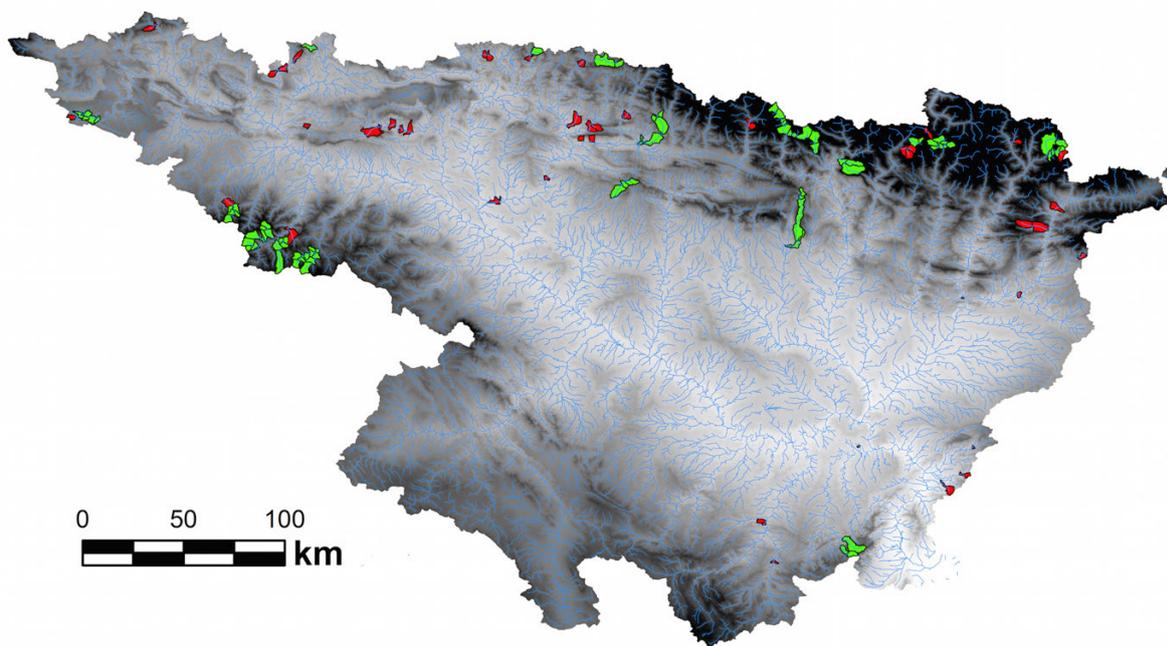
A continuación, exponemos las principales conclusiones extraídas de los talleres de validación celebrados en Pamplona (Navarra) y Sant Carles de la Rápita (Tarragona).

1. Se constata el interés de los participantes en la herramienta Marxan aplicada a la planifi-

cación sistemática de RNF en la que se basa el proyecto.

2. Se presentaron unos mapas provisionales de propuesta de RNF (para distintos escenarios y grados de cumplimiento de los objetivos que se fijaron en la primera fase del proyecto), visualizando también los tramos que actualmente se encuentran incluidos en la Red Natura o que ya están declarados como RNF.
3. Se generaron debates profundos y muy enriquecedores acerca de la metodología del proyecto, así como respecto a los resultados.
4. Igual que en talleres anteriores, surgió la cuestión de la necesidad de abordar de alguna manera cómo ha de ser la coordinación entre administración estatal y comunidades autónomas para la correcta gestión de las RNF y para que éstas puedan ser realmente eficientes en cuanto a conservación, no sólo de espacios fluviales destacables o representativos, sino también de la biodiversidad fluvial.
5. Los participantes pusieron de manifiesto la oportunidad y el interés que supondría que la base de datos generada para el proyecto pudiera hacerse pública. Algunos participantes propusieron incluso que lo idóneo sería que la administración de la cuenca, en este caso la CHE, ubicara la base de datos de forma accesible en internet a través de un GIS, de manera que se pudiera consultar la información disponible acerca de una RNF tan sólo pinchando sobre la misma. De esta forma, se podrían conocer de forma instantánea los motivos que hacen que un determinado tramo esté declarado como reserva (presencia de determinadas especies o grupos taxonómicos, tipo geomorfológico de tramo fluvial, etc.). Aquellos que defendían esta propuesta, argumentaron que esto permitiría que las comunidades autónomas, que en su opinión poseen mucha información detallada sobre biodiversidad, alimentasen también esa base de datos mejorándola, y permitiendo que la propuesta de futuras RNF se hiciese con mayor eficacia. También se sugirió que dicha base de datos podría ser enriquecida por algún proyecto de ciencia ciudadana, que permitiría a los aficionados detectar la presencia de determinadas especies o grupos taxonómicos en tramos fluviales, e incorporar dicha información a los

- datos globales de la cuenca, previo filtrado de las identificaciones por técnicos expertos.
6. Los participantes echaron en falta una mayor concreción de información sobre los tramos propuestos. Hay que decir que los mapas provisionales presentados reflejaban la cuenca del Ebro en su conjunto. Este nivel de detalle dificultó la visualización a un nivel más local. Por parte de los miembros del proyecto *Reservial*, se indicó que el nivel de detalle objetivo del proyecto no permitía ofrecer un listado de tramos con coordenadas exactas de inicio y final, ya que tras la aplicación de la herramienta Marxan sería necesario concretar cada tramo con un trabajo básico de campo que no está contemplado dentro de los recursos y tiempos del proyecto. No obstante, los participantes pudieron comprobar cómo, por ejemplo, los resultados habían identificado como RNF potenciales tramos fluviales del norte de Navarra ya considerados como idóneos por su biodiversidad y singularidad.
 7. Se consensó la idea de que la propuesta presentada como «escenario 2», bloqueando en el programa las RNF actualmente ya declaradas, y exigiendo un mínimo de 5 ocurrencias para cada elemento de los objetivos a cumplir (especie a proteger, tipo geomorfológico a representar, etc.), era la más realista y viable.
 8. Algunos participantes no comprendían que la herramienta de planificación hubiese seleccionado tramos fluviales que permanecen secos la mayor parte del año. Esto sirvió para explicar que, si pedimos a la herramienta de planificación que nos seleccione tramos representativos de todas las tipologías fluviales, los ríos temporales y efímeros también deben quedar incluidos.
 9. El valor de conservación de algunos de los objetos de conservación (por ejemplo, las diatomeas) fue cuestionado, sugiriendo que se debe reducir su importancia para la definición de la red de RNF. Se explicó que, a priori, el equipo técnico-científico del proyecto asumió



Mapa 2.4: Mapa de la red de *Reservas Naturales Fluviales* (RNF) resultante de aplicar el escenario 2 (es decir, bloqueando la red de RNF actualmente declaradas para que fueran incluidas por Marxan en el sistema final de reservas) y dejando fuera de la selección todas las UP que no estaban en un estado ecológico alto o bueno. Las UP seleccionadas por Marxan aparecen coloreadas en rojo. Las UP incluyendo tramos pertenecientes a la red de RNF actualmente declaradas aparecen coloreadas en verde. La red del fluvial está coloreada de azul. La elevación del terreno según el modelo de elevación digital se representa en una escala de grises (desde tonos más oscuros para elevaciones altas, a tonos más claros para elevaciones bajas)

que cualquier especie, sea diatomea, macroinvertebrado, pez, etc., debe tener el mismo peso a la hora de representar el conjunto de la biodiversidad.

10. Respecto a la forma de llevar a la realidad los resultados del proyecto *Reservial*, hubo consenso en que la propuesta final definitiva que resulte del proyecto no debe ser un listado de tramos fluviales concretos que la administración, la CHE en el caso de nuestra cuenca piloto, debería declarar en un muy corto plazo, puesto que ello no sería realista ni viable. Pero sí quedó claro que debería ser un objetivo alcanzable en un período razonable de tiempo (dos o tres ciclos de planificación hidrológica). De este modo, la CHE podría trabajar a partir de la propuesta del proyecto priorizando los tramos propuestos, efectuando una visita de campo para una descripción básica de los mismos y para concretar las coordenadas de inicio y final, y proponiendo la incorporación de los tramos por grupos en cada ciclo de planificación. Será importante trabajar la propuesta de nuevas RNF en el proceso de participación de los planes hidrológicos para obtener el mayor consenso posible con los agentes sociales. También se declaró (tanto por parte del equipo de *Reservial* como por los participantes) la necesidad de llevar a cabo visitas de campo y un análisis en detalle de cada reserva propuesta, antes de su declaración como RNF.

