

COMUNIDAD DE MADRID

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, ADMINISTRACIÓN LOCAL Y
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

ÁREA DE ANÁLISIS TÉCNICO, DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN DE RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: DISEÑO METODOLÓGICO



Río Alberche en Aldea del Fresno

Madrid, 2017

E.T.S. Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Este documento técnico ha sido elaborado por encargo de la responsable del Área de Análisis Técnico de la Dirección General del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, Dra. Irene Aguiló, a través de la Fundación Conde del Valle de Salazar, Universidad Politécnica de Madrid.

Citar como:

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. 2017. *Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid: Diseño metodológico*. Informe Técnico, 78 pp. Universidad Politécnica de Madrid.

DOI: 10.13140/RG.2.2.27520.12809

COMUNIDAD DE MADRID

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, ADMINISTRACIÓN LOCAL Y
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

ÁREA DE ANÁLISIS TÉCNICO, DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN DE RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: DISEÑO METODOLÓGICO

Trabajo realizado por:

Marta González del Tánago

Diego García de Jalón

Madrid, 2017

E.T.S. Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes y Objetivos	2
1.2. Principios básicos y Actores protagonistas	3
2. PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN DE RÍOS DE LA C. DE MADRID	
2.1. Consideraciones previas	7
2.2. Etapas que contempla la Estrategia de Restauración de Ríos de la C. de Madrid ...	8
3. VALORACIÓN AMBIENTAL DE LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID	
3.1. Introducción	15
3.2. Condiciones hidromorfológicas de los ríos estudiados: Principales presiones e impactos	16
3.3. Estado ecológico de las masas de agua correspondientes a los ríos de la Comunidad de Madrid	33
3.4. Interpretación de los resultados: Hacia un diagnóstico de la problemática de los ríos de la Comunidad de Madrid	39
4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	
4.1. Síntesis de la problemática de los ríos estudiados	41
4.2. Propuesta de Objetivos	42
5. PRIORIZACIÓN DE LOS TRAMOS A RESTAURAR	
5.1. Criterios de priorización	45
5.2. Información relevante para la priorización de los tramos	48
6. DESARROLLO DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN	
6.1. Análisis de la problemática y Formulación de Objetivos	51
6.2. Medidas posibles de restauración	55
6.3. La participación pública en los proyectos de restauración de ríos	61
7. EVALUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE RESTAURACIÓN DE RÍOS	
7.1. Introducción	65
7.2. Seguimiento y Evaluación post-proyecto	66
7.3. Seguimiento y Evaluación de la Estrategia de Restauración	69
8. CONSIDERACIONES FINALES Y SÍNTESIS DEL DOCUMENTO	71
9. REFERENCIAS	75

SUMMARY

The objective of this document is to present an Integrated Strategy for Restoring the rivers and streams of the Madrid Community (Rivers: Tajo, Jarama, Lozoya, Henares, Guadalix, Manzanares, Tajuña, Guadarrama, Alberche, Cofio y Perales within the Madrid Community, all of them belonging to the Tajo Basin, Central Spain).

This Strategy refers to the main steps and activities that should be coordinated in time and space to ensure the improvement of fluvial ecosystems at medium and long term. The management of rivers needs to incorporate new dimensions and perspectives to inform this river restoration planning, including both, a set of attitudes (increasing knowledge, environmental perception, sustainability, public participation) and actions (research, monitoring, physical interventions, educational projects).

This **Restoration Strategy** is conceived as an *open methodological “process”*, which starts with the implementation of certain measures but does not have a deadline for completion; it evolves and adapts according to the problems of rivers and amount of resources available for their improvement, which may vary over time.

The document begins with a brief **Introduction** about the concept and the history of river restoration at a global scale. It is followed by some basic considerations on the types of actors that must intervene in the restoration process (i.e., water administration, scientific community, stakeholders, public), and the necessary coordination of the actions at different spatial scale: (1) national scale (National Strategy of River Restoration in Spain); (2) river basin scale (Programme of Measures included in the River Basin Management Plan of the Tajo River); and (3) regional scale (River Restoration Strategy for the Regional Community of Madrid, proposed in this document).

Successive chapters address the **Environmental assessment** (i.e., biological, hydromorphological and physico-chemical assessment) that may represent the starting point for restoration planning. This assessment has to be linked with the main pressures and impacts that are the most responsible for the current river status. After this environmental assessment, some **Objectives** are proposed, all of them oriented to improve river ecosystem services along ecological, economic and social dimensions. Once the Objectives have been agreed among restoration agents (i.e., managers, scientists, stakeholders, public), **Priorization** of river reaches and restoration measures is considered, presenting a methodological approach for scoring priorities. **Potential Restoration measures** are reviewed and described in their effects at different spatial scales. Finally, some remarks on key aspects as transparency, **Public participation** and **Post-project appraisals** are included, together with some criteria for the **Evaluation** of the proposed Strategy as a whole. Some **Conclusions** on the current status of hydromorphological conditions of the rivers of Madrid Community, their main pressures and impacts and the potential restoration actions fostering the sustainable river management are formulated. Administrative coordination is strongly promoted, advocating for an integrated and holistic approach to which the proposed River restoration Strategy for the Madrid Community has been addressed.

1. INTRODUCCIÓN

La restauración de los ríos es una actividad cada vez más frecuente en los países desarrollados, a la que se dedica un creciente esfuerzo y cuantiosos medios económicos, formando parte de una gestión sostenible de los recursos hídricos y de los ecosistemas acuáticos asociados (Bernhardt *et al.*, 2005; Roni *et al.*, 2008, Speed *et al.*, 2016). Ello se debe en gran parte al estado de deterioro ambiental de la mayoría de los cursos fluviales, como consecuencia de un uso exacerbado y continuado de sus recursos (ej. agua, sedimentos, pesca fluvial), lo cual ha propiciado la reducción o pérdida de los mecanismos naturales de su resiliencia. Pero por otra parte, la restauración de los ríos también se ve motivada por la creciente percepción del público en general de la importancia que tienen los ríos para su bienestar, no solo como fuente de recursos sino también como fuente de numerosos servicios ambientales de índole social, cultural, económica y espiritual.

Si bien la restauración de los ríos debe abordarse a escala de tramo fluvial, considerando que cada sector de río presenta diferentes condiciones fisiográficas e hidromorfológicas y puede estar sometido a diferentes presiones e impactos, la adecuada interpretación de las causas del estado de cada tramo requiere considerar escalas espaciales más amplias. Es a estas escalas, regional o de cuenca vertiente, a las que es posible establecer una estrategia efectiva de restauración fluvial que abarque no solo el contexto físico de los respectivos tramos fluviales, sino también el contexto económico y social en el que se desarrollan las actividades humanas y surgen los conflictos y la problemática ambiental de los ríos y sus márgenes, cuya área de influencia es mucho mayor que la del tramo fluvial correspondiente.

Este documento tiene como objetivo presentar una propuesta de Estrategia de Restauración de Ríos diseñada a la escala de la Comunidad de Madrid, que facilite la planificación de los trabajos y haga posible su coordinación en el tiempo y en el espacio, asegurando la sostenibilidad de los ecosistemas fluviales a medio y largo plazo. Considerando la restauración de los ríos como un conjunto de actitudes (ej. conocimiento, percepción) y actuaciones (ej. intervenciones físicas, proyectos educativos) en la gestión de los ríos enfocadas a la mejora de su funcionamiento como ecosistemas, la Estrategia de restauración propuesta se concibe como un proceso metodológico abierto, que se inicia con la puesta en marcha de las medidas que contempla pero que no tiene un plazo de finalización, sino que evoluciona y va adaptándose según la problemática de los ríos y la disponibilidad de recursos para su mejora.

El texto del documento se inicia con una breve introducción sobre el concepto y los antecedentes de la restauración de ríos a escala global, seguida por unas consideraciones básicas de actuación y la mención de los tipos de actores que deben intervenir en las tareas de restauración, atendiendo a la complejidad de los problemas abordados y a su carácter social. En sucesivos capítulos se abordan criterios y propuestas de valoración ambiental, priorización de los tramos a restaurar, formulación de objetivos y desarrollo de proyectos, y en último término

se tratan los enfoques metodológicos para la valoración de resultados y la evaluación global de la Estrategia propuesta.

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Por “restauración de ríos” se entiende el conjunto de actividades encaminadas a la recuperación de la integridad física y biológica de ecosistemas fluviales degradados por actividades humanas (Wohl et al., 2005; Laub & Palmer, 2009). Dichas actividades tienen como objetivo principal devolver a los ríos su estructura y funcionamiento como ecosistemas, de acuerdo a unos procesos y una dinámica equivalentes a las condiciones naturales o menos intervenidas por la acción del hombre.

Las actuaciones de restauración de los ríos se refieren en la mayoría de los casos a intervenciones de ingeniería ecológica, pero también se incluyen como medidas de restauración de ríos todo el conjunto de normas e iniciativas que desde el ámbito legislativo, administrativo, educativo, etc., contribuyen a la recuperación ecológica de los ríos a medio y largo plazo.

A escala global, la restauración de ríos supone una gran “industria” que gestiona presupuestos muy elevados a escala nacional en diferentes países como Estados Unidos (Bernhardt *et al.*, 2005), Australia (DEWHA, 2008), China (Speed *et al.*, 2016), etc. En la Comunidad Europea, el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua ha propiciado que todos los Estados miembros preparen programas de medidas de restauración y de conservación de los ríos para mejorar su estado ecológico, y cumplir con ello los objetivos ambientales requeridos por esta Directiva en los plazos previstos. Dichos programas de medidas constituyen uno de los capítulos más relevantes de los Planes de Gestión de Cuencas, los cuales deben ser revisados y actualizados cada seis años.

En España, y también para atender los requerimientos de la Directiva Marco del Agua, se dispone de una Estrategia Nacional para la restauración de los ríos que fue elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2006-2007 (González del Tánago *et al.*, 2008; www.mapama.gob.es/es/agua/...restauracion.../estrategia-nacional-restauracion-rios/). Desde entonces, y por parte de las Confederaciones Hidrográficas, Comunidades Autónomas y entidades municipales, se han llevado a cabo numerosos proyectos de restauración en numerosos ríos y demarcaciones hidrográficas, cuyos objetivos más frecuentes han sido la recuperación de la continuidad longitudinal (ej. demolición de barreras transversales), la mejora de la conectividad del cauce con su llanura de inundación (ej. demolición de motas longitudinales), o el incremento de la vegetación de ribera (ej. plantaciones) (González del Tánago *et al.*, 2012; Martínez-Fernández *et al.*, 2017).

La Comunidad de Madrid también ha seguido en las últimas décadas una política de recuperación ambiental de los ríos y riberas de su red fluvial, haciendo un gran esfuerzo en la mejora de la calidad de las aguas y en la protección de ciertos segmentos fluviales que forman

parte de reservas fluviales o de espacios protegidos, a través de planes de gestión de Parques Regionales (ej. Parque del Sureste) o de Lugares de Interés Comunitario (ej. LIC del río Guadalix).

A pesar de esta práctica cada día más frecuente de la puesta en marcha de proyectos de restauración de ríos, no se dispone todavía de suficiente conocimiento para llevarla a cabo con éxito, ni en muchos casos se aborda con la debida planificación (Hermoso *et al.*, 2012; Roni *et al.*, 2013; Angelopoulos *et al.*, 2017). En este sentido, son numerosos los trabajos de investigación que han analizado los proyectos de restauración llevados a cabo por los diferentes países y comparado los objetivos planteados frente a las presiones e impactos existentes, las actuaciones propuestas y el éxito de sus resultados (ej. Morandi *et al.*, 2014; 2017). La revisión de dichos proyectos ha permitido constatar que el éxito en el cumplimiento de objetivos ha sido relativamente escaso, no tanto por deficiencias en la ejecución del proyecto sino por muy diferentes razones, entre las que se mencionan con más frecuencia una insuficiente formulación de objetivos (ej. imprecisa o no específica), inapropiada escala de trabajo (ej. ámbito local frente a una escala más adecuada de segmento fluvial o de cuenca vertiente); o falta de criterios para priorizar los tramos a restaurar o las actividades a llevar a cabo en cada caso, así como inadecuada selección de las medidas apropiadas, que en general se ha comprobado que atienden más al síntoma (ej. falta de vegetación de ribera) que a la causa de la degradación (ej. regulación de los caudales) (ej. González del Tánago *et al.*, 2012).

Este documento tiene como objetivo principal servir de soporte para el desarrollo de una Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid, tratando de recoger propuestas para una adecuada planificación de las distintas líneas de trabajo de la restauración fluvial. Teniendo en cuenta las conclusiones recogidas en los trabajos citados de revisión del éxito de los proyectos de restauración, este documento se centra en proponer una metodología de actuación haciendo especial hincapié en las sucesivas etapas de (1) elaboración de un diagnóstico de la problemática, (2) formulación de objetivos, (3) priorización de los tramos a restaurar, y (4) selección de las medidas a adoptar en cada caso, que son las claves para una acertada planificación de la restauración fluvial a escala regional.

1.2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y ACTORES PROTAGONISTAS

Atendiendo a las recomendaciones de trabajos antecedentes (ej. Speed *et al.*, 2016), la implementación de la Estrategia de restauración de ríos propuesta debe asentarse sobre tres principios básicos de eficiencia y sostenibilidad en la gestión de los sistemas naturales, como son (1) el conocimiento detallado del estado y funcionamiento de los ríos y el de su problemática a abordar, en nuestro caso el estado de las condiciones biológicas, hidromorfológicas y físico-químicas de los ríos y sus principales causas; (2) la colaboración y coordinación entre administraciones o entidades de gestión de los ríos y sus recursos, que operan a diferentes escalas territoriales y de competencias; y (3) la comunicación con los usuarios y la participación

de los agentes sociales implicados, en todas y cada una de las etapas de la mencionada Estrategia de restauración.

Atendiendo a estos principios fundamentales, se proponen tres grupos de actores protagonistas de la Estrategia de restauración de ríos. En primer lugar la administración de la Comunidad de Madrid, que pone en marcha y lidera dicha Estrategia, y el resto de administraciones con competencias en materia de ríos de la Comunidad de Madrid, que en su conjunto son los que van a abordar las actuaciones de restauración; en segundo lugar la comunidad científico-técnica, que aporta el conocimiento necesario en cada etapa de la Estrategia para su desarrollo, y que suministra una información científico-técnica objetiva e indispensable para la toma de decisiones; y en tercer lugar los agentes sociales y público en general, que representan el origen de la financiación y el destinatario último de los trabajos que se aborden, y que por ello deben de estar informados y llamados a participar en todas las actuaciones y decisiones que se propongan.

En la figura 1.1 se representan estos tres grupos de actores y las relaciones que deben mantener entre ellos. Tanto la colaboración entre administraciones, como el soporte científico-técnico de las diferentes disciplinas involucradas y la puesta en marcha de procesos adecuados de información y de participación del público en general, y de los agentes sociales interesados en particular, se consideran indispensables para avanzar en la metodología propuesta de la Estrategia de restauración de ríos. Es a través de estas relaciones mutuas entre todos los actores mencionados como será posible alcanzar acuerdos y resolver conflictos de competencias e intereses, asegurando la disponibilidad de espacio, medios económicos y actitudes sociales necesarios para el logro de la recuperación y conservación de los ríos y sus riberas.



Figura 1.1- Principales actores y procesos de interacción entre ellos para la definición e implementación de una Estrategia de Restauración de ríos en la Comunidad de Madrid.

En la Tabla 1.1 se detallan los principales colectivos que deberían intervenir en la puesta en marcha de la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid, como protagonistas

de los respectivos procesos de debate, acuerdos y toma de decisiones conjunta para su desarrollo y evaluación. Por otra parte, dicha participación asegura los derechos a la información, a la participación en la toma de decisiones y al acceso a la justicia ambiental, que hoy día representan los pilares de la gestión de los sistemas y recursos naturales en numerosos países, especialmente en el seno de la Comunidad Europea (Mauerhofer, 2016).

Tabla 1.1.- Principales actores e intervinientes en el desarrollo y evaluación de la Estrategia de restauración de los ríos de la Comunidad de Madrid.