Como hemos visto, los participantes en los talleres eligieron el escenario 2 como el más útil, dado que

la red actual de RNF ya se ha declarado oficialmente y por tanto es necesario incluirla en el mapa final de reservas. Por otro lado, se planteó una cuestión que no hemos recogido en las conclusiones y que trataremos aparte, a saber, que algunas de las UP incluidas en la red de RNF propuesta por Marxan incluyeron tramos que no estaban en un estado ecológico alto o bueno y que deberían descartarse.

Esto lo abordamos excluyendo de los análisis a todas las UP que no tenían un estado ecológico alto o bueno en todos sus tramos de río. Sin embargo, esto significó que solo el 40% del total de la red fluvial pudo considerarse para el diseño de la red de RNF, ya que la información sobre el estado ecológico no estaba disponible en el resto de las UP. Esto se debe a que los programas de seguimiento del estado ecológico de las masas de agua superficiales no cubren toda la longitud de la cuenca del Ebro, sino que incluyen exclusivamente aquellos tramos considerados como masa de agua (definidos en la DMA como «elementos discretos e importantes de agua superficial»). La red resultante de RNF, ejecutando el escenario 2 y bloqueando las UP que no se encontraban en un estado ecológico alto o bueno, incluía una longitud total de 505 km (es decir, un 1,54% de la longitud total de la cuenca del Ebro: Mapa 2.4). La mayoría de las UP seleccionadas por Marxan en este escenario correspondían a ríos y arroyos de montaña. En este escenario todos los objetivos de conservación alcanzaron su meta de conservación (es decir, estar representadas en un mínimo de 5 UP). Sin embargo, la distribución me-



Fotografía 2.2: Imágenes del taller de validación del proyecto *Reservial* celebrado en Pamplona (Navarra)

dia de los objetos de conservación dentro de la red de RNF (es decir, el número de UP seleccionados por Marxan que incluyen un determinado objeto de conservación, dividido entre el número total de UP que contienen ese objeto de conservación) en este escenario ($1,85 \pm 1,43\%$), fue inferior al incluido en los escenarios 1 y 2 cuando no se bloquearon las UP según su estado ecológico ($3,26 \pm 1,14\%$ y

$4,07 \pm 1,21\%$, respectivamente). Eso quiere decir que, aunque al excluir todos los tramos que no se encontraban en un estado ecológico alto o bueno se siguieron cumpliendo las metas de conservación, la protección que se confirió a los objetos de conservación disminuyó (es decir, estuvieron presentes en un menor número de UP).

3 Conclusiones

A continuación, exponemos una serie de conclusiones derivadas de la aplicación de herramientas de planificación sistemática a la creación de una red de RNF en la cuenca del Ebro, dentro del proyecto piloto *Reservial*. Confiamos en que las mismas sean aclaratorias y contribuyan a una mejor aplicación de dichas herramientas en proyectos o trabajos futuros en otras cuencas.

3.1 PRINCIPALES RESULTADOS

La participación de diferentes actores (responsables políticos, organizaciones para la conservación de la naturaleza, científicos, etc.) en la definición de los objetivos de conservación que las RNF deberían cumplir, puso de manifiesto que las RNF deberían de servir de manera prioritaria para proteger la biodiversidad de los ríos y la diversidad de tipos fluviales, así como para proteger tramos prístinos y favorecer la conectividad ecológica. Según los resultados de este estudio, la red actual de RNF no es suficiente para cumplir estos objetivos. Aun habiendo fijado una meta de conservación muy poco ambiciosa (que cada objeto de conservación estuviera presente en al menos 5 UP, lo que supone un 0,05% de las UP totales), un 57,58% de los objetos de conservación no la alcanzaron en la red de RNF actualmente declarada. Entre las especies que no alcanzaron la meta de conservación, encontramos 7 y 3 especies de macroinvertebrados y peces vulnerables, respectivamente. Es especialmente preocupante el caso de las especies de macroinvertebrados *Gomphus graslinii* y *Margaritifera auricularia*, y las especies de peces *Anguilla anguilla* y *Salaria fluviatilis*, que se encontraron completamente ausentes de la red actual de RNF.

Las poblaciones de la libélula *G. graslinii* en la cuenca del Ebro son importantes porque representan las poblaciones más relevantes de la mitad oriental de la península ibérica, donde la especie se encuentra prácticamente ausente (De las Heras et al. 2017). Por tanto, su inclusión en las RNF del Ebro podría mejorar la protección de esta especie, que es un endemismo europeo. El bivalvo *M. auricularia* se encuentra en peligro crítico, cercano a la extinción, y su población mundial más importante se encuentra en la cuenca del Ebro (Álvarez 2011). Su exclusión de la red actual de RNF está seguramente asociada al hecho de que su rango de distribución en la cuenca del Ebro se restringe al cauce principal del río y a zonas cercanas al Delta. Por tanto, la protección de estos tramos parece importante, especialmente teniendo en cuenta que la especie es todavía viable en el cauce principal del Ebro (Confederación Hidrográfica del Ebro 2014). De manera similar, la exclusión de la *A. anguilla* de las RNF actualmente declaradas se debe probablemente a que su rango de distribución se restringe a tramos de baja altitud, concentrándose en las proximidades del Delta (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación 2018). Las poblaciones de esta especie se encuentran fuera de los límites biológicos de seguridad, sufriendo un intenso declive asociado principalmente a la proliferación de presas que dificultan sus migraciones. Así, las RNF ofrecen una gran oportunidad para reforzar sus planes de gestión mediante la creación de corredores ecológicos. También sería recomendable incluir poblaciones de *S. fluviatilis* en la red de RNF, ya que sus poblaciones están decayendo drásticamente en la cuenca del Ebro. Por ejemplo, en Cataluña su área de distribución se redujo un 75% durante el período 1960-2010 (Maceda-Veiga et al. 2010). Además, este pez

tiene un especial interés para la conservación de *M. auricularia*, ya que hospeda las larvas de esta especie en sus branquias (Zapater et al. 2008; Araujo 2012). En términos generales parece claro que, aunque la red actual de RNF cumple un importante papel en la protección de los ecosistemas fluviales, no satisface plenamente las expectativas del público, que incluyen la protección de la biodiversidad y los ecosistemas fluviales. Esto es importante porque puede limitar el éxito de su implementación y conservación a largo plazo (Barmuta, Linke y Turak 2011). En este sentido, la ampliación de la red actual de RNF, especialmente incluyendo tramos de baja altitud, como los asociados al eje principal del Ebro y a al Delta del Ebro, podría ser un paso clave para mejorar su eficacia respecto al cumplimiento de los objetivos fijados mediante el proceso de participación pública.