GRUPO DE ACTORES	INTERVINIENTES
Administración	D.G.de Medio Ambiente
	Canal de Isabel II
	Confederación Hidrográfica del Tajo
	Ayuntamientos
Comunidad Científico-Técnica	Expertos en Geomorfología fluvial, Ecología fluvial, Biología, Hidrología, Hidráulica fluvial, Ingeniería Forestal
	Expertos en Química del agua, depuración de aguas
	Expertos en sociología ambiental
	Expertos en economía de los recursos naturales, servicios de los ecosistemas
	Expertos en arquitectura del paisaje e Ingeniería de proyectos ambientales
Agentes sociales	Organizaciones recreativas, ecologistas
	Forestales, Agricultores, Ganaderos, Promotores urbanísticos
	Industrias, Hidroeléctricas, Minería
	Plataformas ciudadanas

2. PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN DE RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La Estrategia que se propone para la restauración de los ríos de la Comunidad de Madrid responde a la metodología basada en los conceptos de PDCA (*plan, do, check, act*), donde se plantean varias fases planificadas con detalle, que están interrelacionadas y sustentadas por procesos de colaboración y participación y que permiten una gestión adaptativa a la vista de los resultados que se van obteniendo en cada una de ellas (Figura 2.1). Una vez asumida la iniciativa de la restauración de ríos, en esencia se trata de relacionar los elementos físicos del ecosistema fluvial (ej. su estado actual, los posibles escenarios futuros), con las demandas o expectativas de la sociedad (ej. priorización de actuaciones y adopción de estrategias) y las consideraciones y limitaciones existentes para lograr su restauración (ej. desarrollo de proyectos, costes/beneficios de la implementación de medidas), obteniendo de forma progresiva la mejora del estado ecológico de los ríos y la de los servicios ambientales asociados (Speed *et al.*, 2016).



Figura 2.1.- Conceptualización de la Estrategia de restauración de ríos propuesta para la Comunidad de Madrid con retroalimentación y gestión adaptativa.

Por otra parte, las actuaciones y proyectos que se propongan en el seno de la Estrategia de restauración de los ríos de la Comunidad de Madrid deben incluirse en los programas de medidas contempladas en la Planificación de la gestión de la Cuenca del Tajo en la que se enmarca la totalidad de la red fluvial de dicha Comunidad. A su vez, dichos programas de

medidas deben responder a los objetivos y líneas de trabajo propuestas en el seno de la Estrategia Nacional de restauración de ríos, iniciada con anterioridad para dar cumplimiento a los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. La Figura 2.2 muestra esta visión jerárquica de la planificación de la restauración de ríos de la Comunidad de Madrid, que propicia la coordinación entre administraciones y garantiza el soporte institucional y social necesario para el desarrollo de las tareas propuestas.



Figura 2.2.- Marco jerárquico a diferentes escalas espaciales y administrativas en el que se incluye la Estrategia de restauración de ríos propuesta para la Comunidad de Madrid (C.M.).

2.2. ETAPAS QUE CONTEMPLA LA ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN DE RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

En la figura 2.3 se muestra la secuencia de las sucesivas etapas propuestas para el desarrollo de la Estrategia de restauración de los ríos de la Comunidad. Dicha secuencia responde a una metodología abierta que evoluciona en el tiempo, en el sentido de que según se vayan finalizando los respectivos proyectos de restauración y alcanzando los objetivos propuestos, irá variando la valoración ambiental de los ríos y con ella las prioridades y selección de actuaciones más apropiadas en cada caso, pero siempre dentro de este marco conceptual de identificación de la problemática, establecimiento de objetivos y prioridades, selección de las medidas más acertadas, implementación de las mismas y evaluación de los resultados obtenidos con dichas medidas.

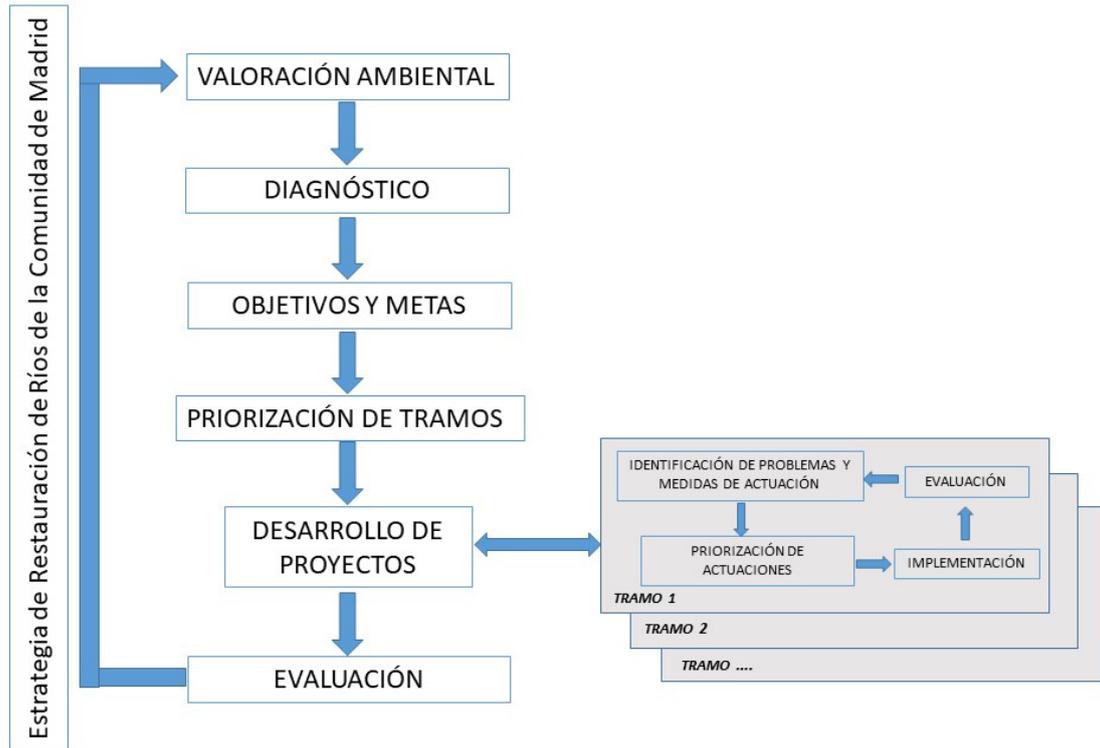


Figura 2.3.- Etapas que contempla la Estrategia de Restauración de los Ríos propuesta para la Comunidad de Madrid, referidas al conjunto de la red fluvial a escala regional, y a cada uno de los proyectos específicos a escala de tramo fluvial.

Valoración ambiental y Diagnóstico.-

Una vez asumida la decisión de llevar a cabo un plan de restauración de los ríos, que puede estar motivada por muy diferentes razones, la primera tarea que hay que abordar en el desarrollo de este plan es la valoración del estado de los ríos que se pretende restaurar, identificando las causas últimas que han propiciado su estado actual y, en su caso, las actuales presiones e impactos que están determinando su reciente evolución. Esta valoración ambiental va a hacer posible la elaboración de un diagnóstico acertado sobre los problemas y sus principales causas, el cual va a resultar fundamental para la correcta elección de las medidas a implementar. Dichas medidas podrán ser muy diferentes en cada río y tramo fluvial, en función de su tipología hidromorfológica, sus afecciones (presiones e impactos), estado ecológico y su contexto histórico, económico y social.

Las conclusiones de esta etapa inicial de valoración ambiental y elaboración de un diagnóstico del estado de los ríos y sus causas deben ser consecuencia de estudios científico-técnicos en las áreas de hidromorfología, biología y ecología fluvial y calidad de aguas. La participación de la comunidad científico-técnica en la elaboración de estas conclusiones iniciales asegura una visión objetiva y fundamentada de la situación actual de los ríos, relativa a su estructura y a su funcionamiento como ecosistemas.

Posteriormente, estas conclusiones sobre el estado de los ríos y su posible trayectoria deben ser analizadas con detalle por las diferentes administraciones con competencias en los ríos y sus recursos. A través de este análisis e interpretación conjunta del diagnóstico y posible evolución de los ríos es como se puede llegar a acuerdos en la identificación de problemas y en el nivel de colaboración entre las distintas administraciones involucradas. Dichos acuerdos resultan necesarios para avanzar en el desarrollo de las etapas posteriores de la planificación de la restauración.

Finalmente, las conclusiones y acuerdos alcanzados entre las respectivas administraciones sobre la problemática de los ríos y sus principales causas deben ser debatidas en foros de información y participación con los agentes sociales implicados y con el público en general. La comunicación con los usuarios y agentes sociales permite en este caso informar a los mismos de la situación actual de los ríos como ecosistemas, y a su vez recabar de ellos una valiosa información adicional acerca de la problemática de los ríos relativa a otras esferas de índole económica o social. De esta forma se asegura una visión mucho más completa de la problemática que existe en torno a los ríos de la Comunidad de Madrid, y de la percepción que tiene la sociedad de dicha problemática, pudiendo detectar en esta etapa inicial de la Estrategia de restauración de ríos la necesidad de incidir en líneas de voluntariado y de educación ambiental, que van a facilitar la implementación de las medidas que se contemplan en dicha Estrategia de restauración.

Objetivos y Metas a alcanzar.-

Una vez conocido el estado ambiental de los ríos, e identificada la problemática que presentan a escala regional en términos ecológicos, económicos y sociales por parte de los actores que intervienen en el desarrollo de la Estrategia (ver Figura 1.1), se pueden formular objetivos generales de actuación precisando qué se pretende alcanzar a corto, medio y largo plazo con las actuaciones que se vayan a proponer en la Estrategia de restauración fluvial.

Los “objetivos” se refieren a las intenciones para las cuales se actúa, mientras que las “metas” a alcanzar se refieren a logros concretos y medibles que pueden servir de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos.

La formulación concreta de los objetivos de restauración va a responder a la pregunta de “para qué actuamos”, qué se pretende conseguir o cuál es la finalidad última perseguida con las medidas propuestas y con las inversiones que se vayan a realizar. La respuesta a este tipo de preguntas puede ser muy diversa y va a condicionar la priorización dada a cada uno de los tramos fluviales, determinando el orden en que debe abordarse su intervención.

Los objetivos que se planteen deben responder a cuatro principios generales, i) que supongan una mejora en el estado ecológico, ii) que sean técnicamente abordables, iii) que sean socialmente aceptables y iv) que sean económicamente viables. A su vez, deben ser medibles a través de metas concretas y ser expuestos con claridad desde el inicio de los trabajos, abarcando varias escalas de actuación (planes, programas, proyectos, actuaciones) y de tiempo para el que

se plantean (corto, medio y largo plazo) (Reichert *et al.*, 2007; Roni y Beechie, 2013; Angelopoulos *et al.*, 2017).

Nuevamente, y como se ha comentado para la etapa anterior de valoración ambiental y elaboración del diagnóstico del estado de los ríos y sus principales causas, la formulación de objetivos y de metas a alcanzar debería establecerse conjuntamente, en base a los informes científico-técnicos informando de lo que “es deseable alcanzar” desde el punto de vista ecológico, y a los criterios de las distintas administraciones con competencias sobre la gestión de los ríos informando de lo que “es posible alcanzar” por restricciones legales, económicas o políticas. Esta formulación conjunta de lo que sería más deseable y lo que resultaría posible alcanzar a corto, medio y largo plazo, es la que debe ponerse a debate mediante procesos de información y participación entre los agentes sociales y el público en general, evitando con ello crear falsas expectativas o formular propuestas muy difíciles de justificar o de alcanzar.

Priorización de tramos a restaurar.-

Los objetivos acordados entre todos los actores de la Estrategia de Restauración (comunidad científico-técnica, administraciones, agentes sociales y público) van a condicionar los criterios que deben utilizarse para definir la prioridad de la intervención de cada uno de los tramos fluviales considerados, estableciendo qué tramos son los más urgentes, cuáles son de urgencia intermedia y cuáles son menos urgentes con respecto al logro de los objetivos propuestos.

Son muchos los criterios que pueden ser considerados en este sentido, pudiendo mencionar entre ellos los siguientes:

- Calidad de las aguas del tramo: Punto de partida y Facilidad/Dificultad para su mejora
- Alteración del régimen de caudales del tramo: Facilidad/Dificultad para su mejora
- Grado de ocupación de la llanura de inundación: Intensidad del uso del suelo
- Estado de las comunidades acuáticas: Presencia de especies de especial interés
- Pertenencia o proximidad a espacios protegidos
- Potencial de uso recreativo, proximidad a núcleos urbanos
- Potencial de mejora de la gestión de riesgo de inundación
- Facilidad de financiación o acuerdos entre agentes sociales
- Valor educativo de la intervención, demanda social
- Coste/Beneficio de la intervención

A la hora de priorizar los tramos a intervenir se deben decidir previamente varias cuestiones, si se priorizan los criterios ecológicos frente a los socio-económicos, dando mayor relevancia a los logros obtenidos para la mejora de las condiciones hidromorfológicas y biológicas o, viceversa, si se decide dar mayor peso a los logros de índole económica o social, donde el valor recreativo de los ríos puede dominar las preferencias sociales (ej. Johnson *et al.*, 2018), o se acuerda una toma de decisiones multi-criterio en la que se maximicen los logros ecológicos y el incremento de servicios ambientales, lo cual no tiene por qué ser la opción óptima a medio y largo plazo.

Como en etapas anteriores, la priorización resultante estableciendo el orden preferente de intervención de los distintos tramos fluviales debe responder a iniciativas de la comunidad científico-técnica, en base a criterios objetivos previamente establecidos, y a compromisos posteriores entre las diferentes administraciones participantes, tras ser debatida en foros de participación pública a través de los cuales se puedan establecer acuerdos definitivos de priorización entre todos los actores intervinientes de la Estrategia de restauración.

Desarrollo de proyectos a escala de tramo fluvial.-

Siguiendo el orden de prioridad así acordado, se podrán ya formular los proyectos concretos de intervención en cada uno de los tramos fluviales a restaurar.

De forma similar a lo comentado hasta ahora a escala de la Estrategia de restauración, se puede plantear una metodología de desarrollo de los trabajos a escala de tramo fluvial, donde la implementación de su restauración se inicie con un estudio detallado de su problemática específica, a través del cual se planteen objetivos y posibles opciones de actuación, se prioricen las diferentes medidas y se seleccionen las más apropiadas, se ejecuten los trabajos y se proceda a la evaluación de los resultados obtenidos tras un periodo de tiempo después de las intervenciones (ver figura 2.3).

La metodología que se propone para el desarrollo y gestión de estos proyectos a escala de tramo fluvial también debe incluir la participación de los tres tipos de actores propuestos para el desarrollo de la Estrategia de restauración (ver figura 1.1). En este caso nos referimos a la redacción de los proyectos por parte de grupos expertos en la ingeniería de proyectos ambientales (comunidad científico-técnica), con el acuerdo previo de las respectivas administraciones competentes, y con la aprobación y participación desde la puesta en marcha del mismo de los agentes sociales y público interesado en su desarrollo.

Evaluación de las actuaciones realizadas y Revisión de la metodología propuesta.-

Una vez realizados los respectivos proyectos de restauración será necesario proceder a la evaluación global de los resultados de la Estrategia de restauración en cuanto al grado de cumplimiento de objetivos y metas propuestas. Para ello es necesario seleccionar una serie de indicadores que sean fácilmente cuantificables o estimables y que reflejen el alcance de dicha metas (ej. Paillex *et al.*, 2017).

Tanto en la evaluación del éxito de las actuaciones de cada proyecto de restauración, como en la evaluación de su conjunto a escala de la Estrategia global, deben considerarse diferentes escalas de tiempo, considerando que las respuestas de los ríos a las actuaciones llevadas a cabo, así como la apreciación social de las mismas, van a tener siempre un cierto retraso en el tiempo, al ir evolucionando progresivamente tras la intervención. Por ejemplo, a escala de proyecto, la eliminación de un azud puede producir a corto plazo (ej. < un año) un cambio en la granulometría

del sustrato del lecho del cauce y una alteración de la turbidez de las aguas, que a medio plazo irá seguida de una colonización de macroinvertebrados y perifiton y posteriormente de peces (ej. > dos años), y que finalmente afectará a la regeneración de la vegetación de ribera y a la composición y estructura del corredor ripario (ej. > tres años). Por otra parte, la apreciación de los resultados por parte de los usuarios va a ir aumentando con el incremento de complejidad del ecosistema restaurado, la diversidad de especies y la mejora del paisaje fluvial.

Nuevamente, en esta evaluación a escala de proyecto y a escala de la propia Estrategia de restauración deben de intervenir todos los actores participantes. Los resultados obtenidos con dicha evaluación deben servir para la gestión adaptativa de dicha Estrategia, en el sentido de poder reconducir o adaptar progresivamente los objetivos, criterios de priorización, medidas adoptadas, etc., en cada momento y en función de nuevas necesidades o contextos que vayan surgiendo a medio y largo plazo. Finalmente, la presentación de esta Estrategia de Restauración de Ríos en foros internacionales, así como su inclusión en Programas Europeos de investigación e intercambio (ej. Morandi *et al.*, 2017), resultará fundamental para su difusión y enriquecimiento en conceptos y procedimientos, así como para contribuir al desarrollo de la ciencia aplicada de la restauración ecológica.

3. VALORACIÓN AMBIENTAL DE LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta una síntesis del estado de las condiciones hidromorfológicas de los principales ríos de la Comunidad de Madrid, procedente de un estudio anterior realizado por González del Tánago *et al.* (2016a) para el Área de Análisis Técnico de la Dirección General del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. En dicho estudio se analizaron las condiciones del régimen de caudales, morfología del cauce y corredor ripario de los principales cursos de agua de la Comunidad, y se aplicaron diferentes índices hidromorfológicos: el índice QBR (Munné *et al.*, 2003), el índice RQI (González del Tánago y García de Jalón, 2011) y un tercero de nueva creación, derivado del índice MQI (Rinaldi *et al.*, 2013).

En la figura 3.1 se representan los 59 tramos donde se ha realizado la valoración de las condiciones hidromorfológicas antes mencionada, correspondientes a los ríos Jarama (Ja-1 a Ja-10), Lozoya (Lo-1 a Lo-6), Guadalix (Gdx-1 a Gdx-5), Henares (He-1 a He-5), Manzanares (Ma-1 a Ma-6), Tajuña (Ta-1 a Ta-7), Guadarrama (Gu-1 a Gu-6), Perales (Pe-1 a Pe-5), Alberche (Al-1), Cofio (Co-1 a Co-4) y río Tajo a su paso por la Comunidad de Madrid (T-1 a T4).

La valoración de los ríos de la Comunidad en base a las condiciones hidromorfológicas se completa en este documento con la información sobre el estado ecológico de las masas de agua que corresponden a algunos de los tramos estudiados. Dicha información ha sido elaborada a partir de los datos incluido en el documento de planificación hidrológica de la Cuenca del Tajo que está disponible en su página web (www.chtajo.es).

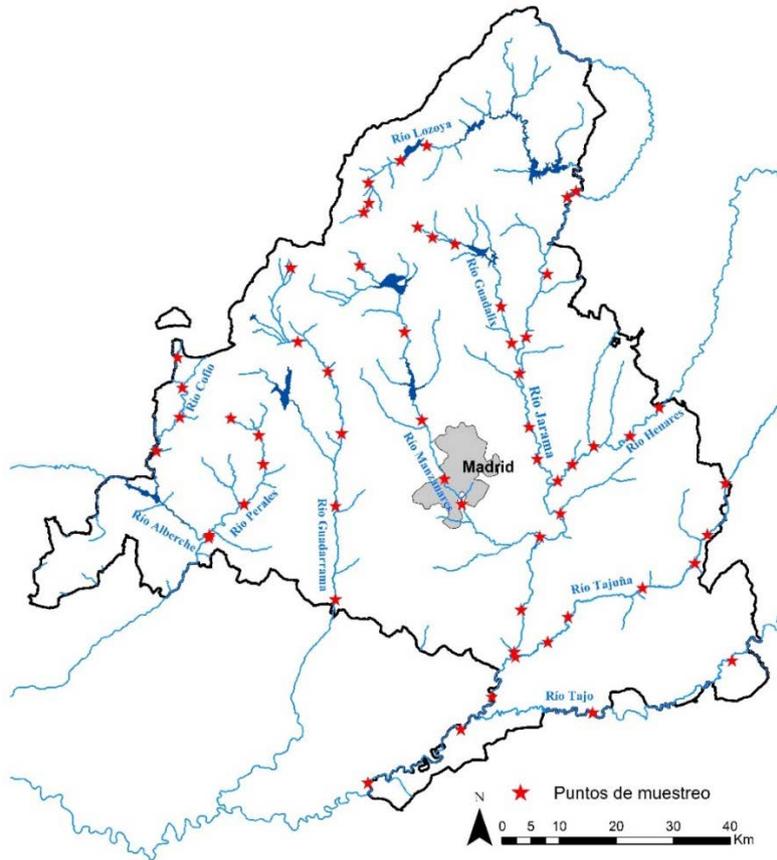


Figura 3.1.- Distribución de los tramos analizados en la red fluvial de la Comunidad de Madrid.

3.2. CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS DE LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: PRINCIPALES PRESIONES E IMPACTOS

Como se ha comentado inicialmente, en el estudio anterior de valoración hidromorfológica de los ríos de la Comunidad de Madrid se aplicaron varios índices, uno de ellos de nueva creación con el que se trató de cuantificar por una parte el grado de artificialidad de los diferentes tramos de río estudiados, y por otra el grado de funcionalidad.

En la síntesis que ahora se presenta se han utilizado los criterios de valoración del grado de artificialidad como indicadores de las presiones e impactos a que están sometidos, tal y como aparecen recogidos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Criterios para la valoración de la artificialidad de los ríos de la Comunidad de Madrid.

Alteración de los caudales	Cambios en la magnitud y estacionalidad de los caudales medios mensuales, en los valores extremos máximos y mínimos anuales
Alteración flujo de sedimentos, madera muerta	Barreras longitudinales (ej. motas) o transversales (presas y azudes) con retención de sedimentos o disminución de su transporte
Alteración de las condiciones hidráulicas	Ralentización de la corriente de agua por barreras transversales o aceleración permanente por incremento del calado o pendiente del cauce
Alteración o rectificación del Trazado	Cambios en el trazado en planta por canalizaciones o como respuesta a acciones antrópicas (ej. regulación por presas y embalses)
Motas en contacto o proximidad del cauce	Longitud de mota o proximidad al cauce afectando a la conectividad transversal del cauce con su ribera o llanura de inundación
Cambios en la sección transversal	Cambios en la geometría hidráulica del cauce por canalización o como respuesta a acciones antrópicas (ej. incisión por extracciones de gravas)
Estructuras de cruce y revestimientos	Longitud e intensidad de los revestimientos del cauce con gaviones, escolleras o muros de hormigón. Presencia de puentes que afecten al cauce
Extracciones de gravas	Extensión y grado de intensidad de las extracciones de gravas y arenas, y proximidad al cauce
Alteraciones en la vegetación riparia	Cambios en la composición y estructura de las formaciones riparias. Estado de la regeneración natural de las especies pioneras. Abundancia de especies exóticas o invasoras

Cada uno de los criterios expuestos en la Tabla 3.1 fue valorado en un rango de 0 a 5 en cada uno de los tramos analizados, correspondiendo el valor 0 a una nula o muy poco significativa afección, y el valor 5 a la máxima afección (Ver González del Tánago *et al.*, 2016a). La suma de las puntuaciones obtenidas para cada criterio en la totalidad de los tramos estudiados de la Comunidad de Madrid representa una valoración de la importancia relativa de cada criterio en los ríos de dicha Comunidad. Esta valoración relativa, expresada en porcentaje del total máximo de artificialidad, es la que aparece representada en la figura 3.2.

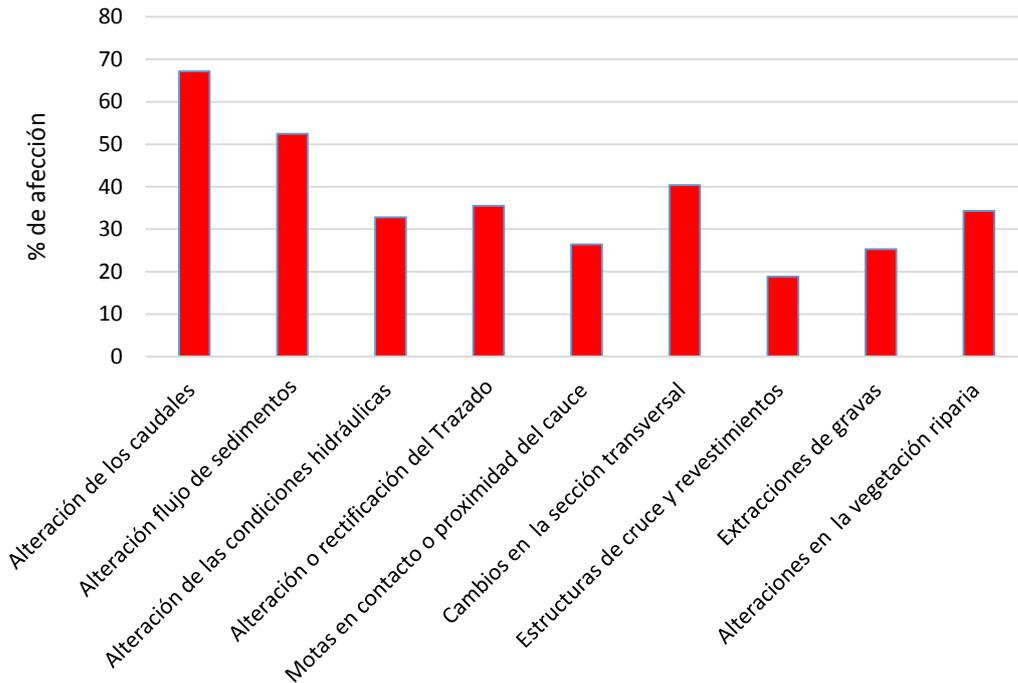


Figura 3.2.- Grado de afectación de los ríos de la Comunidad de Madrid por las diferentes presiones e impactos considerados. El eje de ordenadas representa el % de artificialidad respecto a la máxima posible, para el conjunto de los tramos fluviales estudiados.

A continuación se detallan los diferentes criterios de artificialidad y la problemática que presentan en los ríos de la Comunidad de Madrid.

Alteración de los caudales

Este tipo de alteración es la más frecuente e intensa en la red fluvial de la Comunidad de Madrid, afectando a la mayoría de los tramos analizados. En la figura 3.3 se representa la valoración de esta afectación en dichos tramos, resultando ser muy intensa en todo el río Jarama localizado aguas debajo de su confluencia con el río Lozoya, en los tramos medio y bajo de los ríos Lozoya y Manzanares y en los ríos Alberche y Tajo a su paso por la Comunidad de Madrid.

Como se puede apreciar en esta figura 3.3., los principales ríos de la Comunidad de Madrid están fuertemente regulados por la presencia de grandes presas, en su mayoría destinadas a suministro doméstico (ej. presas del Jarama, Lozoya, Guadalix, Manzanares) y en algunos casos al regadío (ej. presas del Henares, Alberche, Tajo).

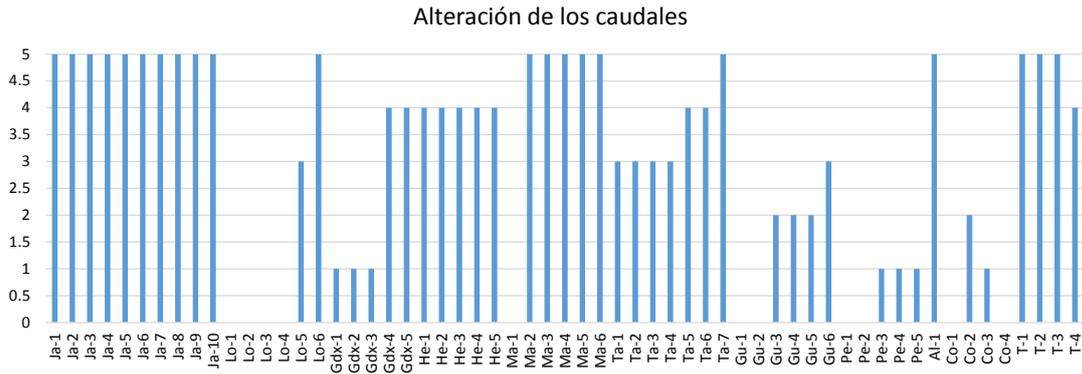


Figura 3.3.- Grado de alteración del régimen de caudales de los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

En la figura 3.4 se muestra la evolución en el tiempo del volumen potencial de almacenamiento de agua en los embalses de la cuenca del Jarama dentro de la Comunidad de Madrid.

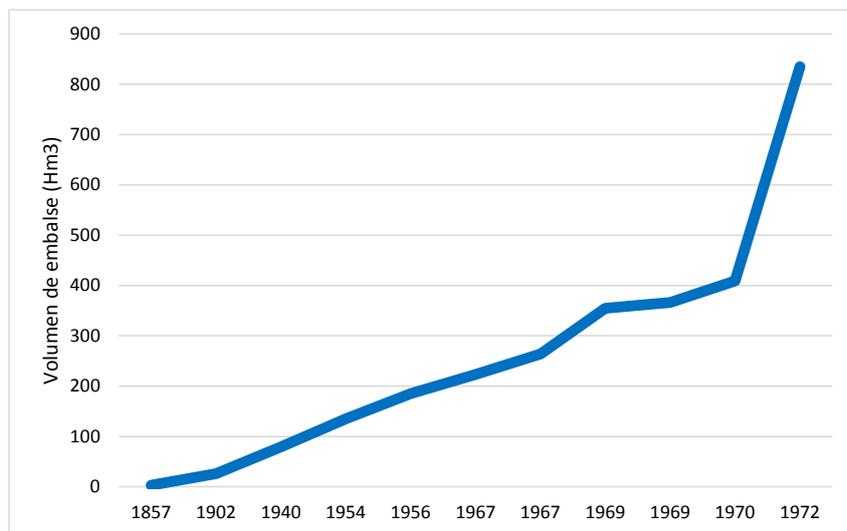


Figura 3.4.- Volumen de embalse acumulado en la cuenca del río Jarama, iniciado con la presa del Pontón de la Oliva puesta en funcionamiento en 1857 y finalizado con la presa de El Atazar, puesta en funcionamiento en 1972.

Este gran volumen potencial de almacenamiento de agua permite cambiar por completo el régimen natural de caudales de los ríos regulados. Así, en la mayoría de los ríos de la Comunidad, aguas abajo de sus respectivas presas de cabecera circulan unos caudales muy exigüos durante todo el año, al ser la mayor parte de las aportaciones hídricas derivadas hacia los canales de distribución del Canal de Isabel II. Y, por el contrario, en sus tramos bajos circulan unos caudales muy superiores a los correspondientes al régimen natural, al incorporarse en dichos tramos los efluentes de las plantas depuradoras de aguas residuales (ver Figura 3.5). Con este tipo de regulación se anula en la práctica la estacionalidad típica mediterránea, consistente en caudales más elevados durante el periodo frío de lluvias y caudales más reducidos durante el estiaje de

los meses más cálidos, y se producen unos caudales relativamente uniformes durante prácticamente todo el año, (ver Figura 3.5 c). Asimismo, la derivación de caudales de unos ríos, su transporte a través de canales a los núcleos urbanos y su vertido último a través de las plantas depuradoras a otros ríos, supone un conjunto de trasvases de unas cuencas a otras que necesariamente afecta al tamaño y estabilidad de los cauces en muchos de sus tramos así regulados.

La alteración del régimen de caudales de los ríos de la Comunidad de Madrid no solo se refiere a cambios en la magnitud y pérdida de la estacionalidad natural de los caudales mensuales, sino que también afecta a los valores anuales extremos, máximos y mínimos. Se comprueba que como consecuencia de la regulación por presas y embalses, en muchos ríos las avenidas ordinarias han disminuido considerablemente, mientras que los caudales mínimos en general han aumentado (ver Figura 3.5).

La disminución de los caudales máximos anuales está muy ligada al proceso de almacenamiento de agua en los embalses durante los meses más lluviosos, y también a una progresiva disminución de las aportaciones de las cuencas. El aumento de los caudales mínimos, tratándose de un uso prioritario para suministro doméstico, se puede asociar a un mayor consumo de agua por parte de los núcleos urbanos durante los meses más cálidos, incluyendo el riego de parques y jardines, y en ocasiones a una mayor suelta por los embalses con fines de dilución.

Los efectos geomorfológicos esperados de esta regulación de caudales son múltiples. Por una parte, la pérdida de variabilidad temporal de los caudales, o lo que es lo mismo, su homogenización, provoca una transformación completa de la morfología de los cauces, los cuales tienden a adoptar trazados más estables, de tipo meandriforme canaliforme, con anchuras de cauce activo cada vez más reducidas (Figura 3.6) y geometrías del cauce con coeficientes de forma (relación anchura/profundidad) también cada vez menores, en las que se mantiene un nivel de las aguas relativamente constante durante gran parte del año.

Por otra parte, la disminución de las crecidas más frecuentes provoca que el río ya no inunde y regenere con periodicidad sus riberas, y que en éstas se asiente una vegetación cada vez más estable en la que las especies pioneras características de sedimentos gruesos removidos (ej. saucedas arbustivas) van siendo gradualmente substituidas por especies más tardías en la sucesión, sobre los suelos más evolucionados y estables que llegan hasta la orilla (ej. sauces arbóreos, fresnos, álamos).