La insuficiente representatividad de la biodiversidad acuática en la red de RNF actualmente declarada no es del todo sorprendente, puesto que fue diseñada para formar un catálogo de ríos de alto valor paisajístico y carentes de modificaciones humanas, considerando la biodiversidad sólo de manera indirecta a través de la selección de tramos con un estado ecológico muy bueno o bueno. Otros autores ya han señalado la representación inadecuada de especies de agua dulce en áreas protegidas. Hermoso et al. (2015a) encontraron que la red Natura 2000, a pesar de cubrir más del 25% de la península ibérica, tan sólo incluye en promedio menos del 20% del rango de especies de agua dulce, estando algunas especies completamente ausentes en la red. En concordancia, Guareschi et al. (2015) encontraron que 14 especies de escarabajos endémicos ibéricos con alta vulnerabilidad estaban completamente ausentes de la red nacional de áreas protegidas en España. Rodríguez-Merino et al. (2019) encontraron que una gran proporción de lugares del alto interés para la conservación de macrófitos estaban fuera de la red Natura 2000. Esto se relaciona con un diseño deficiente de la red de reservas, que a menudo descuida los requisitos de biodiversidad y la integridad del ecosistema (Hermoso et al. 2015b, 2015a). Es importante tener en cuenta que esos estudios se enfocaron en áreas protegidas que no fueron diseñadas específicamente para preservar los ecosistemas de agua dulce, lo que sugiere que las reservas actuales (tales como la red Natura 2000, o los

Parques Nacionales) no cubren adecuadamente las necesidades de conservación de la biodiversidad acuática. Esto es algo que ya se ha demostrado en numerosos estudios (Abell, Allan y Lehner 2007; Dudgeon et al. 2006; Strayer y Dudgeon 2010) y que se relaciona principalmente con el hecho de que las nociones terrestres de áreas protegidas se traducen de manera imperfecta a los atributos de los paisajes fluviales (por ejemplo, la conectividad de poblaciones y procesos a lo largo de la red fluvial). Sin embargo, nuestro estudio muestra que incluso las áreas protegidas de agua dulce, tales como las RNF, pueden conferir una protección insuficiente para la biodiversidad acuática. De manera similar, Herbert et al. (2010) encontraron que la red de ríos protegidos *Wild Scenic Rivers* de los EE.UU. dejaba algunos puntos de recarga de agua completamente desprotegidos, e incluía una representación pobre de especies acuáticas.

El mantenimiento de la conectividad hidrológica, que surgió como uno de los objetivos de conservación de las RNF en este estudio, ha sido señalado como un atributo clave para la estructuración de las comunidades de organismos acuáticos (Bogan, Boersma y Lytle 2013; Cañedo-Argüelles et al. 2015; Erős, O'Hanley y Czeglédi 2018) y los procesos fluviales (Benda et al. 2004; Tockner et al. 1999). Por ejemplo, en el Ebro la construcción de presas ha provocado una disminución de la diversidad piscícola debido al aislamiento de las poblaciones de especies nativas (Aparicio et al. 2000), y una reducción en el aporte de sedimentos al delta del 99%, lo que podría provocar que el 45% de la superficie deltaica se encuentre sumergida bajo el mar para la fecha de 2100 (Rovira e Ibáñez 2007). Así, la red de RNF se muestra como una oportunidad de revertir los efectos negativos de las presas sobre los ecosistemas fluviales mediante la conexión de especies y procesos ecológicos. Al mismo tiempo, la proliferación y expansión de las poblaciones de especies invasoras surgió como una preocupación importante durante el proceso de participación pública, sugiriéndose que las RNF pudieran actuar como refugio de poblaciones de especies nativas. En las últimas décadas, la cuenca del Ebro se ha visto asaltada por diferentes especies invasoras con un gran éxito de colonización y adaptación. Por ejemplo, el cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) y el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) son ya habitantes habitua-

les de la cuenca y provocan un empobrecimiento drástico de la calidad de los hábitat acuáticos, especialmente por la eliminación de plantas acuáticas (Durán et al. 2010; Oscoz, Tomds y Duron 2010; Souty-Grosset et al. 2016). De manera similar, la proliferación del alga *Didymosphenia geminata* en algunas partes de la cuenca del Ebro está llevando un empobrecimiento del hábitat, ya que forma un tapete homogéneo de escaso valor como fuente de alimento y refugio para los macroinvertebrados acuáticos (Ladrera, Gomà y Prat 2018; Ladrera, Rieradevall y Prat 2015). Además de provocar cambios en la calidad del hábitat, muchas especies invasoras suponen una amenaza directa para las especies nativas al competir con ellas por recursos o depredarlas. Por ejemplo, el mejillón cebra es un competidor directo de la especie nativa amenazada *M. auricularia* de la que hemos hablado más arriba (Lalaguna 2007). Parece necesario, por tanto, que las RNF incluyan tramos con poblaciones de especies nativas y libres de especies invasoras, a fin de limitar la expansión de estas últimas.

3.2 LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Más allá de identificar los principales criterios de conservación que deberían cumplir las RNF, el proceso de participación pública seguido en el proyecto *Reservial* permitió validar la red de RNF identificadas como prioritarias por la herramienta Marxan. Como hemos indicado en las conclusiones de los talleres expuestas en el apartado 2.6, una

de las críticas de los participantes al mapa resultante de la aplicación de Marxan fue que incluía arroyos temporales (que se secan estacionalmente durante los períodos más secos del año), e intermitentes y efímeros (que solo llevan agua de manera eventual durante períodos de lluvias intensas). A pesar de que se sabe que este tipo de arroyos alberga un menor número de especies que los ríos y arroyos permanentes (Soria et al. 2017), no debe subestimarse su valor de conservación (Acuña et al. 2014), ya que albergan especies singulares con adaptaciones para soportar o recuperarse de los períodos de sequía (Bogan et al. 2017; Cañedo-Argüelles et al. 2016), tienen dinámicas ecológicas particulares (Datry, Bonada y Boulton 2017; McIntosh et al. 2017; von Schiller et al. 2017), y proporcionan numerosos servicios ecosistémicos (Datry et al. 2018). Por lo tanto, la selección de arroyos temporales y efímeros por parte de Marxan en este estudio está muy probablemente relacionada con la necesidad de representar adecuadamente todos los criterios de conservación, algunos de los cuales (por ejemplo, especies tolerantes a la sequía) podrían encontrarse exclusivamente o de manera más abundante en este tipo de ecosistemas.

Otra limitación surgida durante el proceso de participación, que también exponíamos en las conclusiones de los talleres, fue que la red de RNF propuesta por Marxan incluía especies que podrían tener un bajo valor de conservación (por ejemplo, diatomeas). Frente a esto, se podría argumentar que la biodiversidad debe protegerse en toda su



Fotografía 3.1: Proliferación de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* en la cuenca del Ebro (La Rioja)

complejidad debido a su valor intrínseco (Takacs 1996), porque desempeña un papel clave para mantener el funcionamiento del ecosistema y mantener el bienestar humano (Mace, Norris y Fitter 2012). Sin embargo, los valores intrínsecos y la contribución de la biodiversidad a la integridad del ecosistema son difíciles de medir, priorizar y, probablemente, están sujetos a concesiones; lo que dificulta su incorporación a la planificación de la conservación (Justus et al. 2009). Una posible solución a esta limitación sería solicitar a los expertos que clasifiquen las especies según su valor en términos de mantener la integridad del ecosistema y la urgencia de su protección, e incorporar después en base a estas valoraciones un peso de conservación para cada especie en el diseño de las RNF. La consulta a expertos de diferentes especialidades permitiría evitar una representación excesiva de las especies emblemáticas, que suelen ser escogidas como preferentes por los gestores y los diferentes actores sociales en los planes de conservación de la naturaleza (Araujo 1999; Seddon, Soorae y Launay 2005).

Finalmente, otra preocupación planteada a través de la participación pública fue el pobre estado ecológico de algunos de los tramos seleccionados por Marxan. Al abordar esta preocupación surgió una limitación importante: un 60% del total de la red fluvial de la cuenca del Ebro carece de una evaluación de su estado ecológico. Esto sugiere que, aunque el monitoreo de las aguas superficiales ha mejorado mucho en Europa a través de la implementación de la DMA (Hering et al. 2010), la red de sitios de monitoreo debería ampliarse aún más dentro del contexto de la planificación de la conservación. Se deberían incluir más sitios en los programas de monitoreo, con el objetivo de representar completamente la biodiversidad de agua dulce y las características geomorfológicas. Alternativamente, se podrían utilizar herramientas de modelación para estimar el estado ecológico de los ríos y arroyos de acuerdo con otras variables, como la distancia más próxima a efluentes de aguas residuales aguas arriba del cauce (Álvarez-Cabria, Barquín y Peñas 2016; Álvarez-Cabria et al. 2017).