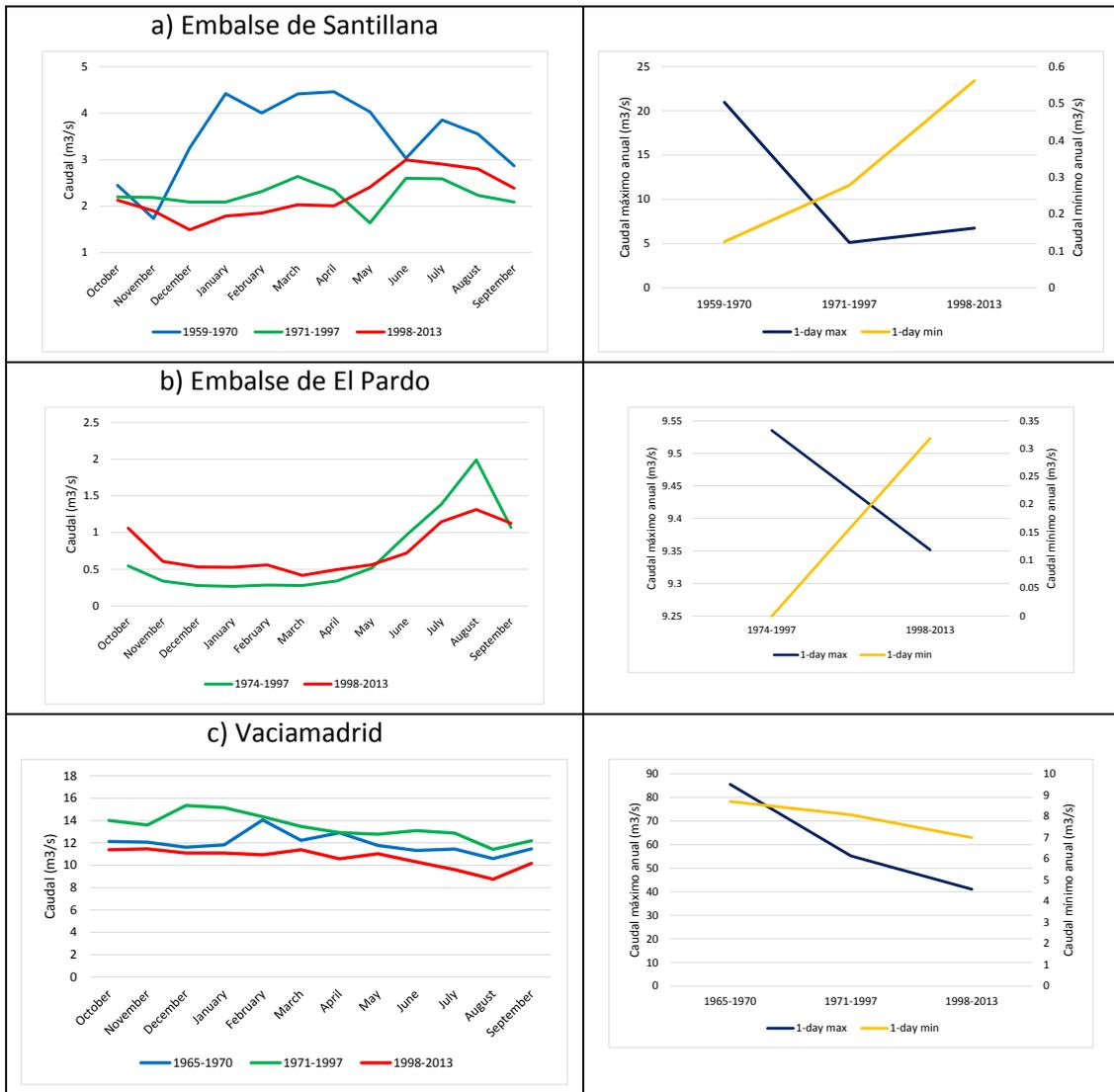


Figura 3.5.- Parte Izquierda de la figura: Valores de la mediana de los caudales medios mensuales del río Manzanares en las distintas estaciones de aforos para diferentes periodos.. El agua embalsada en Santillana es transportada por canales de distribución a los correspondientes núcleos urbanos. Aguas abajo de la presa de El Pardo los caudales circulantes por el río Manzanares son muy exiguos durante todo el año y están fuertemente regulados, mientras que en Vaciamadrid, después de sumarse a los efluentes de las depuradoras a las que llega una gran cantidad de agua procedente de otras cuencas, son muy elevados y constantes a lo largo de todo el año. **Parte derecha de la figura:** Valores de la mediana de los caudales anuales máximos y mínimos para las mismas estaciones y periodos considerados.

De esta forma, en la actualidad prácticamente han dejado de existir los tramos de ríos más dinámicos, con trazado trenzado, errante o meandriforme y con islas y barras de sedimentos en su interior que existían en épocas anteriores a la regulación, y prácticamente todos ellos presentan aguas abajo de las presas una morfología muy similar, de tipo canaliforme y bordeada en ambas márgenes por densos cordones de vegetación riparia (ver Figura 3.6).

Las respuestas geomorfológicas de los ríos a la regulación por presas y embalses han sido analizadas en numerosas ocasiones (ej. Grant, 2012; Lobera *et al.*, 2015, Martínez-Fernández *et*

al., 2017) y son relativamente similares de unos ríos a otros, resultando particularmente notables en los ríos dinámicos de gravas y arenas y donde el valle se expande y el cauce dispone de más grados de libertad para su ajuste al régimen regulado (González del Tánago *et al.*, 2016a).



Figura 3.6.- Evolución de la morfología de los cauces entre 1956 (fotografías a la izquierda en blanco y negro) y 2014 (fotografías a la derecha en color) hacia formas menos dinámicas y más estables, con cauces de menor anchura y cobertura de vegetación riparia mucho mayor.

Alteración del flujo de sedimentos

En la figura 3.7 aparece representado el grado de afección de los ríos de la Comunidad de Madrid por alteración del flujo de sedimentos. Esta alteración procede fundamentalmente de la presencia de las presas, que impiden el transporte longitudinal de las partículas gruesas (cantos rodados, gravas y arenas) aguas abajo de las mismas.

Así, se ha considerado que en los ríos de la Comunidad de Madrid todos los segmentos fluviales aguas abajo de grandes presas están alterados en su flujo de sedimentos pero con diferente intensidad. En este sentido se ha estimado que cuando el valle se mantiene confinado aguas abajo de la presa, y la llanura de inundación no existe o es muy reducida o discontinua, la conectividad del cauce con las laderas origen de los sedimentos está asegurada, y el río puede seguir recibiendo sedimentos de las mismas disponiendo de este mecanismo para mitigar de forma natural el efecto de la presa. Este es el caso del río Jarama aguas abajo del Vado (Ja-1, Ja-2, Ja-3), y aguas abajo de la confluencia con el Lozoya (Ja-10), del Guadalix aguas abajo del Vellón (Gdx-4), y del Alberche aguas abajo de Picadas (Al-1).

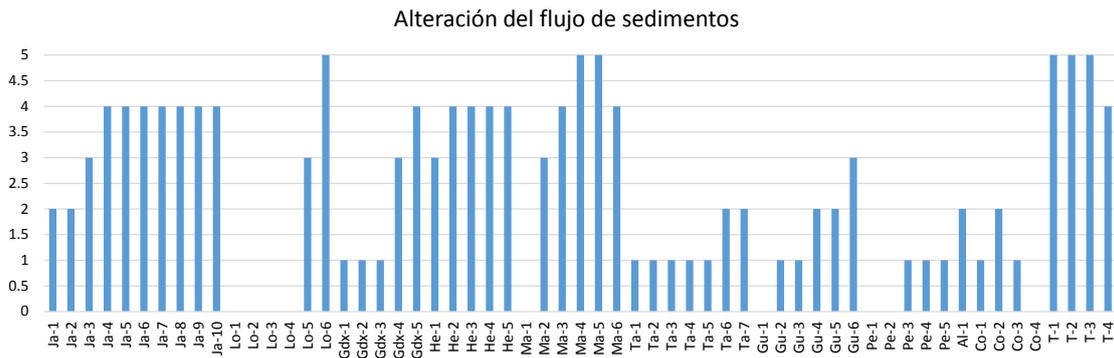


Figura 3.7.- Grado de alteración del flujo de sedimentos en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

El flujo de sedimentos en el continuo fluvial se ve alterado no solo por la presencia de grandes presas sino también por la de azudes, que son muy frecuentes en algunos ríos de la Comunidad (ej. Jarama, Henares, Manzanares, Tajo) y que, aunque no tienen capacidad de almacenamiento de agua, sí la tienen para retener los sedimentos de mayor tamaño que llegan hasta su zona de influencia. Ello determina un cambio de substrato del lecho del río, el cual va siendo de granulometría cada vez más fina, como consecuencia de esta barrera física de los azudes y de su influencia en la velocidad y capacidad de transporte de la corriente.

Los efectos geomorfológicos de esta alteración son notables, en el sentido de que suponen un cambio de tamaño del substrato y una transformación gradual de la dinámica de los ríos de textura gruesa. Estos ríos de gravas o arenas, dominados en un principio por procesos de

remoción y transporte de los materiales no cohesivos del lecho, pasan a ser ríos de texturas más finas en los que domina el transporte de sólidos en suspensión, con aguas más turbias. Ello cambia por completo el hábitat acuático para macroinvertebrados y especies piscícolas, y también el tipo de sustrato de orillas y riberas más próximas a la corriente, que al tener más abundancia de finos retiene mejor la humedad del suelo y favorece la colonización de especies no pioneras.

La disminución de sedimentos gruesos en los cauces de la Comunidad de Madrid, y la pérdida de dinámica fluvial asociada a esta disminución de bancos de gravas y arenas observada en las últimas décadas, no debe achacarse íntegramente al efecto de las presas o azudes, sino también a la renaturalización de las cuencas o laderas vertientes por efecto de una disminución del pastoreo extensivo. En este sentido habría que resaltar que las formas y procesos observados en las fotografías aéreas más antiguas, de 1946-1956, quizás no hubieran llegado hasta nuestros días de igual forma que entonces aunque no se hubieran construido las grandes presas, y que tampoco serían repetibles en el caso de la demolición de estas últimas, al haber cambiado el contexto hidrológico y climatológico de las cuencas vertientes y disminuido considerablemente su emisión de sedimentos a los cauces fluviales.

El proceso de renaturalización de las cuencas vertientes y su efecto en la morfología de los cauces ha sido analizado en repetidas ocasiones (Liébault y Piégay, 2002; Pont *et al.*, 2009; García-Ruiz y Lana-Renault, 2011), y debería ser tenido en cuenta como un condicionante esencial en el diseño de su restauración.

Alteración de las condiciones hidráulicas

La figura 3.8 muestra la valoración del grado de alteración de las condiciones hidráulicas de los ríos de la Comunidad de Madrid. En esta ocasión se trata de reflejar el efecto de ralentización de los caudales por la presencia de azudes en las propiedades del medio físico (velocidad de corriente, profundidad, tamaño del sustrato), que afecta a una longitud de cauce considerable debido a la frecuencia de estos azudes, y que modifica por completo el hábitat acuático del cauce disminuyendo o eliminando su facies lítica y ampliando o generalizando su facies léntica.

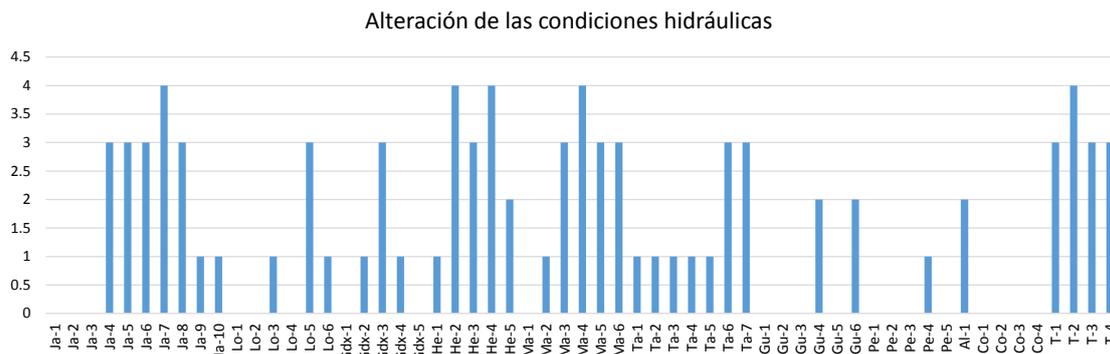


Figura 3.8.- Grado de alteración de las condiciones hidráulicas en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

Por otra parte, se trata también de reflejar el efecto de aceleración de los caudales circulantes por el cauce como consecuencia de la incorporación de efluentes caudalosos de las plantas depuradoras, que circulan por tramos de mayor pendiente que la correspondiente a condiciones naturales y que favorecen la incisión de los cauces y al acorazamiento del lecho, al arrastrar los sedimentos más finos y producir sectores con una granulometría artificialmente aumentada en su tamaño.

Así, se han detectado aguas ralentizadas en numerosos tramos medios del Jarama (Ja-4, Ja-5, Ja-7), Henares (He-2, He-3, He-4), Manzanares (Ma-3, Ma-4) y Tajo (T-1 a T-4), y aguas aceleradas en los tramos bajos de los ríos Guadarrama (Gu-6), Jarama (Ja-8), Henares (He-5) y Manzanares (Ma-5, Ma-6).

Alteración o rectificación del trazado en planta

La alteración o rectificación del trazado en planta de los cauces fluviales puede ser debida a dos motivos, una intervención directa de canalización, haciendo que dicho trazado sea más recto y el cauce tenga mayor pendiente para favorecer el desagüe de las crecidas, o una respuesta del propio río a procesos derivados de la regulación de caudales, extracciones de gravas, incremento de las escorrentías urbanas, descenso del nivel de base de los cauces donde desembocan, etc. En el primer caso estaríamos refiriéndonos a canalizaciones propiamente dichas, mientras que en el segundo caso se trataría de ajustes naturales del río a cambios en sus condiciones hidrológicas (flujos de agua y sedimentos) o topográficas (descensos del nivel de base de tramos aguas abajo) pero propiciados por intervenciones antrópicas (ver figura 3.6).

En la figura 3.9 se representa la valoración dada a los ríos de la Comunidad de Madrid respecto a la alteración de su trazado, comparando el que presentan en la actualidad con el que tuvieron

en décadas anteriores, y valorando la influencia de actuaciones humanas en los cambios observados.

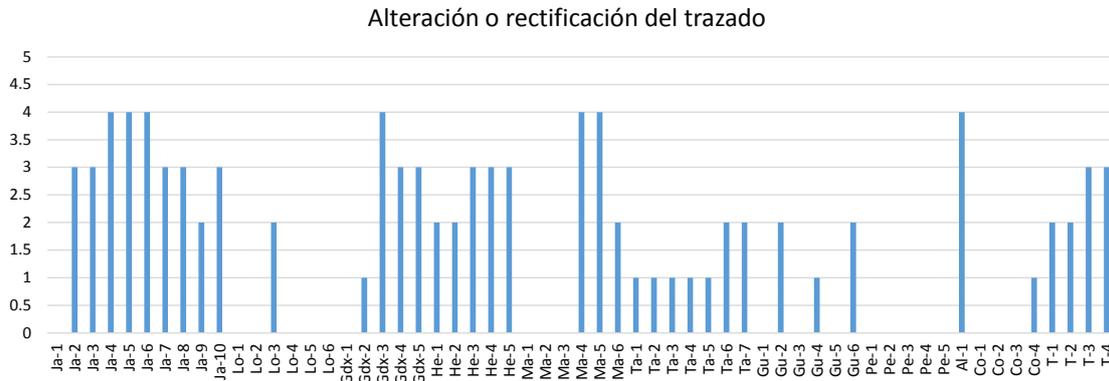


Figura 3.9.- Grado de alteración o rectificación del trazado en planta del cauce en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

Se ha considerado alterado el tipo de trazado del cauce en el tramo medio y bajo del río Jarama, donde ha pasado de ser un río de tipo errante con abundantes bancos de gravas e islas a presentar hoy día un trazado de cauce único meandriforme y canaliforme, sin apenas diversidad morfológica en su interior. Similar respuesta del trazado en planta evolucionando a trazados de un solo cauce se observan también en el bajo Guadalix, Henares y Guadarrama. Los tramos urbanos del Lozoya en el Paular (Lo-3), Guadalix en Guadalix de la Sierra (Gdx-3), Henares en Alcalá (He-2), Manzanares en Madrid (Ma-4, Ma-5) y Guadarrama en Villalba (Gu-2) han sido objeto de proyectos de canalización, con rectificación del trazado más o menos intensa, mientras que otros ríos como el Tajuña apenas han sufrido en las últimas décadas intervenciones del trazado de ámbito local, quedando excluidos de esta alteración los cursos fluviales en valles confinados (ej. Lozoya, Perales, Cofio).

Esta pérdida de complejidad del trazado observada en números ríos de la Comunidad de Madrid está muy relacionada con el aumento de la cobertura forestal en una gran parte de la superficie vertiente y con la disminución del pastoreo, ya comentados anteriormente. Ambos procesos son determinantes de la disminución de la llegada de sedimentos a los cauces, y con ello de la gradual desaparición de trazados trenzados con numerosos bancos de gravas o arenas e islas en su interior (García-Ruiz y Lana-Renault, 2011). Asimismo, el incremento de áreas urbanizadas donde se producen escorrentías sin sedimentos también ha podido repercutir en la disminución de la dinámica fluvial, y favorecer al mismo tiempo procesos de incisión a través de los cuales los cauces se encajan y pierden sinuosidad.

Los efectos más directos de esta alteración son una pérdida de la diversidad de condiciones hidráulicas y unidades morfológicas que son la base para el hábitat de las comunidades acuáticas, una pérdida de zonas de reclutamiento de las especies pioneras que son clave para la regeneración del bosque ripario, y en su conjunto una pérdida de la diversidad del paisaje fluvial.

Motas en contacto o proximidad del cauce

La figura 3.10 muestra el grado de alteración de los tramos analizados por la presencia de motas longitudinales en las proximidades del cauce para evitar su desbordamiento. Puede decirse que este grado de alteración es relativamente poco intenso a escala del conjunto de ríos de la Comunidad de Madrid, ya que la problemática en este caso es casi la contraria, el excesivo encajonamiento de los cauces en su respectivas llanuras de inundación y su confinamiento, con escasa probabilidad de desbordamiento de unos caudales que en su mayoría están fuertemente regulados.

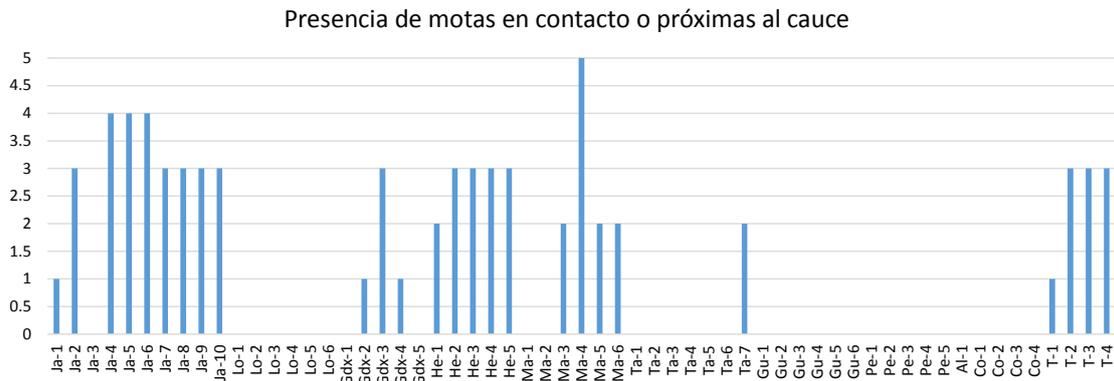


Figura 3.10.- Grado de alteración por la presencia de motas a lo largo del cauce en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

La presencia de motas restringe la movilidad lateral del cauce y su conectividad con la llanura de inundación, al mismo tiempo que disminuye el espacio de influencia fluvial y dificulta la regeneración del bosque ripario (Martínez-Fernández *et al.*, 2017). Estas motas son particularmente visibles en el tramo medio y bajo del río Jarama, en el Henares y en el Tajo, y su presencia se detecta fácilmente al dibujar las secciones transversales del cauce sobre el correspondiente MDT (Figura 3.11).

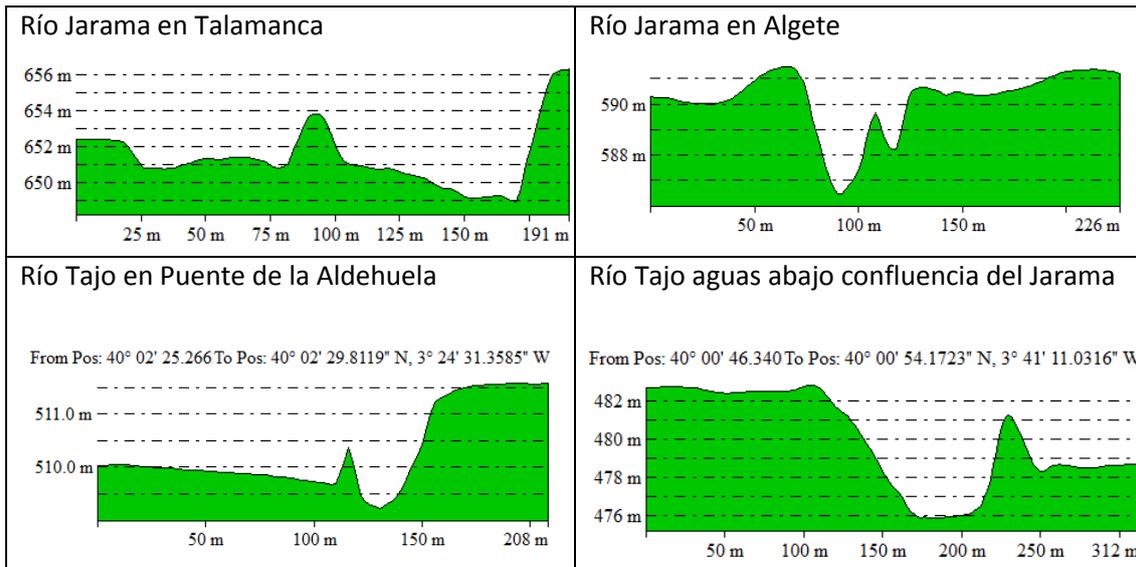


Figura 3.11.- Secciones transversales de los ríos Jarama y Tajo en las secciones indicadas, mostrando la presencia de motas en alguna de las márgenes.

Cambios en la sección transversal del cauce

De forma similar a lo comentado para la alteración del trazado en planta de los ríos, los cambios en la sección transversal de los cauces (cambios en la geometría del cauce) pueden ser debidos a intervenciones directas de canalización (ej. secciones trapezoidales), o a una respuesta del río a otras intervenciones tales como la regulación de caudales, la incorporación de efluentes de las depuradoras o el incremento de escorrentías en superficies urbanizadas (ej. secciones más estrechas y más profundas).

En la figura 3.12 se muestra el grado de afección de los ríos de la Comunidad de Madrid por estos cambios en la sección transversal del cauce, los cuales van generalmente unidos a cambios del trazado en planta (ver figura 3.5). Afectan particularmente al tramo medio y bajo de los ríos Jarama, Guadalix, Henares, Manzanares y Tajo, y a los tramos urbanos del Henares en Alcalá y del Manzanares en Madrid.

En la mayoría de los casos, estos cambios de la sección transversal del cauce representan una respuesta del río a los múltiples impactos que recibe, y pueden asociarse en primer término a la regulación de caudales y eliminación de crecidas, haciendo que el río abandone parte de su zona de influencia primitiva de inundación y ésta sea invadida por la vegetación; y también a procesos de incisión debidos a falta de suministro de sedimentos al cauce, a su vez motivados por la retención de estos últimos en los embalses; a la circulación de caudales con un porcentaje significativo de escorrentías urbanas o de salida de depuradoras que no llevan carga sólida en su interior y que al incorporarse a los cauces erosionan el lecho produciendo su incisión; a la extracción de gravas, o a la disminución de la emisión de sedimentos de las laderas vertientes tras su renaturalización y progresiva estabilización.

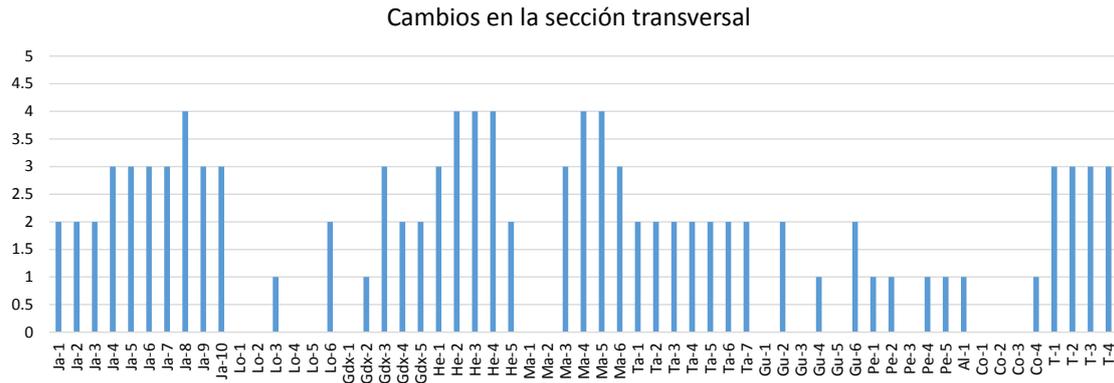


Figura 3.12.- Grado de afectación por cambios en la sección transversal del cauce en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

Los efectos inmediatos de estos cambios de la sección transversal, haciéndose de menor anchura y mayor profundidad, es el progresivo encajonamiento y desconexión del cauce con su ribera y la homogeneización de las condiciones hidráulicas del cauce. Con ello se pierde la diversidad del hábitat de orilla, se reduce el área riparia de influencia fluvial y se dificulta la formación de bancos de gravas y zonas hábiles para la regeneración de las especies pioneras, especialmente de las saucedas arbustivas.

Estructuras de cruce y revestimientos

La alteración morfológica por estructuras de cruce (puentes de carreteras, drenaje de caminos, ect.) es relativamente frecuente en los ríos pero en nuestro caso no se ha detectado en los tramos seleccionados para su estudio.

Por otra parte, en los ríos de la Comunidad de Madrid son relativamente escasos los tramos que presentan revestimientos del cauce con escolleras o muros de hormigón. En la figura 3.13 se muestra el grado de afectación por la presencia de estos revestimientos valorado en los distintos tramos estudiados.

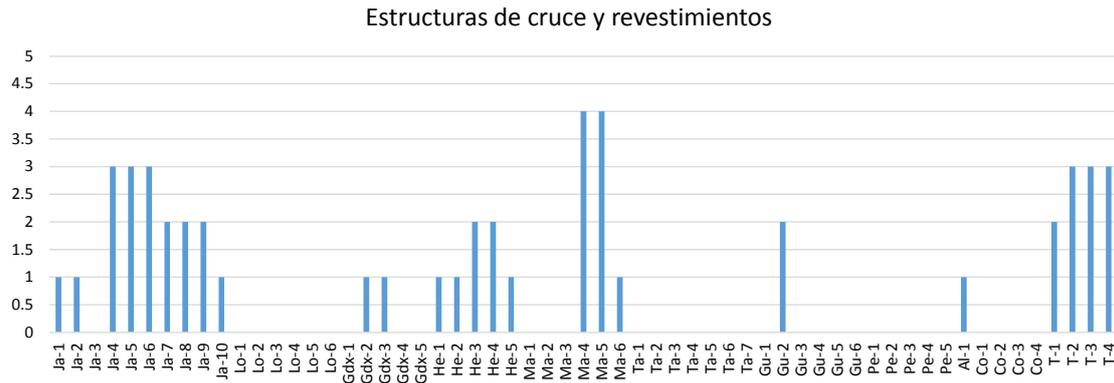


Figura 3.13.- Grado de afectación por revestimientos del cauce en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

En general se trata de escolleras dispuestas en los taludes laterales del cauce que en muchos casos quedan ocultas por aporte de tierras y por la propia vegetación, y que afectan a tramos urbanos o periurbanos más o menos largos, en ocasiones con problemas de inestabilidad debidos a su rectificación, o a la extracción intensiva de gravas. Esta alteración es particularmente notable en el río Jarama y en el tramo bajo del Manzanares, existiendo también puntualmente en el Guadalix, Henares y Tajo.

Los revestimientos del cauce con escollera suponen la pérdida de movilidad lateral y destruyen en gran parte la diversidad del hábitat de orilla. Con ellos se anulan los mecanismos de resiliencia del cauce frente a las crecidas, puesto que no permiten que se produzcan deformaciones o ajustes para recuperar nuevas condiciones de equilibrio geomorfológico.

Extracciones de gravas

Las extracciones de gravas en el interior del cauce y en sus riberas y llanuras de inundación han sido muy frecuentes en algunos ríos de la Comunidad de Madrid, y han perjudicado seriamente su morfología, dejando zonas con excavaciones profundas que suponen una alteración, casi irreversible, de la topografía fluvial.

En la Figura 3.14 se muestra el grado de afectación por graveras en los distintos tramos analizados. En esta ocasión se ha considerado la intensidad tanto de las graveras hoy día en explotación como de las extracciones de áridos ya extinguidas pero en las que ha perdurado el impacto de la excavación. De esta forma resultan particularmente intensas las afectaciones por graveras en los tramos medio y bajo de los ríos Jarama y Henares, el tramo bajo del Manzanares, y en los ríos Alberche y Tajo en su territorio por la Comunidad de Madrid.



Figura 3.14.- Grado de afectación por extracciones de gravas en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

El efecto inmediato de las extracciones de áridos (gravas, arenas) es ocupar la ribera o llanura de inundación, eliminar su vegetación riparia y excavar el terreno seleccionando un determinado tamaño de partículas cambiando por completo la topografía primitiva (ver figura 3.15). Como consecuencia de esta excavación se produce una alteración de los caudales y de la calidad de las aguas, siendo asimismo un foco de contaminación por sólidos en suspensión y productos empleados por la maquinaria de extracción y lavado de los áridos.

Además de la transformación topográfica que significan las graveras cuando afectan a una superficie extensa de la llanura de inundación, como es el caso de los ríos Jarama, Henares y Manzanares, las excavaciones para las extracciones de gravas cambian por completo el paisaje existente y dan lugar a la creación de lagunas próximas a los cauces que pueden suponer focos de difusión de especies invasoras, y una gran fuente de pérdida de agua y concentración de sales por evaporación directa a la atmósfera.

Pero quizás el impacto hidromorfológico principal de las graveras sea el proceso de incisión del cauce que generan en el tramo donde tienen lugar. Con la extracción de las gravas se reduce la disponibilidad de sedimentos gruesos para su remoción y transporte por los caudales circulantes y se rebaja la cota del lecho aumentando la capacidad erosiva de dichos caudales, favoreciendo la incisión y la disminución progresiva de su relación anchura/profundidad (Martín Vide *et al.*, 2010; Zawiejska *et al.*, 2015).

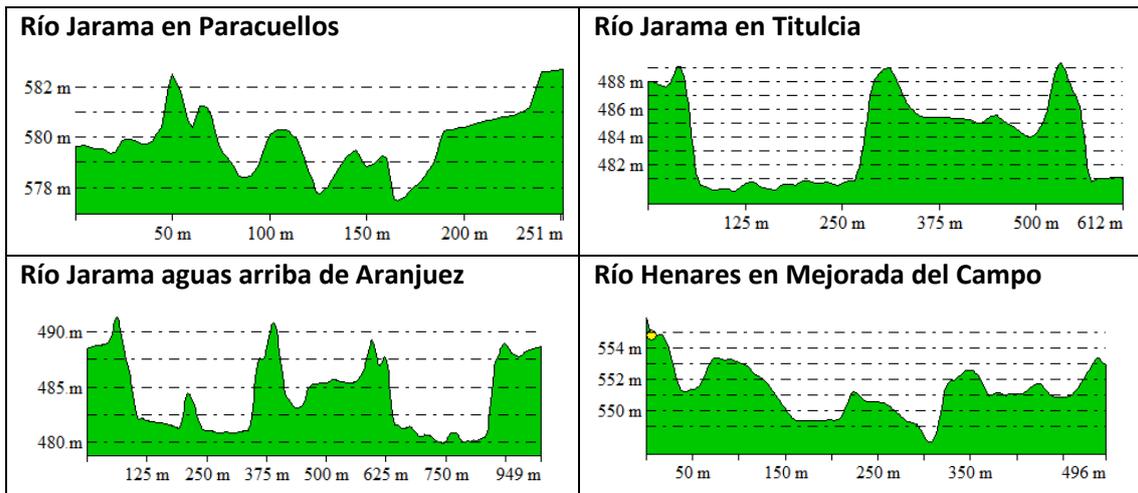


Figura 3.15.- Secciones transversales de los ríos Jarama y Henares mostrando la alteración de la topografía del cauce y su llanura de inundación como consecuencia de la extracción masiva de gravas.