En general, los resultados de este estudio muestran que la eficiencia del diseño de las RNF podría mejorarse utilizando Marxan en comparación con el enfoque *ad hoc* utilizado hasta ahora. Ninguna

de las actuales RNF se incluyeron entre las reservas propuestas resultantes del escenario 1, y cuando se bloquearon las actuales RNF (escenario 2), se tuvieron que proteger 854 kilómetros adicionales de ríos y arroyos para cumplir con los objetivos de conservación. Esto significaría un aumento del 244% en la red actual de RNF, pero hay que tener en cuenta que representa tan solo un 2,60% de la longitud fluvial total de la cuenca. De manera similar, Hermoso et al. (2015b) encontraron que, para que la red Natura 2000 pudiera atender las necesidades de conservación de peces de agua dulce, anfibios y reptiles acuáticos en la península ibérica, se necesitaría un aumento en su área de entre el 7 y el 46%, dependiendo de la meta de conservación perseguida y la conectividad requerida. La ubicación de las RNF propuestas por Marxan llenó una importante brecha espacial. Mientras que las RNF actualmente declaradas incluyen mayoritariamente tramos de montaña, las RNF propuestas por Marxan incluyeron tramos a lo largo de toda la cuenca del río Ebro (incluso secciones del eje principal). Es muy probable que esto esté relacionado con la inclusión de una amplia variedad de taxones y tipologías fluviales, algunos de los cuales eran más comunes (o incluso se encontraban únicamente) en las secciones medias y bajas de la cuenca del Ebro. Además, Marxan se vio obligado a tomar en cuenta la conectividad hidrológica en este estudio, tratando de evitar la selección de un conjunto de sitios distantes y aislados. Por lo tanto, se puede argumentar que la red de RNF resultante de este estudio mejoraría la representatividad de tipologías fluviales, la protección de la biodiversidad general, y la integridad del ecosistema, en comparación con la red de RNF actualmente declaradas. Nuestros resultados conducen al uso de la planificación de conservación sistemática para maximizar la eficiencia de las áreas protegidas de agua dulce en términos de conservación de la biodiversidad. Esto es importante, ya que la inversión limitada en la protección de los ecosistemas de agua dulce y la creciente demanda de agua (Vörösmarty et al. 2010) requieren una priorización de los esfuerzos de conservación (Nel et al. 2009). En este sentido, sería conveniente contar con inventarios más exhaustivos de biodiversidad que cubran todos los gradientes ambientales y geomorfológicos existentes en la cuenca fluvial, ya que esto permitiría desarrollar modelos más

robustos que darían lugar a diseños de redes de RNF con un mayor grado de resolución.

En general, este estudio muestra que la combinación de la participación pública y la planificación sistemática de la conservación podría resultar en una protección más eficiente y garantista de los ecosistemas fluviales en España. De acuerdo con nuestros resultados, contar con información detallada y actualizada sobre la distribución de especies invasoras y en peligro de extinción, así como aumentar la frecuencia y extensión espacial del monitoreo ecológico, son claves para satisfacer las demandas públicas de una mejor protección de la biodiversidad de agua dulce y la preservación de sitios de alto valor ecológico. La combinación de la participación pública con la herramienta de planificación sistemática Marxan nos permitió integrar una amplia variedad de preferencias de conservación en el diseño de las RNF. Esto es esencial, no solo para crear un compromiso público más fuerte que promueva la conservación, sino también para proporcionar redes viables de áreas protegidas que puedan implementarse y gestionarse con éxito (Ban et al. 2013; Knight et al. 2008). No obstante, debe tenerse en cuenta que, si bien este ejercicio constituye un paso adelante hacia una red más efectiva de RNF basadas en la participación pública, el diseño de áreas protegidas de agua dulce en España y en otros lugares aún podría mejorarse a través de enfoques multidisciplinarios que tengan en cuenta aspectos socioeconómicos y políticos (Reyers et al. 2013). Además, aunque el uso de sustitutos de los costos de la conservación es una estrategia efectiva cuando los costos reales son inciertos (Carwardine et al. 2007), nuestro enfoque podría mejorarse utilizando estimaciones económicas reales de los esfuerzos de conservación (incluyendo por ejemplo los costes de adquisición de terrenos o de control y vigilancia ambiental). Sin embargo, esta es una tarea complicada, ya que la declaración y mantenimiento de áreas protegidas incluye una gran diversidad de costes económicos difícilmente cuantificables (Naidoo et al. 2006). Finalmente, lo ideal sería ajustar las metas de conservación a criterios ecológicos (por ejemplo, el número mínimo de poblaciones necesarias para asegurar la persistencia de una especie en un territorio), aunque esta información también es difícil de obtener.

Las RNF ofrecen una oportunidad única para proteger los ecosistemas de agua dulce, que han recibido una atención considerablemente menor que los ecosistemas terrestres o marinos por parte de los gestores del patrimonio natural (Abell 2002). Aunque la Directiva Europea de Hábitats (Consejo de las Comunidades Europeas 1992) ya incluye varios hábitats y especies de agua dulce, su implementación ha sido lenta e incompleta (Paavola 2004; Kati et al. 2015). Además, los criterios que sostienen la inclusión de especies protegidas bajo esta Directiva no son claros, y en muchos casos carecen de objetividad y transparencia (Cardoso 2012). Por lo tanto, la creación de áreas protegidas de agua dulce en Europa (análogas a las RNF españolas) puede ser muy útil para reforzar y complementar la red Natura 2000. A su vez, también sería importante para la conservación de tramos representativos de todas las tipologías fluviales existentes en España. Dados los resultados de este estudio, se puede argumentar que el uso de herramientas de planificación sistemática, combinadas con un proceso de participación pública, podrían servir para sacar el máximo provecho de las RNF y hacer frente a la urgente crisis de biodiversidad e integridad funcional a la que se enfrentan los ecosistemas de agua dulce (Dudgeon et al. 2006).

3.3 REFLEXIÓN FINAL

Este protocolo permite identificar de manera eficaz y consensuada áreas prioritarias para la conservación. En este sentido, es clave definir unos objetivos claros y consensuados de conservación, ya que no solo permitirán un diseño más eficaz de la red de áreas a proteger, si no que aumentarán las posibilidades de que su implementación se lleve a cabo. En el mismo sentido, este protocolo permite avanzar en el diseño consensuado de redes de áreas protegidas, gracias a la posibilidad de producir múltiples mapas alternativos en base a las aportaciones de los diferentes actores (por ejemplo, técnicos de medio ambiente que trabajan directamente sobre el terreno y tienen información valiosa sobre las áreas a proteger y su biodiversidad asociada). Creemos que la flexibilidad y la fiabilidad de la propuesta metodológica presentada aquí la convierte en una herramienta ideal para la conservación de los ecosistemas, y que puede ser fácilmente adaptada a

distintos ecosistemas (por ejemplo, lagos o humedales) y/o países. Asimismo, los objetivos de conservación identificados en este estudio son interesantes desde el punto de vista de la gestión de los ríos y arroyos, sobre todo en España, ya que plasman las principales preocupaciones de la sociedad respecto a la conservación de estos ecosistemas.

Finalmente, esperamos que este estudio pueda servir como punto de partida a futuros estudios sobre la mejora de la conservación de los ecosistemas de agua dulce. Por ejemplo, aunque la provisión de servicios ecosistémicos no se seleccionó como criterio de conservación en este trabajo, también podría incluirse dentro del marco de conservación sistemático presentado aquí (Adame et al. 2015; Hermoso et al. 2018). Dados los fuertes vínculos entre la

biodiversidad de agua dulce, el funcionamiento del ecosistema, y la provisión de servicios (Datry et al. 2018; Dodds, Perkin y Gerken 2013; Haines-Young y Potschin 2010; Mace, Norris y Fitter 2012), así como la importancia de estos servicios para el bienestar humano (Aylward et al. 2005; Costanza et al. 1997), la planificación de la conservación de los servicios de los ecosistemas debería abordarse en estudios futuros. Los resultados del proyecto *Reservial* también podrían usarse para identificar ríos y arroyos degradados pero con alto potencial para albergar biodiversidad -donde los esfuerzos de restauración fluvial son más necesarios-, así como para identificar tramos de ríos y arroyos que puedan actuar como refugios de biodiversidad en futuros escenarios de cambio climático y que necesitan, por tanto, ser preservados.