Alteraciones de la vegetación riparia

La figura 3.16 muestra la valoración otorgada al grado de afección de la vegetación en los distintos tramos analizados.

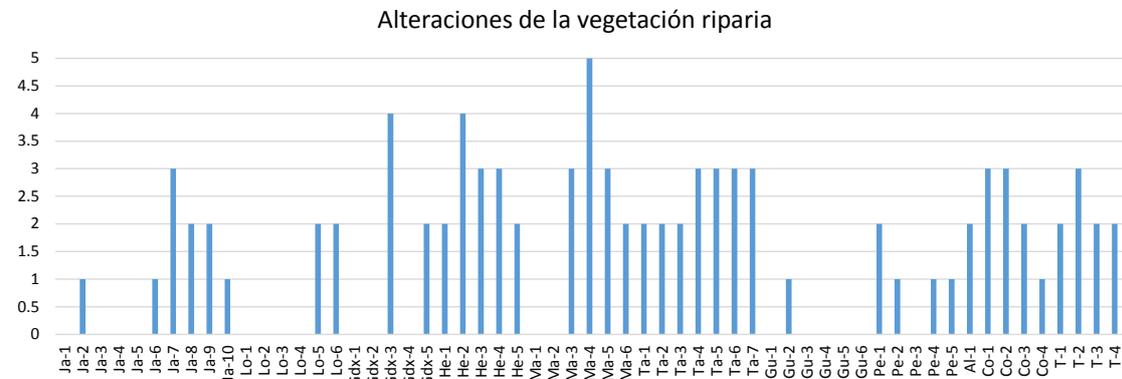


Figura 3.16.- Grado de alteración de la vegetación de ribera en los tramos analizados en la Comunidad de Madrid, El rango oscila entre un valor 0 que representa ausencia de alteración y un valor 5 que representa alteración muy intensa.

De forma resumida puede decirse que la vegetación de ribera de los ríos de la Comunidad de Madrid se ha homogeneizado en las últimas décadas, hacia galerías arbóreas densas y más o menos continuas dominadas por *Fraxinus angustifolia* en los tramos altos y de la mitad oeste de la Comunidad (ej ríos Guadarrama, Perales, Cofio), y dominadas por *Populus alba* en los tramos medios y bajos de los grandes ríos (Jarama, Manzanares) y de la mitad oriental de la Comunidad (ej. ríos Henares, Tajuña, Tajo). La anchura de estas galerías es en general relativamente

pequeña (entre 1 y 1,5 veces la anchura del cauce), y se ve restringida localmente por el pastoreo en márgenes (ej. cabecera de los ríos Perales y Cofio), pero en la mayoría de los casos por el encajonamiento del cauce en su propia llanura de inundación (ej ríos Jarama, Guadalix, Henares, Tajo).

La alteración fundamental aquí considerada es la falta de representación y de regeneración natural de la saucedada arbustiva (ej. *Salix purpurea*, *Salix salvifolia*), que debería estar mucho más presente y con mayor abundancia en todos los ríos, especialmente en los tramos medios y bajos, y que en la actualidad es prácticamente relictas allí donde existe, al haber desaparecido casi por completo los bancos de gravas y arenas desnudas necesarios para su regeneración. Ello se asocia directamente al efecto de la regulación de caudales, produciendo niveles de agua relativamente estables durante gran parte del año con la reducción de la magnitud y frecuencia de las avenidas y estiajes, y a la disposición de un amplio espacio libre en torno a los cauces con humedad suficiente para ser invadido por una vegetación más estable y longeva.

Por otra parte es necesario resaltar que no se han detectado tramos con abundancia de especies invasoras ni exóticas, y que en general la composición de las galerías riparias responde a las formaciones esperadas en la región biogeográfica en que se encuentran, salvo los casos de tramos urbanos donde se han plantado variedades de jardinería. Este es el caso del río Guadalix en Guadalix de la Sierra, del Henares a su paso por Alcalá, y del Manzanares en todo su recorrido por la ciudad de Madrid, considerados en todos los casos de ámbito local.

3.3. ESTADO ECOLÓGICO DE LAS MASAS DE AGUA CORRESPONDIENTES A LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La valoración ambiental de los ríos de la Comunidad de Madrid en base a sus características hidromorfológicas se ha completado con un breve resumen del estado ecológico de las masas de agua correspondientes a algunos de los tramos estudiados, elaborado a partir de la información disponible en la página web de la Confederación del Tajo.

La valoración del estado ecológico se ha realizado en nuestro caso comparando el valor de los índices biológicos y los de calidad físico-química con los valores de referencia que representan las condiciones en estado natural o con escasa afección antrópica. Estos valores de referencia se definen según la tipología del río correspondiente (ver CEDEX, 2005), por lo que ha sido necesario en primer lugar analizar la tipología de los ríos de la Comunidad, en segundo lugar identificar las condiciones de referencia de cada tipología y, por último, contrastar los valores de los respectivos índices en cada uno de los tramos estudiados con los de referencia.

Tipologías fluviales de los ríos de la Comunidad de Madrid

En la figura 3.17 se representan las tipologías de ríos con representación en la Comunidad de Madrid. Como *Ríos de baja montaña mediterránea silícea Manchegos* (08) está el río Perales (12136) que es de régimen temporal. En la tipología de *Ríos de montaña mediterránea silícea* (11) se encuentran las cabeceras de los ríos Cofio (12133, 121334-35), Aulencia (12120 y 12122), Guadarrama (12128, 12121), Manzanares (12111), Guadalix (12108), Lozoya (12102, 12103 y 12116) y Jarama (12101 y 12105). Al tipo *Ríos de montaña mediterránea calcárea* (12) corresponden los ríos Torote (12095) y Tajuña (12079) y algunos afluentes menores.

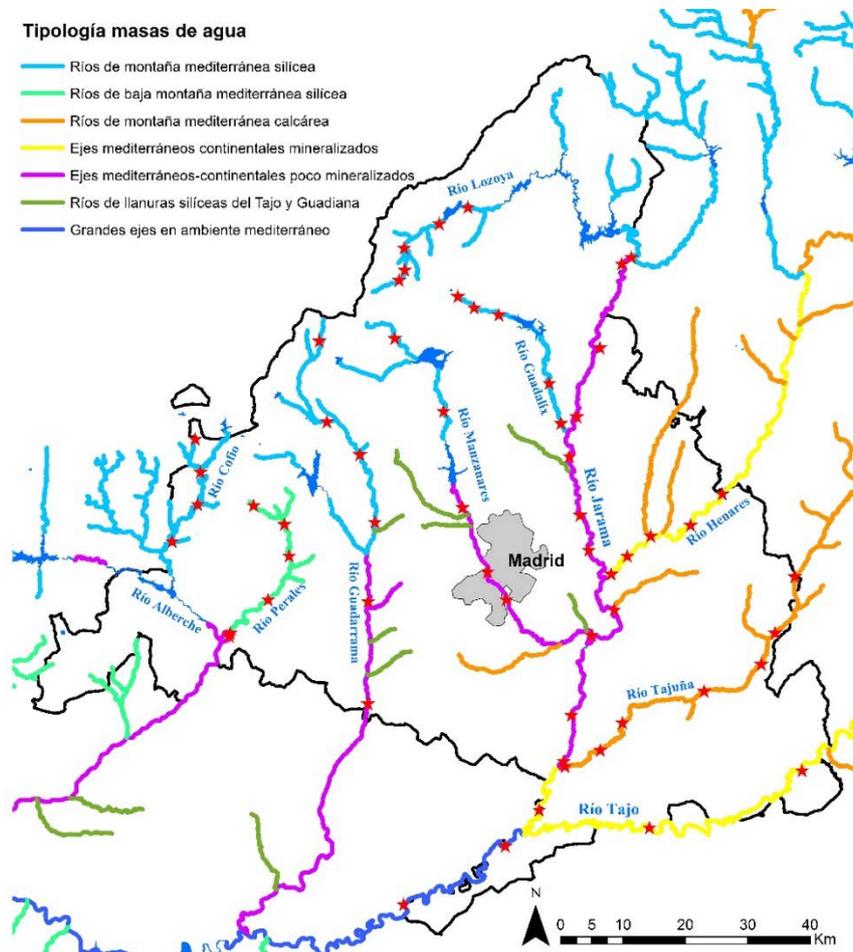


Figura 3.17.- Tipología de los ríos de la Comunidad de Madrid según CEDEX (2005). Las marcas de estrella roja indican la ubicación de los tramos donde se ha llevado a cabo el estudio anterior de sus condiciones hidromorfológicas.

El tipo *Ejes mediterráneo - continentales poco mineralizados* (15) incluye a los tramos medios de los ríos Alberche (12138 y 12137), Guadarrama (12125), Manzanares (12112) y Jarama (12107, 12109 y 121014) desde la desembocadura del Lozoya hasta la del Tajuña. Como *Ejes*

mediterráneos continentales mineralizados (16) se Incluyen el tramo bajo del Jarama (12115), el Henares (12094 y 12096) y el Tajo hasta la confluencia con el Jarama (12072 y 12075). Finalmente, como *Grandes ejes en ambiente mediterráneo* (17) está el río Tajo aguas abajo de la confluencia del Jarama (12150).

Condiciones de Referencia

En la tabla 3.2 se exponen las condiciones de referencia consideradas por la Confederación Hidrográfica del Tajo para las tipologías de ríos con representación en la Comunidad de Madrid,. La Tabla 3.3. muestra los umbrales que separan el estado ecológico “bueno” del estado “moderado” para los mismos índices y variables físico-químicas.

Tabla 3.2.- Condiciones de referencia para el buen estado ecológico de las tipologías fluviales representadas en la Comunidad de Madrid, definidas por los índices biológicos IBMWP (*Iberian Biological Monitoring Working Party*), IPS (índice de diatomeas) y QBR (Calidad Biológica de la Ribera), y por las variables fisicoquímicas expuestas.

Tipos de ríos	IBMWP	IPS	QBR	pH	Oxígeno (mg/l)	Amonio (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Conductiv. (µS/cm)
Ríos de baja montaña mediterránea silícea Manchegos	159	15.1	95	7	7-8	<0.1	<0.1	<5	129
Ríos de montaña mediterránea silícea	193	18.5	90	7	<7	<0.1	<0.1	<5	78
Ríos de montaña mediterránea calcárea	186	18	88	7	<7	<0.1	<0.1	<5	542
Ejes mediterráneo - continentales poco mineralizados	172	17.7	100	7	<7	<0.1	<0.1	<5	276
Ejes mediterráneos continentales mineralizados	136	16.4	85	7	<7	<0.1	<0.1	<5	558
Grandes ejes en ambiente mediterráneo	107	12.9	80	7	<7	<1.5	<0.1	<5	411

Tabla 3.3.- Umbrales entre estado *Bueno* y estado *Moderado* para los distintos índices de calidad biológica y variables físico-químicas.

Tipos de ríos	IBMWP	IPS	QBR	pH	Oxígeno (mg/l)	Amonio (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Conductiv. (µS/cm)
Ríos de baja montaña mediterránea silícea Manchegos	60	9.4	69.9	6-9	5.00	0.60	0.40	25.00	410
Ríos de montaña mediterránea silícea	97	13.1	79.9	6-9	5.00	0.60	0.40	25.00	310
Ríos de montaña mediterránea calcárea	93	12.2	70	6-9	5.00	0.60	0.40	25.00	-
Ejes mediterráneo - continentales poco mineralizados	72	12.9	80	6-9	5.00	0.60	0.40	25.00	435
Ejes mediterráneos continentales mineralizados	71	12.0	72.8	6-9	5.00	0.60	0.40	25.00	-
Grandes ejes en ambiente mediterráneo	51	8.6	70	6-9	5.00	1.00	0.40	25.00	-

Estado ecológico de las masas de agua “ríos” de la Comunidad de Madrid

Atendiendo a estos valores umbrales, y a los valores promedio de los datos disponibles a través de la página web de la Confederación del Tajo, se ha confeccionado la información que aparece recogida en la Tabla 3.4, donde se establece el estado de cada tramo o masa de agua con arreglo a los valores de índices disponibles, y el mapa de estado ecológico mostrado en la figura 3.18.

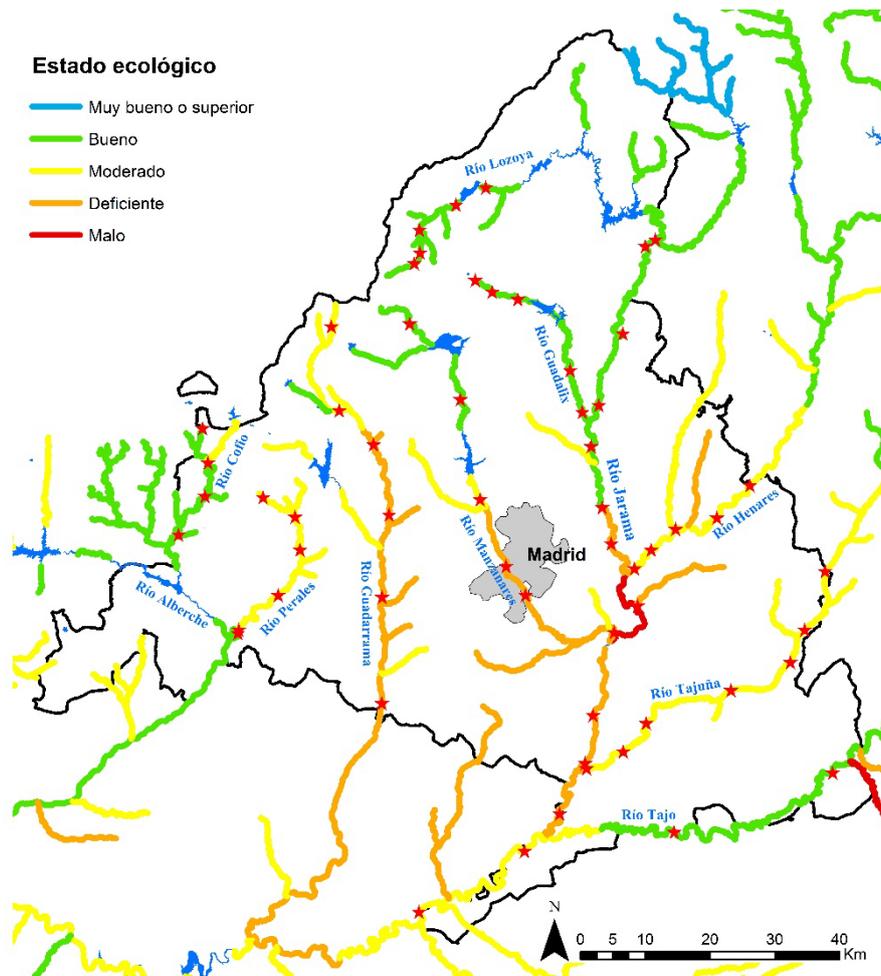


Figura 3.18.- Estado ecológico de las masas de agua de la Comunidad de Madrid (a partir de la información disponible en www.chtajo.es) y distribución de los tramos (marcadores rojos) donde se ha llevado a cabo el estudio de las condiciones hidromorfológicas.

Si bien son varias las variables físico-químicas cuyos umbrales entre estado *Bueno* y estado *Moderado* se superan en numerosas ocasiones por los ríos de la Comunidad de Madrid (ver Tabla 3.3 y 3.4), es sin duda el amonio el que con mayor frecuencia presenta unas concentraciones muy superiores a dichos umbrales, siendo a su vez el que determina en mayor medida el valor de los índices bióticos. En la figura 3.19 se muestra la relación entre las concentraciones de amonio en las aguas y el valor del índice IBMWP estimado en las masas de agua de la Comunidad de Madrid, reflejando el hecho de que a partir de un determinado nivel de amonio, en nuestro caso en torno a 0,15 mg/l, la comunidad de macroinvertebrados se empobrece significativamente y el valor del índice IBMWP desciende por debajo del valor de 60, ya en el rango de estado *Moderado* o inferior.