Bibliografía

- ABELL, R. «Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up». *Conservation Biology* 16 (2002): 1435-1437.
- ABELL, R., J. D. ALLAN y B. LEHNER. «Unlocking the potential of protected areas for freshwaters». *Biological Conservation* 134 (2007): 48-63.
- ACUÑA, V., T. DATRY, J. MARSHALL, D. BARCELÓ, C. N. DAHM, A. GINEBRED, G. MCGREGOR, S. SABATER, K. TOCKNER y M. A. PALMER. «Why Should We Care About Temporary Waterways?». *Science* 343 (2014): 1080-1081.
- ADAME, M. F., V. HERMOSO, K. PERHANS, C.E. LOVELOCK y J. A. HERRERA-SILVEIRA. «Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services». *Conservation biology* 29 (2015): 493-502.
- AGENCIA AMBIENTAL EUROPEA. *Corine Land Cover 2012 raster data* (2016). Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2012-raster>. [Consulta: 27 noviembre 2018]
- ALBA-TERCEDOR, J., P. JÁIMEZ-CUÉLLAR, M. ÁLVAREZ, J. AVILÉS, N. BONADA, J. CASAS, A. MELLADO, et al. «Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)». *Limnetica* 21 (2002): 175-85.
- ALCARAZ MORENO, J. L., C. NAVARRO-LLÁCER y J. DE LAS HERAS IBÁÑEZ. «Propuesta de un índice de vegetación acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: a comparación con otros índices bióticos». *Limnetica* 25 (2006): 821-838.
- ALLEN, G. H. y T. PAVELSKY. «Global extent of rivers and streams». *Science* 361 (2018): 585-588.
- ÁLVAREZ, R. 2011. «*Margaritifera auricularia*, en peligro de extinción: etapas de su protección jurídica en España». *Naturaleza aragonesa: revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, no. 27, pp. 63-69. ISSN 1138-8013.
- ÁLVAREZ-CABRIA, M., J. BARQUÍN y F. J. PEÑAS. «Modelling the spatial and seasonal variability of water quality for entire river networks: Relationships with natural and anthropogenic factors». *Science of The Total Environment* 545 (2016): 152-162.
- ÁLVAREZ-CABRIA, M., A. GONZÁLEZ-FERRERAS, F. J. PEÑAS y J. BARQUÍN. «Modelling macroinvertebrate and fish biotic indices: From reaches to entire river networks». *Science of the Total Environment* 577 (2017): 308-318.
- APARICIO, E., M. J. VARGAS, J. P. OLMO y A. DE SOSTOA. «Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed on the Iberian Peninsula: a quantitative assessment». *Environmental Biology of Fishes* 59 (2000): 11-19.
- ARAUJO, M. B. «Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal». *Diversity and Distributions* 5 (1999): 151-163.
- ARAUJO, R. «*Margaritifera auricularia*». En: VV.AA. (ed.), *Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/bei_bases_eco_invertebrados.aspx [Consulta: 11 abril 2019]
- ARTINGTON, A.H. *Environmental Flows: saving rivers in the third millenium*. Berkeley, California: University of California Press, 2012.

- AYLWARD, B., J. BANDYOPADHYAY, J.C. BELAUSTEGUIGOTIA, P. BORKEY, A.Z. CASSAR, L. MEADORS, L. SAADE, et al. «Freshwater ecosystem services». *Ecosystems and human well-being: policy responses*. Washington DC, USA: Island Press, 2005, 213-256.
- BALL, I. R. y H. P. POSSINGHAM. *Marxan version 1.8.3*. (2000). Disponible: <http://www.uq.edu.au/marxan/>. [Consulta: 11 abril 2019]
- BAN, N. C., M. MILLS, J. TAM, C. HICKS, S. KLAIN, N. STOECKL, M. BOTTRILL, J. LEVINE, R. L. PRESSEY y T. SATTERFIELD. «A social-ecological approach to conservation planning: embedding social considerations». *Frontiers in Ecology and the Environment* 11 (2013): 194-202.
- BAÑARES, Á., G. BLANCA, J. GÜEMES, J. C. MORENO y S. ORTIZ, S. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España*. Adenda 2010. Madrid (2010). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/ie_et_flora_vascular.aspx [Consulta: 11 abril 2019]
- BARMUTA, L. A., S. LINKE y E. TURAK. «Bridging the gap between 'planning' and 'doing' for biodiversity conservation in freshwaters». *Freshwater Biology* 56 (2011): 180-195.
- BARROS, R., D. ISIDORO Y R. ARAGÜÉS. «Three study decades on irrigation performance and salt concentrations and loads in the irrigation return flows of La Violada irrigation district (Spain)». *Agriculture, ecosystems & environment* 151 (2012): 44-52.
- BATALLA, R. J., C. M. GOMEZ y M. G. KONDOLF. «Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain)». *Journal of hydrology* 290 (2004): 117-136.
- BATTIN, T. J., S. LUYSSAERT, L. A. KAPLAN, A. K. AUFDENKAMPE, A. RICHTER y L. J. TRANVIK. «The boundless carbon cycle». *Nature Geoscience* 2 (2009): 598-600.
- BEJARANO, M. D., M. MARCHAMALO, D. GARCÍA y M. GONZÁLEZ. «Flow regime patterns and their controlling factors in the Ebro basin (Spain)». *Journal of Hydrology* 385 (2010): 323-335.
- BENDA, L., N. L. POFF, D. MILLER, T. DUNNE, G. REEVES, G. PESS, G. y M. POLLOCK. «The Network Dynamics Hypothesis: how channel networks structure riverine habitats». *BioScience* 54 (2004): 413-427.
- BOGAN, M. T., K. S. BOERSMA y D. A. LYTLE. «Flow intermittency alters longitudinal patterns of invertebrate diversity and assemblage composition in an arid-land stream network». *Freshwater Biology* 58 (2013): 1016-1028.
- BOGAN, M. T., E. T. CHESTER, T. DATRY, A. L. MURPHY, B. J. ROBSON, A. RUHI, R. STUBBINGTON y J. E. WHITNEY. «Resistance, Resilience, and Community Recovery in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams». En: Thibault DATRY, NÚRIA BONADA y ANDREW J. BOULTON (eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Elsevier, 2017: 349-376.
- CAMPBELL GRANT, E. H., W. H. LOWE, y W. FAGAN. «Living in the branches: population dynamics and ecological processes in dendritic networks». *Ecology Letters* 10 (2007): 165-175.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., M. T. BOGAN, D. A. LYTLE y N. PRAT. «Are Chironomidae (Diptera) good indicators of water scarcity? Dryland streams as a case study». *Ecological Indicators* 71 (2016): 155-162.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., K. S. BOERSMA, M. T. BOGAN, J. D. OLDEN, I. PHILLIPSEN, T. A. SCHRIEVER y D. A. LYTLE. «Dispersal strength determines meta-community structure in a dendritic riverine network». *Journal of Biogeography* 42 (2015): 778-790.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., B. J. KEFFORD, C. PISCART, N. PRAT, R. B. SCHÄFER, R. B. y C-J. SCHULZ. Salinisation of rivers: «An urgent ecological issue». *Environmental Pollution* 173 (2013): 157-167.
- CARDOSO, P. «Habitats Directive species lists: urgent need of revision». *Insect Conservation and Diversity* 5 (2012): 169-174.
- CARWARDINE, J., W.A. ROCHESTER, K.S. RICHARDSON, K. J. WILLIAMS, R. L. PRESSEY y H. P. POSSINGHAM. «Conservation planning with irreplaceability: does the method matter?». *Biodiversity and Conservation* 16 (2007): 245-258.
- CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Modelos digitales de elevaciones*. Disponible en: <http://centrode descargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LI DAR> [Consulta: 27 noviembre 2017]
- CID, N., N. BONADA, S. M. CARLSON, T. E. GRANTHAM, A. GASITH y V. H. RESH. «High Variability Is a Defining Component of Mediterranean». *Climate Rivers and Their Biota* 9 (2017): 52.