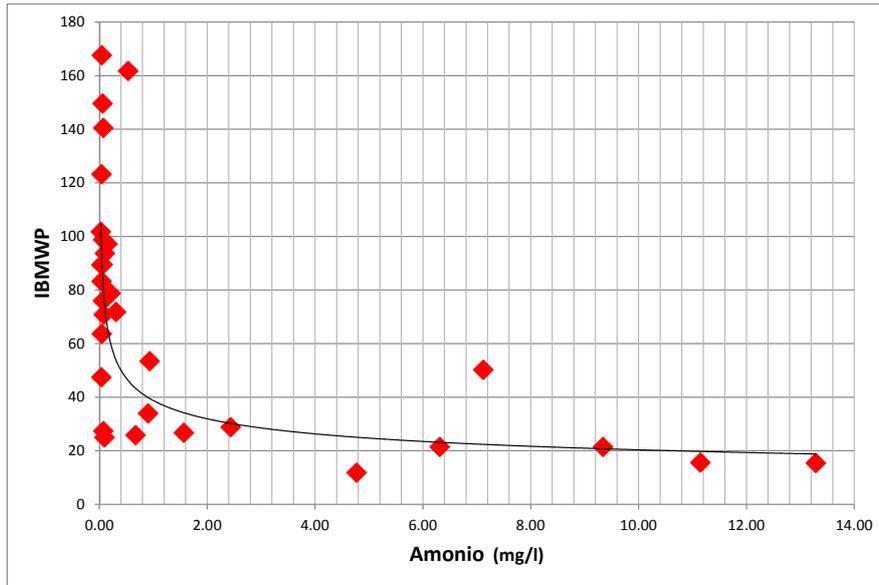


Figura 3.19.- Valores del índice IBMWP frente a los de concentración de amonio en las masas de agua correspondientes a ríos de la Comunidad de Madrid

Tanto el estado de las condiciones hidromorfológicas de los tramos analizados, como el estado ecológico de las masas de agua mostrado en la Tabla 3.4, representa una información básica para establecer el rango de priorización de su restauración, determinando el punto de partida de cada tramo y la mayor o menor dificultad para lograr su mejora ambiental. No obstante, dicha información debe ser completada con la correspondiente a las comunidades piscícolas, que representan un componente fundamental del ecosistema fluvial.

Tabla 3.4.- Estado ecológico de las masas de agua que corresponden a tramos de ríos de la Comunidad de Madrid donde se ha llevado a cabo la valoración de sus condiciones hidromorfológicas, y valores de índices bióticos y características físico-químicas de las aguas (www.chtajo.es).

TRAMO	RÍO	CÓD. PUNTO	COD. EST. SPF	IBMWP	IPS	QBR	O2 (mg/l)	Conductiv. (µS/cm)	DBO5 (mg/l)	NITRATO (mg/l)	AMONIO (mg/l)	FÓSFORO T. (mg/l)	MASA *	Tipo **	Estado Ecológico
Valdepeñas	Jarama-1	TA12105	TA48505005	168	17	73	10	314	1.0	0.5	0.04	0.10	HMWB	11	Bueno
Talamanca	Jarama-2	TA12107	TA48505003	99	15	80	11	291	1.0	2.7	0.08	0.10	HMWB	15	Bueno
San Fernando Henares	Jarama-3	TA12109	TA55905004	16	5	31	7	663	6.3	9.9	13.29	0.69	HMWB	15	Malo
San Martin de la Vega a.abajo Henares	Jarama-4	TA12114	TA58205004	16	5	17	7	1065	5.3	14.6	11.15	0.86	HMWB	15	Deficiente
Aranjuez aguas abajo Tajuña	Jarama-5	TA12115	TA60505003	22	6	53	6	1140	9.7	21.3	9.34	0.88	HMWB	16	Malo
Oteruelo	Lozoya-1	TA12102	TA48405009	141	18	47	11	75	0.8	1.3	0.07	0.07	Natural	11	Bueno
Lozoya aguas abajo Pinilla	Lozoya-2	TA12103	TA48405007	76	15	98	11	79	1.0	1.6	0.07	0.10	HMWB	11	Bueno
Valdepeñas aguas abajo Atazar	Lozoya-3	TA12116	TA48505006	150	14	100	10	197	1.0	0.7	0.06	0.10	HMWB	11	Bueno
Colmenar Viejo a.abajo Pedrezuela	Guadalix	TA12108	TA50905002	48	11	35	10	331	1.1	5.6	0.04	0.40	HMWB	11	Malo
Manzanares El Real	Manzanares-1	TA05NM05	TA50805001	102	19	74	12	14	0.8	1.0	0.03	0.08	Natural	11	Bueno
Colmenar Viejo a.abajo embalse Pardo	Manzanares-2	TA12111	TA53405004	94	14	55	9	154	1.7	4.7	0.10	0.11	HMWB	11	Moderado
El Pardo	Manzanares-3	TA12112	TA53405001	26	11	89	9	235	3.8	4.7	0.67	0.33	HMWB	15	Deficiente
Los Santos a. arriba Alcalá	Henares-1	TA12094	TA53504004	34	12	66	7	921	3.5	12.7	0.90	0.37	Natural	16	Deficiente
San Fernando a. abajo Alcalá	Henares-2	TA12096	TA56004002	27	11	68	7	953	4.0	16.5	1.57	0.51	Natural	16	Malo
Morata	Tajuña	TA12079	TA60503005	27	14	46	10	1376	1.7	20.5	0.07	0.17	Natural	12	Malo
Guadarrama	Guadarrama-1	TA12119	TA50806004	83	13	45	11	133	1.0	2.8	0.04	0.11	Natural	11	Bueno
Las Rozas	Guadarrama-2	TA12121	TA53306007	29	8	36	7	444	6.1	23.3	2.43	0.81	Natural	11	Malo
Batresa. abajo Aulencia	Guadarrama-3	TA12125	TA58106001	22	7	36	6	551	8.1	28.9	6.31	1.22	Natural	15	Malo
Navalagamella	Perales 1	TA07NM02	TA55807001	90	12	80	10	481	1.1	11.3	0.1	1.2	Natural	8	Moderado
Villanueva de Perales	Perales	TA12136	TA58007003	89	12	62	11	399	1.4	6.6	0.04	0.73	Natural	8	Moderado
Almorox a. abajo Perales	Alberche	TA12137	TA60307003	71	11	85	10	166	1.4	5.2	0.08	0.24	HMWB	15	Buena
Aldea del Fresno a.arriba Perales	Alberche	TA12138	TA58007013	64	10	64	9	139	1.0	2.1	0.05	0.15	HMWB	15	Deficiente
Hoyo Pinares cabeceras	Cofio	TA12135	TA55707009	162	15	42	10	194	2.2	8.0	0.53	0.36	Natural	11	Bueno
San Martín Valdeiglesias	Cofio-2	TA12132	TA53207001	123	15	51	10	79	1.5	2.4	0.04	0.14	Natural	11	Bueno
Fuentidueñas	Tajo-1	TA12072	TA60702001	79	12	45	9	1393	1.0	3.9	0.21	0.22	HMWB	16	Moderado
Noblejas a.arriba Aranjuez	Tajo-2	TA12075	TA60602001	97	13	55	10	1890	1.7	7.3	0.15	0.10	HMWB	16	Moderado
Aguas arriba Jarama Aranjuez 1	Tajo-3 bis	TA13245	TA60502004	25	11	56	7	1582	1.4	7.0	0.10	0.10	HMWB	16	Deficiente
Aguas abajo Jarama Aranjuez 2	Tajo-3	TA12150	TA60502001	12	6	50	7	1763	7.6	18.3	4.77	0.59	HMWB	17	Malo

(*) Tipo de masa: Natural o Muy modificada (HMWB, Heavy modified water body). (**) Tipo de río según la tipología descrita por el CEDEX (2)

3.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS: HACIA UN DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Para una correcta interpretación de los resultados obtenidos en relación a las condiciones hidromorfológicas de los ríos de la Comunidad de Madrid hay que tener presente el contexto geográfico y socio-económico de las principales cuencas vertientes, y el uso prioritario de los recursos hídricos.

En la mayoría de las cuencas vertientes de estos ríos se han incrementado las áreas urbanizadas, y esta expansión de los núcleos urbanos ha tenido lugar fundamentalmente en zonas que anteriormente eran ocupadas por cultivos agrícolas, o en terrenos de monte bajo con escasa cobertura de vegetación leñosa. De forma simultánea a este crecimiento urbano, ha disminuido considerablemente la carga ganadera de pastizales naturales por toda la región de la Comunidad. Como consecuencia de todo ello, se puede afirmar que se ha producido un proceso de estabilización de las cuencas y una pérdida de emisión de sedimentos a los cauces.

Por otra parte, el destino fundamental del agua almacenada en los embalses de la Comunidad de Madrid es el suministro doméstico, por lo que la alteración del régimen de caudales se centra en dos aspectos: (1) reducir significativamente los caudales circulantes en los tramos aguas abajo de las presas de captación de agua, por donde circula un caudal mínimo constante todo el año, salvo los aportes de pequeños afluentes que pueden aportar más agua en eventos de lluvia intensa (los caudales ecológicos solo se aplican a las masas estratégicas, en el caso de la Comunidad de Madrid relativas al río Jarama aguas abajo de la presa del Vado, al río Lozoya aguas abajo del Atazar y río Manzanares aguas abajo de las presas de Santillana y de El Pardo); y (2) aumentar los caudales circulantes en algunos tramos bajos por incorporación de los efluentes de las plantas de depuración de aguas residuales. Ante un consumo de agua relativamente constante aunque ligeramente incrementado en los meses de verano, el resultado de esta regulación para suministro doméstico es el mantenimiento de un nivel de las aguas relativamente constante a lo largo de todo el año también en los tramos bajos, donde de forma regular no se producen avenidas ni estiajes.

Estas características de los caudales circulantes, habiendo perdido su variabilidad y estacionalidad natural, explica en gran parte la morfología canaliforme de los cauces fluviales y la invasión de las riberas por la vegetación riparia. Al ser importante en estos caudales circulantes el componente de aguas procedentes de depuradoras que no llevan sedimentos, prácticamente todos los ríos han sufrido procesos más o menos intensos de erosión del lecho, con encajamiento del cauce y desconexión gradual de su llanura de inundación. Al mismo tiempo, la falta de crecidas ha hecho disminuir el espacio de influencia fluvial y producido el consiguiente estrechamiento de los corredores riparios, que se han hecho muy densos y

dominados por especies seriales. Finalmente, son estos corredores densos creciendo en ambos márgenes los que anclan al cauce e impiden su movilidad; al mismo tiempo, la presencia de estos cordones de vegetación promueve la reducción de la variabilidad de la geometría del cauce, de sus condiciones hidráulicas y, en definitiva, de la calidad y heterogeneidad del hábitat para los organismos acuáticos y las especies riparias pioneras.

Desde el punto de vista ecológico, se puede considerar que esta trayectoria hidromorfológica de los ríos genera una pérdida de hábitat para las especies acuáticas y de ribera, y está determinando un empobrecimiento de los corredores riparios en dimensiones y diversidad, percibiendo el declive de las saucedas arbustivas, y una degradación del hábitat físico en el interior de los cauces, alterando la diversidad de condiciones hidráulicas, el tamaño del substrato y la heterogeneidad física de las orillas.

Por otra parte, se percibe un problema de calidad de las aguas que afecta directamente a las comunidades acuáticas, siendo las concentraciones de amonio las que aparentemente limitan en mayor medida el valor de los índices bióticos utilizados (figura 3.18).

Los resultados aquí expuestos se refieren a determinados indicadores de calidad ambiental de los ríos, pero en su conjunto representan una visión incompleta de su estado ecológico, al faltar la información del estado de las comunidades piscícolas. Son las comunidades de peces, en cuanto a su composición y estructura en edades, las que sintetizan en mayor medida el estado hidromorfológico de los ríos y representan el mejor indicador de su estado ecológico a escala de segmento fluvial, por lo que resulta necesario integrar dicha información con la recogida en este informe, para la correcta formulación de la problemática ecológica de los ríos de la Comunidad de Madrid.

Finalmente, y como base para el diseño de objetivos y metas a alcanzar con la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid, a la problemática ecológica formulada en los términos propuestos habría que añadir la problemática económica y social, identificando con detalle los posibles problemas hidrológicos (ej. riesgos de desbordamientos e inundaciones), sociales (ej. presencia de la mosca negra, malos olores por contaminación de las aguas), estéticos (infraestructuras que podrían mejorarse en el paisaje fluvial, presencia de residuos sólidos, vertederos), de adecuación recreativa (ej. falta de infraestructuras y accesos) o de cualquier otra índole que pueda ser tenida en cuenta en las actuaciones de restauración.

4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS Y METAS A ALCANZAR

4.1. SÍNTESIS DE LA PROBLEMÁTICA

Como ya se ha comentado en la presentación de la Estrategia de restauración de ríos propuesta (capítulo 2 de este documento), una vez definidos los problemas a tratar en los ríos de la Comunidad de Madrid es necesario definir unos objetivos generales enfocados a dichos problemas, que serán los que enmarquen los objetivos específicos de cada proyecto de restauración abordado a escala de tramo fluvial. La formulación de estos objetivos, tanto generales de la Estrategia de restauración como específicos a escala de tramo fluvial, debe permitir transmitir con claridad qué se pretende conseguir con las medidas que se vayan a realizar, cuál es su finalidad última, y para qué se actúa.

Atendiendo a la valoración ambiental presentada en el capítulo anterior, los problemas a tratar en los ríos de la Comunidad de Madrid podrían quedar resumidos en los siguientes:

- Alteración del régimen hidrológico (agua y sedimentos) y de las velocidades de corriente debidos a la presencia de presas y embalses, derivación de caudales o incorporación de efluentes de plantas depuradoras de aguas residuales, que suponen la homogeneización de la magnitud de los caudales mensuales (pérdida de estacionalidad y variabilidad hidrológica), la disminución de la frecuencia de avenidas y caudales mínimos (pérdida de la dinámica natural del régimen), así como la disminución de la capacidad de transporte y la disponibilidad de sedimentos gruesos a lo largo del cauce.
- Pérdida de hábitats para los organismos acuáticos, de orilla y de ribera, motivada por los cambios hidrológicos antes apuntados y por procesos geomorfológicos asociados, tales como un estrechamiento del cauce activo y un cambio de su sección transversal hacia formas con menor variabilidad de anchura y profundidad, menor perímetro de orilla y menor diversidad de unidades morfológicas en el cauce y llanura de inundación (pérdida de cauces secundarios, bancos de gravas, y áreas de vegetación pionera y de bosques aluviales)
- Contaminación de las aguas por vertidos puntuales o fuentes difusas

La percepción de la severidad de estos problemas depende de numerosos factores, entre ellos la consideración del estado que deberían tener los ríos en ausencia de presiones e impactos (ej. condiciones de referencia), y la del estado que se desea alcanzar con la Estrategia de restauración. En la definición del estado que se desea alcanzar hay que tener en cuenta una componente “científica”, relativa a la pregunta de cuál sería el estado más natural o de referencia en relación al funcionamiento de los ecosistemas fluviales en su contexto biogeográfico, y una componente “socio-económica”, relativa a cuál sería el estado deseado en

cuanto a servicios ambientales y coste de la restauración, resultando finalmente una cuestión política decidir en qué tipo de condiciones ambientales de los ríos se desea y es posible vivir.

4.2. PROPUESTA DE OBJETIVOS

Ante los numerosos objetivos que se pueden plantear en el ámbito de la restauración fluvial se podrían formular diferentes visiones o puntos de partida, cada uno de ellos con objetivos y líneas de actuación muy distintos. Decidir los objetivos de la Estrategia de restauración implica tomar decisiones, que en el caso de la restauración de los ríos deben ser decisiones sociales. En cualquier caso debe haber una compensación entre metas ecológicas, servicios ambientales, usos del suelo potenciales y costes económicos (Reichert *et al.*, 2007).

Si bien es cierto que la finalidad última de la restauración va a ser la mejora del estado ecológico de los ríos, dicha mejora debe traducirse no solo en un mejor estado de sus condiciones biológicas, hidromorfológicas y físico-químicas, sino también en un mejor estado de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas fluviales a la sociedad en su conjunto, traducido en un mayor bienestar económico y social. Por ello, y atendiendo al carácter urbano o periurbano de una gran parte del territorio de la Comunidad de Madrid, consideramos de gran importancia enfocar la Estrategia de restauración de ríos no solo desde la perspectiva ecológica, sino desde un enfoque más integrado de sostenibilidad, donde se consideren conjuntamente los beneficios ecológicos, los económicos y los sociales.