- CLAVER, A., P. ORMAD, L. RODRÍGUEZ y J. L. OVELLEIRO. «Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain)». *Chemosphere*, vol. 64 (2006): 1437-1443.
- COLE, J. J., Y. T. PRAIRIE, N. F. CARACO, W. H. MCDOWELL, L. J. TRANVIK, R. G. STRIEGL, C. M. DUARTE, et al. «Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget». *Ecosystems* 10 (2007): 172-185.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. «Detectado el primer ejemplar vivo de *Margaritifera auricularia* en el Ebro en Navarra (2014)». Disponible en: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=41367&java-script=false> [Consulta: 30 noviembre 2018]
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. *Geoportal SITEbro* (2018a). Disponible en: <http://iber.chebro.es/geoportal/> [Consulta: 27 noviembre 2018]
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. *Web de Consulta de Datos de Calidad de Aguas Superficiales* (2018b). Disponible en: <http://www.datosuperficiales.chebro.es:81/WCASF/?rvn=1> [Consulta: 27 noviembre 2018]
- CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. «Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (1992)». Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A31992L0043> [Consulta: 11 abril 2019]
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, et al. «The value of the world's ecosystem services and natural capital». *Nature* 387 (1997): 253-260.
- COSTE, M., 1982. «Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux». *Rapport Cemagref QE Lyon-AF Bassin Rhône Méditerranée Corse*.
- DATRY, T., N. BONADA y A. J. BOULTON. *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*. Elsevier, 2017.
- DATRY, T., N. BONADA y A. J. BOULTON, K. FRITZ, C. LEIGH, E. SAUQUET, K. TOCKNER, B. HUGUENY y C. N. DAHM. «Flow intermittence and ecosystem services in rivers of the Anthropocene». *Journal of Applied Ecology* 55 (2018): 353-364.
- DE CASTRO-CATALÁN, I. MUÑOZ, L. ARMENDÁRIZ, B. CAMPOS, D. BARCELÓ, J. LÓ-DOVAL, S. PÉREZ, M. PETROVIC, Y. PICÓ y J. L. RIERA. «Invertebrate community responses to emerging water pollutants in Iberian river basins». *The Science of the total environment* 503-504 (2015): 142-50.
- DE LAS HERAS, M., A. CORDERO-RIVERA, M. CABANA, A. ROMERO, X. L. REY-MUÑIZ, I. MEZAQUITA, J. A. GAINZARAIN, et al. «Distribución ibérica de *Macromia splendens*, *Gomphus graslinii* y *Oxygastra curtisii* (Insecta: Odonata) especies protegidas por la Directiva Hábitats». *Boletín Rola* 9 (2017): 15-54.
- DÍAZ, E. y A. OLLERO. «Metodología para la clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro». *Geographicalia* 47 (2005): 23-45.
- DOADRIO, J. I. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 2002. ISBN 8480143134.
- DODDS, W. K., J. S. PERKIN y J. E. GERKEN. «Human impact on freshwater ecosystem services: a global perspective». *Environmental science & technology* 47 (2013): 9061-9068.
- DUDGEON, D., A. H. ARTHINGTON, M. O. GESSNER, Z-I. KAWABATA, D. J. KNOWLER, C. LÉVÊQUE, R. J. NAIMAN, A-H. PRIEUR-RICHARD, D. SOTO y M. STIASSNY. «Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges». *Biological reviews* 8 (2006): 163-182.
- DURÁN, C., M. LANA O, A. ANADÓN y V. TOUYÁ. «Management strategies for the zebra mussel invasion in the Ebro River basin». *Aquatic Invasions* 5 (2010): 309-316.
- EROS T., J. R. O'HANLEY y I. CWEGLÉDI. «A Unified Model for Optimizing Riverscape Conservation». *Journal of Applied Ecology* 55 (2018): 1365-2664.
- ESRI 2012. *ArcGIS Release 10.1*. 2012. Redlands, California, USA.
- EUROPEAN COMMISSION. «Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy». *Official Journal of the European Communities* 43 (2000): 1-72.

- FEHM LAB. *Índice de calidad del bosque de ribera: QBR*. Disponible en: [http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR cast.pdf](http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR_cast.pdf) [Consulta: 27 noviembre 2018]
- FEO, M. L., A. GINEBRED, E. ELJARRAT y D. BARCELÓ. «Presence of pyrethroid pesticides in water and sediments of Ebro River Delta». *Journal of Hydrology* 393 (2010): 156-162.
- FIELDING, A. H. y J. F. BELL. «A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models». *Environmental Conservation* 24 (1997): 38-49.
- FILIFE, A. F., D. MARKOVIC, F. PLETTERBAUER, C. TISSEUIL, A. WEVER, S. SCHMUZ, N. BONADA y J. FREYHOF. «Forecasting fish distribution along stream networks: brown trout (*Salmo trutta*) in Europe». *Diversity and Distributions* 19 (2013): 1059-1071.
- FREEMAN, E. A. y G. MOISEN. «Presence/Absence: An R package for presence absence analysis». *Journal of Statistical Software* 23 (2008): 1-31.
- GLEICK, P. H.. «Water, drought, climate change, and conflict in Syria». *Weather, Climate, and Society* 6 (2014): 331-340.
- GUARESCHI, S., D. T. BILTON, J. VELASCO, A. MILLÁN y P. ABELLÁN. «How well do protected area networks support taxonomic and functional diversity in non-target taxa? The case of Iberian freshwaters». *Biological Conservation* 187 (2015): 134-144.
- HAINES-YOUNG, R. y M. POTSCHEIN. «6 - The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being». En: D. RAFFAELLI y C. FRID (eds.), *Ecosystem Ecology. A New Synthesis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press (2010): 100-139.
- HERBERT, M. E., P. B. MCINTYRE, P. J. DORAN, J. D. ALLAN y R. ABELL. «Terrestrial reserve networks do not adequately represent aquatic ecosystems». *Conservation Biology* 24 (2010): 1002-1011.
- HERING, D., A. BORJA, J. CARSTENSEN, L. CARVALHO, M. ELLIOTT, C. FELD, A-S. HEISKANEN, R. K. JOHNSON, J. MOE y D. PONT. «The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future». *Science of the total Environment* 408 (2010): 4007-4019.
- HERMOSO, V. «Freshwater ecosystems could become the biggest losers of the Paris Agreement». *Global change biology* 23 (2017): 3433-3436.
- HERMOSO, V., R. ABELL, S. LINKE y P. BOON. «The role of protected areas for freshwater biodiversity conservation: challenges and opportunities in a rapidly changing world». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26 (2016): 3-11.
- HERMOSO, V., L. CATTARINO, S. LINKE y M. J. KENNARD. «Catchment zoning to enhance co benefits and minimize trade-offs between ecosystem services and freshwater biodiversity conservation». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28 (2018): 1004-1014.
- HERMOSO, V., A. F. FILIFE, P. SEGURADO y P. BEJA. «Effectiveness of a large reserve network in protecting freshwater biodiversity: a test for the Iberian Peninsula». *Freshwater Biology* 60 (2015a): 698-710.
- HERMOSO, V., A. F. FILIFE, P. SEGURADO y P. BEJA. «Filling gaps in a large reserve network to address freshwater conservation needs». *Journal of environmental management* 161 (2015b): 358-365.
- HERMOSO, V., S. LINKE, J. PRENDA y H. POSSINGHAM. «Addressing longitudinal connectivity in the systematic conservation planning of fresh waters». *Freshwater Biology* 56 (2011): 57-70.
- IBÁÑEZ, C., N. PRAT y A. CANICIO. «Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary». *Regulated Rivers: Research & Management* 12 (1996): 51-62.
- IH CANTABRIA. MARCE: *Development of a Spatial Framework for Integrated Catchment Management*. Disponible en: <http://marce.ihcantabria.es/tareas/> [Consulta: 11 abril 2019]
- ISIDORO, D., D. QUÍLEZ y R. ARAGÜÉS. «Environmental Impact of Irrigation in La Violada District (Spain)». *Journal of Environmental Quality* 35 (2006): 766-775.
- JUSTUS, J., M. COLYVAN, H. REGAN y L. MAGUIRE. «Buying into conservation: intrinsic versus instrumental value». *Trends in Ecology & Evolution* 24 (2009): 187-191.
- KATI, V., T. HOVARDAS, M. DIETERICH, P. L. IBISCH, B. MIHOK y N. SELVA. «The challenge of implementing the

- European network of protected areas Natura 2000». *Conservation Biology* 29 (2015): 260-270.
- KNIGHT, A. T., R. M. COWLING, M. ROUGET, A. BALMFORD, A. T. LOMBARD y B. M. CAMPBELL. «Knowing but not doing: selecting priority conservation areas and the research–implementation gap». *Conservation biology* 22 (2008): 610-617.
- LADRERA, R., J. GOMÀ y N. PRAT. «Effects of *Didymosphenia geminata* massive growth on stream communities: Smaller organisms and simplified food web structure». *PLoS one* 13 (2018): e0193545.
- LADRERA, R., M. RIERADEVALL y N. PRAT. «Massive growth of the invasive algae *Didymosphenia geminata* associated with discharges from a mountain reservoir alters the taxonomic and functional structure of macroinvertebrate community». *River research and applications* 31 (2015): 216-227.
- LALAGUNA, C. D. *El mejillón cebra en la cuenca del Ebro*. Disponible en: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=20659> [Consulta: 11 abril 2019]
- LEATHWICK, J.R., J. ELITH y T. HASTIE. «Comparative performance of generalized additive models and multivariate adaptive regression splines for statistical modelling of species distributions». *Ecological Modelling* 199 (2006): 188-196.
- LEATHWICK, J.R., D. ROWE, J. RICHARDSON, J. ELITH y T. HASTIE. «Using multivariate adaptive regression splines to predict the distributions of New Zealand's freshwater diadromous fish». *Freshwater Biology* 50 (2005): 2034-2052.
- LEHNER, B., C. R. LIERMANN, C. REVENGA, C. VOROSMARTY, B. FEKETE, P. CROUZET, P. DÖLL, M. ENDEJAN, K. FRENKEN y J. MAGOME. «High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management». *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (2011): 494-502.
- LINKE, S.; KENNARD, M.J.; HERMOSO, V.; OLDEN, J.D.; STEIN, J. y PUSEY, B.J. «Merging connectivity rules and large-scale condition assessment improves conservation adequacy in rivers systems». *Journal of Applied Ecology*, 49 (2012): 1036-1045.
- LÓPEZ-MORENO, J. I., S. M. VICENTE-SERRANO, E. MORANTEJEDA, J. ZABALZA, J. LORENZO-LACRUZ y J. M. GARCÍA-RUIZ. «Impact of climate evolution and land use changes on water yield in the Ebro basin». *Hydrology and Earth System Sciences* 15 (2011): 2651-2681.
- LYTLE, D. y N. L. POFF. «Adaptation to natural flow regimes». *Trends in Ecology & Evolution* 19 (2004): 94-100.
- MACE, G. M., K. NORRIS y A. H. FITTER. «Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship». *Trends in ecology & evolution* 27 (2012): 19-26.
- MACEDA-VEIGA, A., A. MONLEON-GETINO, N. CAIOLA, F. CASALS y A. DE SOSTOA. «Changes in fish assemblages in catchments in north-eastern Spain: biodiversity, conservation status and introduced species». *Freshwater Biology* 55 (2010): 1734-1746.
- MAIDMENT, D.R. *Arc Hydro: GIS for Water Resources*. ESRI Press, Redlands, California, USA.
- MARGULES, C.R. y R. L. PRESSEY. «Systematic conservation planning». *Nature* 405 (2000): 243-253.
- MCINTOSH, A. R., C. LEIGH, K. S. BOERSMA, P. A. MCHUGH, C. FEBRIA y E. GARCÍA-BERTHOU. «Food Webs and Trophic Interactions in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams». *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Elsevier (2017): 323-347.
- MEYBECK, M. «Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 358 (2003): 1935-1955.
- MILANO, M., D. RUELLAND, A. DEZETTER, J. FABRE, S. ARDOIN-BARDIN y E. SERVAT. «Modeling the current and future capacity of water resources to meet water demands in the Ebro basin». *Journal of hydrology* 500 (2013): 114-126.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, 2013. *Protocolo de cálculo del índice de polusensibilidad específica*. Disponible en: https://www.miteco.gov.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/PS-2013_24_05_2013_tcm30-175295.pdf.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, 2018. *Plan de Gestión de la Anguila Europea en la Cuenca del Ebro*. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/planes-de-gestion-y-recuperacion-de-especies/plan-de-gestion-anguila-Cuenca-Ebro_tcm30-282061.pdf [Consulta: 11 abril 2019]

- MONDY, C. P., I. MUÑOZ y S. DOLÉDEC. «Life-history strategies constrain invertebrate community tolerance to multiple stressors: A case study in the Ebro basin». *Science of the Total Environment* 572 (2016):196-206.
- MUNNÉ, A., N. PRAT, C. SOLÀ, N. BONADA y M. RIERA-DEBALL. «A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13 (2002): 147-163.
- NAIDOO, R., A. BALMFORD, P. J. FERRARO, S. POLASKY, T. H. RICKETTS y M. ROUGET. «Integrating economic costs into conservation planning». *Trends in ecology & evolution* 21 (2006): 681-687.
- NAIMAN, R. J., A. H. PRIEUR-RICHARD, A. H. ARTHINGTON, D. DUDGEON, M. O. GESSNER, Z. I. KAWABATA, D. KNOWLER, et al. «Challenges for freshwater biodiversity research: science plan and implementation strategy». *Diversitas Report*, no. 5. Paris, France (2006).
- NATIONAL WATER COMMISSION. *Intergovernmental agreement on a National Water Initiative* (2004). Disponible en: <http://agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/water/Intergovernmental-Agreement-on-a-national-water-initiative.pdf> [Consulta: 11 abril 2019]
- NEL, J. L., D. J. ROUX, R. ABELL, P. J. ASHTON, R. M. COWLING, J. V. HIGGINS, M. THIEME y J. H. VIERS. «Progress and challenges in freshwater conservation planning». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19 (2009): 474-485.
- NEL, J. L., D. J. ROUX, A. DRIVER, L. HILL, A. C. MAHERRY, K. SNADDON, C. R. PETERSEN, L. B. SMITH-ADAO, H. VAN DEVENTER y B. REYERS. «Knowledge co-production and boundary work to promote implementation of conservation plans». *Conservation Biology* 30 (2016): 176-188.
- NEL, J. L., D. J. ROUX, G. MAREE, C. J. KLEYNHANS, J. MOOLMAN, B. REYERS, M. ROUGET y R. M. COWLING. «Rivers in peril inside and outside protected areas: a systematic approach to conservation assessment of river ecosystems». *Diversity and Distributions* 13 (2007): 341-352.
- NORGAARD, R. B. «Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder». *Ecological economics* 69 (2010): 1219-1227.
- OSCOZ, J., P. TOMDS y C. DURON. «Review and new records of non-indigenous freshwater invertebrates in the Ebro River basin(Northeast Spain)». *Aquatic Invasions* 5 (2010): 263-284.
- PAAVOLA, J. «Protected areas governance and justice: theory and the European Union's Habitats Directive». *Environmental Sciences* 1 (2004): 59-77.
- POFF, N. L., J. D. ALLAN, M. A. PALMER, D. D. HART, B. D. RICHTER, A. H. ARTHINGTON, K. H. ROGERS, J. L. MEYER y J. A. STANFORD. «River flows and water wars: emerging science for environmental decision making». *Frontiers in Ecology and the Environment* 1 (2003): 298-306.
- POFF, N. L., J. D. OLDEN, D. M. MERRITT y D. M. PEPIN. «Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (2007): 5732-5737.
- POSTEL, S. y S. CARPENTER. «Freshwater ecosystem services». En DAILY G. (eds.), *Nature's Services*, Island Press, Washington DC, 1997: 195-214.
- PRESSEY, R. L., M. CABEZA, M. E. WATTS, R. M. COWLING y K. A. WILSON. «Conservation planning in a changing world». *Trends in ecology & evolution* 22 (2007): 583-592.
- R CORE TEAM. *R. A language and environment for statistical computing. - R Foundation for Statistical Computing*, 2015. Disponible en: <https://www.r-project.org/> [Consulta: 11 abril 2019]
- REVELLE, W. *psych: Procedures for Personality and Psychological Research*. Evanston, Illinois, USA, 2016. Disponible en: <https://cran.r-project.org/package=psych> Version = 1.6.12 [Consulta: 11 abril 2019]
- REYERS, B., R. BIGGS, G. S. CUMMING, T. ELMQVIST, A. P. HEJNOWICZ y S. POLASKY. «Getting the measure of ecosystem services: a social-ecological approach». *Frontiers in Ecology and the Environment* 11 (2013): 268-273.
- RODRÍGUEZ, J. A., M. LÓPEZ y J. M. GRAU. «Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations». *Environmental pollution* 144 (2006):1001-1012. ISSN 0269-7491.

- RODRÍGUEZ-MERINO A., R. FERNÁNDEZ-ZAMUDIO y P. GARCÍA-MURILLO. «Identifying areas of aquatic plant richness in a Mediterranean hotspot to improve the conservation of freshwater ecosystems». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/aqc.3088> [Consulta: 11 abril 2019]
- ROVIRA, A. y C. IBÁÑEZ. «Sediment management options for the lower Ebro River and its delta». *Journal of Soils and Sediments* 7 (2007): 285-295.
- SCHÄFER, R. B., P. J. VAN DEN BRINK y M. LIESS. «Impacts of Pesticides on Freshwater Ecosystems». En: Francisco SÁNCHEZ-BAYO, Paul J. van den BRINK y Reinier M. MANN (eds.), *Ecological Impacts of Toxic Chemicals*. Bentham Science Publishers Ltd. (2011): 111-137.
- SEDDON, P. J., P. S. SOORAE y F. LAUNAY. «Taxonomic bias in reintroduction projects». *Animal Conservation forum* 8 (2005): 51-58.
- SORIA, M., C. LEIGH, T. DATRY, L. M. BINI y N. BONADA. «Biodiversity in perennial and intermittent rivers: a meta-analysis». *Oikos* 126 (2017): 1078-1089.
- SOUTY-GROSSET, C., P. M. ANASTACIO, L. AQUILONI, F. BANHA, J. CHOQUER, C. CHUCHOLL y E. TRICARICO. «The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being». *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters* 58 (2016): 78-93.
- STRAYER, D. L. y D. DUDGEON. «Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges». *Journal of the North American Benthological Society* 29 (2010): 344-358.
- TAKACS, D. *The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise*. Johns Hopkins University Press, 1996.
- THE NETWORK FOR FRESHWATER RESEARCH. *Freshwater Information Platform*. Disponible en: <http://www.freshwaterplatform.eu/> [Consulta: 27 noviembre 2018]
- TOCKNER, K., D. PENNETZDORFER, N. REINER, F. SCHIEMER y J. V. WARD. «Hydrological connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria)». *Freshwater Biology* 41 (1999): 521-535.
- TORRECILLA, N. J., J. P. GALVE, L. G. ZAERA, J. F. RETAMAR y A. ÁLVAREZ. «Nutrient sources and dynamics in a Mediterranean fluvial regime (Ebro river, NE Spain) and their implications for water management». *Journal of Hydrology* 304 (2005): 166-182.
- URQUIAGA, R. y MARTÍN, S. «Reservas naturales fluviales en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias e intracomunitarias. Situación actual y propuestas para 2017». Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. Madrid. (2017). 99 páginas.
- VERDÚ, J., NUMA, C. y GALANTE, E. *Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables)*. Madrid, 2011. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/ieet_invert_vulne_atlas.aspx [Consulta: 11 abril 2019]
- VICENTE-SERRANO, S. M., S. BEGUERÍA, J. I. LÓPEZ-MORENO, A. M. EL KENAWY y M. ANGULO-MARTÍNEZ. «Daily atmospheric circulation events and extreme precipitation risk in northeast Spain: Role of the North Atlantic Oscillation, the Western Mediterranean Oscillation, and the Mediterranean Oscillation». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114 (2009): D08106.
- VICENTE-SERRANO, S. M. y J. I. LÓPEZ-MORENO. «The influence of atmospheric circulation at different spatial scales on winter drought variability through a semi-arid climatic gradient in northeast Spain». *International Journal of Climatology* 26 (2006): 1427-1453.
- VON SCHILLER, D., S. BERNAL, C. N. DAHM y E. MARTÍ. «Nutrient and Organic Matter Dynamics in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams». En: Thibault DATRY, Núria BONADA y Andrew J. BOULTON (eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Elsevier, 2017: 135-160.
- VÖRÖSMARTY, C. J., P. B. MCINTYRE, M. O. GESSNER, D. DUDGEON, A. PRUSHEVICH, P. GREEN, S. GLIDDEN, et al. «Global threats to human water security and river biodiversity». *Nature* 467 (2010): 555-561.
- WALSH, C. J., A. H. ROY, J. W. FEMINELLA, P. D. COTTINGHAM, P. M. GROFFMAN y R. P. MORGAN. «The urban stream syndrome: current knowledge and the search for

a cure». *Journal of the North American Benthological Society* 24 (2005): 706-723.

WARNER, K., C. EHRART, A. SHERBININ, S. DE ADAMO y T. CHAI-ONN. «In search of shelter: Mapping the effects of climate change on human migration and displacement». 2009. Disponible en: <https://careclimatechange.org/publications/search-shelter-migration/> [Consulta: 11 abril 2019]

WILD AND SCENIC RIVERS COUNCIL. *National wild and scenic river system*. [en línea]. Disponible en: <https://www.rivers.gov/index.php> [Consulta: 11 abril 2019]

WORLDCLIM. *WorldClim - Global Climate Data*. Disponible en: <http://www.worldclim.org/> [Consulta: 11 abril 2019]

ZAPATER, M., M. ARAUJO, M. ALVAREZ y K. NAKAMURA. «Las Almejas de Agua dulce en Aragón». *Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, España*. Disponible en: <http://blogacuicola.com/wp-content/uploads/2014/02/nayade-auriculada-aragon.pdf> [Consulta: 11 abril 2019]

ZARFL, C., A. E. LUMSDOM, J. BERLEKAMP, L. TYDECKS y K. TOCKNER. «A global boom in hydropower dam construction». *Aquatic Sciences* 77 (2015): 161-170.

Índice de cuadros, esquemas y gráficos

Cuadro 1.1:	Principales servicios ecosistémicos de los ríos.	18
Esquema 1.1:	Esquema de funciones y servicios de los ecosistemas de Haines-Young.	17
Esquema 2.1:	Esquema del proceso de definición de los objetivos para las RNF.	25
Gráfico 2.1:	Correlación entre las diferentes variables a incluir dentro de la variable «coste».. . . .	37

Índice de fotografías y mapas

Fotografía 1.1:	RNF <i>Nacimiento del Genil</i> . © Tony Herrera	20
Fotografía 1.2:	El río Hozgarganta es un río temporal de la cuenca del Guadiaro. © Núria Bonada . .	23
Fotografía 1.3:	El río Ebro a su paso por Miravet. © Tony Herrera	24
Fotografía 2.1:	Imágenes de los talleres de participación del proyecto <i>Reservial</i>	28
Fotografía 2.2:	Taller de validación del proyecto <i>Reservial</i> celebrado en Pamplona.	42
Fotografía 3.1:	Proliferación de <i>Didymosphenia geminata</i> en la cuenca del Ebro. © Rubén Ladrera	47
Mapa 2.1:	La cuenca del Ebro, su red fluvial y detalle de las unidades de planificación (UP) . .	33
Mapa 2.2:	Representación de los diferentes objetos de conservación modelados en función de su riqueza.	35
Mapa 2.3:	Redes de RNF resultantes de los escenarios 1 y 2	39
Mapa 2.4:	Mapa de la red de Reservas Naturales Fluviales (RNF) resultante de aplicar el escenario 2	41