En la figura 4.1 se representa un esquema de formulación jerárquica de objetivos de restauración adaptando una metodología muy similar a la propuesta para la rehabilitación de los ríos suizos e implementada en el proyecto multidisciplinar del Ródano-Thur (Peter *et al.*, 2005). En nuestro caso, y como objetivo último de la Estrategia de restauración, se plantea “mejorar el estado de los ecosistemas fluviales”, el cual se alcanza a través de la mejora de su “integridad ecológica” y mejora de su integridad “socio-económica”. Dentro de cada uno de estos objetivos de mejora de la integridad de los ríos es necesario a su vez definir sub-objetivos, a través de los cuales se alcanzan los primeros, como pueden ser, a modo de ejemplo para la integridad ecológica, “restaurar condiciones hidromorfológicas”, “mejorar la calidad físico-química de las aguas” o “recuperar las comunidades biológicas”.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se puede enfocar la Estrategia de Restauración en la Comunidad de Madrid hacia diferentes objetivos, priorizando la índole ecológica (ej. proteger los tramos en mejor estado ecológico, las especies de mayor interés o las comunidades acuáticas más diversas) o la de índole socio-económica, priorizando actuaciones e inversiones en los tramos con mayor relevancia social en cuanto a su valor recreativo, cercanía a núcleos urbanos, mayor riesgo de inundación o balance coste/beneficio más favorable. Aunque el dilema entre estos enfoques se resuelve con criterios de priorización, es necesario establecer con claridad los supuestos de partida, que van a responder a cuestiones políticas, en ocasiones con intereses y

escalas de tiempo y espacio muy diferentes a las necesarias para el alcance de objetivos de índole ecológica.



Figura 4.1.- Formulación jerárquica de objetivos propuesta para la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid (Modificado de Reichert *et al.*, 2007).

A continuación se sugieren posibles finalidades de la Estrategia de Restauración de Ríos de la Comunidad de Madrid, que darían lugar a objetivos distintos en cada caso, y que deberían ser objeto de debates y acuerdos entre los distintos actores protagonistas de dicha Estrategia (administraciones, comunidad científico-técnica, agentes sociales):

- (1) Cumplir con los requerimientos de la Directiva Marco del Agua, mejorando el estado ecológico de las masas de agua naturales que en la actualidad presentan un estado inferior al bueno, y/o el estado potencial de las masas muy modificadas.
- (2) Conservar y proteger los tramos en mejor estado ecológico, por no estar regulados, contener especies de especial interés asociadas al medio fluvial o representar paisajes sobresalientes
- (3) Conservar, proteger o restaurar los tramos que en la actualidad representan refugio de especies para su reclutamiento en otros tramos, o incrementan significativamente la conectividad del hábitat de ciertas especies de interés
- (4) Restaurar los tramos con mayor potencial recreativo o donde se maximicen los servicios ambientales de índole económica y social

(5) Restaurar los tramos con mayor problemática hidrológica y riesgo de inundación

(6) Restaurar los tramos donde se maximice la relación coste/beneficio de la restauración, las posibilidades de educación ambiental y aprendizaje colectivo o repercutan en un mayor número de usuarios.

Algunos de estos objetivos pueden alcanzarse de forma simultánea, como conservar los tramos en mejor estado ecológico y los que actúen de refugio de especies, mientras que otros pueden resultar antagónicos, como restaurar los tramos en mejor estado ecológico y los que ofrecen mayor potencial recreativo.

Decantarse por una línea de actuación u otra va a condicionar el grado de priorización de los tramos a restaurar, el “por dónde empezamos”, y por ello es necesario que esta formulación de objetivos e intencionalidad de la Estrategia de restauración quede muy clara y acordada entre todos los actores desde el inicio de su desarrollo.

La formulación de objetivos debe ir acompañada de una enumeración de metas a conseguir concordantes con los objetivos propuestos. Estas metas, que se refieren a logros concretos en la trayectoria de restauración, se deben plantear a diferentes escalas de tiempo, a corto, medio y largo plazo, puesto que la respuesta del ecosistema fluvial a las intervenciones realizadas puede ir variando a lo largo del tiempo. Las metas propuestas deben corresponder al logro de umbrales de ciertos indicadores fácilmente medibles, y a su vez deben de servir para caracterizar la evolución de la integridad ecológica y socio-económica de los ecosistemas fluviales restaurados.

Por último, concluir que la formulación de objetivos debe responder a procesos conjuntos de información y participación entre los actores de la Estrategia. Una formulación inicial por parte de los gestores y actores de la administración, con el asesoramiento de la comunidad científico-técnica, debe ser explicada y justificada a los agentes sociales y al público en general, para lograr una toma de decisiones conjunta. En este caso se trata de un problema de valoración de preferencias, en el que los sistemas de apoyo a la toma de decisiones resultan esenciales para utilizar el conocimiento disponible y estructurar los diferentes puntos de vista y actitudes de los agentes sociales. Dichos métodos facilitan la eficiencia y la transparencia en la comunicación (Richter *et al.*, 2007; 2015) y han sido utilizados en numerosas experiencias similares a la que se propone en el seno de la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid (ej. Perni *et al.*, 2011)

5. PRIORIZACIÓN DE TRAMOS A RESTAURAR

5.1. CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

Una vez acordados los Objetivos de la Estrategia de restauración, es el momento de abordar la priorización de los tramos donde actuar, siendo muy diferentes los sistemas y criterios que se pueden utilizar para establecer dicha priorización.

La necesidad de actuaciones de rehabilitación y mejora de los ríos de la Comunidad de Madrid afecta en mayor o menor medida a toda su red fluvial, y es necesario establecer criterios objetivos para decidir el orden en que se aborden los respectivos trabajos, a través del cual se puedan programar adecuadamente los respectivos presupuestos dedicados a la restauración, el desarrollo de actividades en el tiempo y en el espacio, y los plazos previstos para el logro de los Objetivos propuestos.

Muchos autores, entre ellos Beechie *et al.* (2008), Angelopoulos *et al.* (2015) o Ioana-Toroimac *et al.* (2017), proponen diferentes metodologías de priorización de los trabajos de restauración, respondiendo a diferentes criterios de valoración de la prioridad de cada tramo que podrían resumirse como sigue:

- Según el tipo de proyecto, en relación a la probabilidad de que las medidas propuestas tengan éxito y la restauración sea más duradera en el tiempo. En este sentido, los tramos donde las actuaciones requeridas sean más sencillas y de mayor garantía, de respuesta más rápida y sus efectos perduren más, deberían ser los tramos más prioritarios.
- Según la relevancia del tramo como “refugio”. En este caso, los tramos donde con su restauración se consiguiera aumentar en mayor medida la conectividad para la dispersión de especies y la longitud de tramos en mejor estado ecológico deberían ser los prioritarios
- Atendiendo al interés de proteger una o determinadas especies o comunidades. En el caso de responder a objetivos de protección o recuperación de determinadas especies de especial interés (ej la pardilla como especie endémica de la Comunidad de Madrid), la prioridad se centraría en los tramos donde su restauración contribuyera en mayor medida a dichos objetivos
- Según criterios de coste-beneficio. En este supuesto, los tramos cuya restauración pudieran tener menos coste y mayor beneficio deberían ser los prioritarios.
- Utilizando sistemas de soporte a la toma de decisiones. Este tipo de enfoque se refiere a la utilización de herramientas semi-cuantitativas para priorizar los diferentes tramos, atendiendo a características ecológicas y socio-económicas que se priorizan mediante

el peso asignado a cada una de ellas y la evaluación de preferencias sociales de cada uno de los escenarios o actuaciones propuestas. Este enfoque es el que puede resultar más objetivo y transparente, aunque su implementación puede ser más compleja y la obtención de resultados mucho más lenta.

Para el desarrollo de la Estrategia de restauración de los ríos de la Comunidad de Madrid se propone llevar a cabo una metodología de priorización que integre todos estos enfoques, mediante la puesta en común entre todos los actores de la Estrategia (administración, comunidad científico-técnica y agentes sociales) de los criterios a considerar para la priorización, en nuestro caso de índole ecológica, económica y social, de los pesos dados a cada criterio, y de las características de partida de cada tramo en función de su valoración ambiental, ubicación y potencial económico y social.

En la Tabla 5.1 se indica la metodología propuesta de priorización de los distintos tramos para su restauración, incluyendo los diferentes criterios seleccionados. En primer lugar es necesario asignar a cada criterio un peso (W), según que dicho criterio se centre y sea determinante en mayor o menor medida para el logro de los Objetivos propuestos. El valor de este peso toma los valores de 1= indiferente para alcanzar el objetivo; 2 = influye para alcanzar el objetivo; 3 = es determinante para alcanzar el objetivo.

Posteriormente, para la priorización de los tramos fluviales es necesario decidir la puntuación (S) que alcanza cada tramo respecto a los diferentes criterios, la cual puede variar entre 1: muy poco favorable; 2: poco favorable; 3: medianamente favorable; 4: favorable; y 5: muy favorable, en función de las características iniciales del tramo en cuanto a su estado ecológico, ubicación, coste global que pueden suponer las medidas necesarias o las características sociales del tramo, dificultad de su implementación, etc. Tanto el coste global como las características sociales del tramo deben haber sido estimados de forma categórica (valor muy alto, alto, medio, bajo o muy bajo) en función de la valoración ambiental previa de cada tramo y de las medidas previsibles para su mejora.

La suma total del conjunto de puntuaciones alcanzadas en cada tramo, atendiendo al peso asignado a cada criterio y a las condiciones particulares del tramo, representa un valor numérico a través del cual se puede establecer un rango de prioridad de actuación para el conjunto de los tramos fluviales valorado. El rango de priorización así obtenido resulta objetivo y responde a un proceso transparente, fruto de acuerdos previos entre los actores intervinientes respecto a los objetivos a alcanzar, criterios de priorización, peso asignado a cada criterio y valoración general de los respectivos tramos. A su vez, disponer de una tabla de priorización como la expuesta (Tabla 5.1) facilitará la comunicación y los debates con los agentes sociales y la justificación de las decisiones, si los criterios y pesos asignados han sido previamente consensuados, y las puntuaciones del tramo respecto a cada criterio han sido a su vez valoradas a través de indicadores fácilmente medibles o comprobables.

Finalmente, concluir que el proceso de priorización de las intervenciones de restauración podría establecerse a dos niveles o escalas espaciales, priorizando en primer término los ríos a

restaurar, y en segundo término los tramos a restaurar dentro de cada río. Este enfoque jerárquico de la priorización de “dónde actuar”, iniciado por ríos y después por tramos, podría facilitar el enfoque de las actuaciones a escala de cuenca vertiente, y con ello lograr una mayor eficiencia no solo en términos ecológicos sino también en términos sociales y económicos en relación a los procesos de información y participación.

Tabla 5.1.- Criterios y sistema de priorización de los tramos a restaurar propuesta en la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid.

RÍO :	TRAMO:		
CRITERIO	PESO (W)	PUNTUACIÓN (S)	TOTAL = W* S
ECOLÓGICO			
Número de especies de interés presentes en el tramo			
Longitud de río conteniendo especies de interés tras la restauración			
Estado físico-químico del tramo			
Estado hidromorfológico del tramo			
Estado de la cuenca vertiente, presiones e impactos			
Pertenencia a un espacio protegido			
Certidumbre en el logro de mejora ecológica propuesta			
ECONÓMICO			
Coste de las medidas a implementar			
Coste de mantenimiento del tramo restaurado			
Coste de oportunidad del proyecto			
Impacto económico del tramo restaurado			
Posible creación de puestos de trabajo con la restauración			
Solución a problemas asociados con repercusión económica			
Facilidad de financiación			
SOCIAL Y DE SERVICIOS AMBIENTALES			
Apoyo de los agentes sociales a la restauración del tramo			
Mejora en las condiciones frente a crecidas y desbordamientos			
Mejora de la autodepuración de las aguas			
Uso recreativo			
Potencial de mejora de salud y bienestar de poblaciones cercanas			
Accesibilidad y/o Proximidad física a núcleos urbanos			
Impacto en la Educación ambiental			
TOTAL PUNTUACIÓN DE PRIORIZACIÓN DEL TRAMO			

5.2. INFORMACIÓN RELEVANTE PARA LA PRIORIZACIÓN DE LOS TRAMOS A RESTAURAR

Para poder aplicar los criterios de priorización recogidos en la Tabla 5.1 es necesario contar con una información previa de los tramos fluviales, al menos cualitativa, en relación a (1) su estado actual, como punto de partida de su restauración; (2) su ubicación geográfica, en relación a su pertenencia a espacios protegidos, distancia a núcleos urbanos, etc., y (3) el posible coste en términos relativos o la dificultad de su rehabilitación en relación a posibles barreras sociales, intereses económicos, etc.

En la figura 5.1 se muestra el grado de funcionalidad hidromorfológica analizado en el estudio anterior realizado por González del Tánago *et al.* (2016a) para la Comunidad de Madrid, que puede servir como indicador inicial del punto de partida de cada tramo para su restauración. Para la estimación de esta funcionalidad hidromorfológica se han considerado los criterios que aparecen en la Tabla 5.2, los cuales han sido valorados de 0 a 5 según que el tramo presente mínima o máxima funcionalidad, respectivamente, en relación al criterio correspondiente.

Tabla 5.2.- Criterios utilizados para estimar la funcionalidad hidromorfológica de los ríos de la Comunidad de Madrid

Régimen de caudales	Variabilidad anual e interanual de los caudales
Suministro de sedimentos	Conectividad del cauce con laderas adyacentes (ríos confinados) o llegada de afluentes con transporte de sedimentos gruesos (ríos no confinados)
Espacio fluvial	Anchura y continuidad de la llanura de inundación activa
Movilidad fluvial	Frecuencia de retraimiento de las orillas y procesos de meandrización
Tipología del cauce	Trazado en planta en relación a la tipología y pendiente del valle
Forma y unidades morfológicas del cauce	Formas del lecho y orillas consistentes con la tipología del tramo
Naturalidad del substrato	Heterogeneidad de tamaños del substrato y disposición en el lecho y orillas
Madera muerta	Presencia de madera muerta y unidades morfológicas asociadas
Continuidad del corredor ripario	Longitud del tramo con vegetación asociada al río
Dimensiones del corredor ripario	Anchura de la banda de vegetación asociada al río en relación a la anchura del cauce
Funcionalidad del corredor ripario	Bandas funcionales de vegetación riparia respondiendo a los procesos de erosión, sedimentación, inundación y humedad del suelo
Sucesión del bosque ripario	Regeneración de especies pioneras y diversidad de edades de las especies leñosas de la vegetación riparia

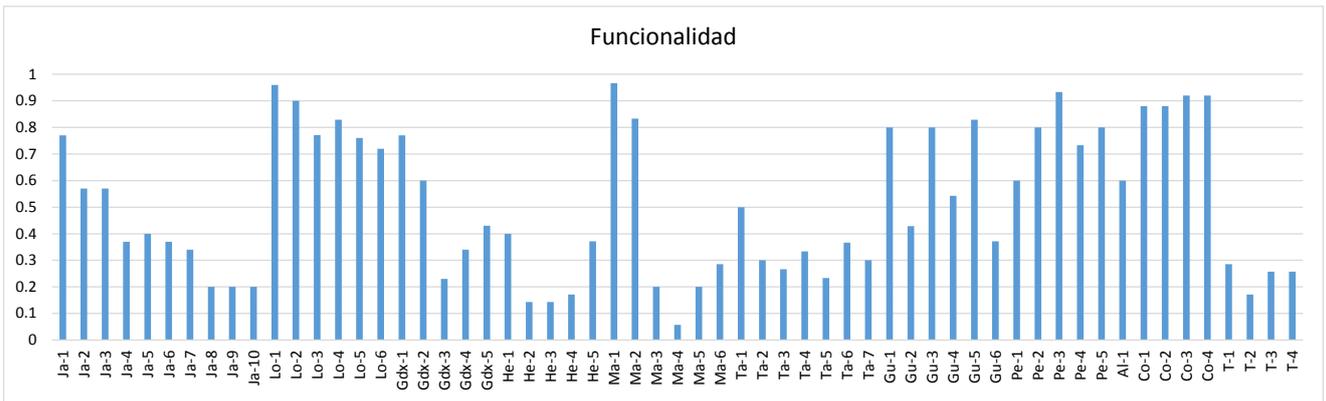


Figura 5.1.- Grado de funcionalidad relativa a la máxima potencial valorada en los distintos tramos fluviales analizados.

Como complemento a esta información del estado de los ríos como punto de partida para su restauración, se incluye el mapa de las masas de agua clasificadas como “muy modificadas” (fuente: www.chtajo.es) que aparece en la figura 5.2, donde indudablemente el logro de su mejora ambiental implica una mayor complejidad.

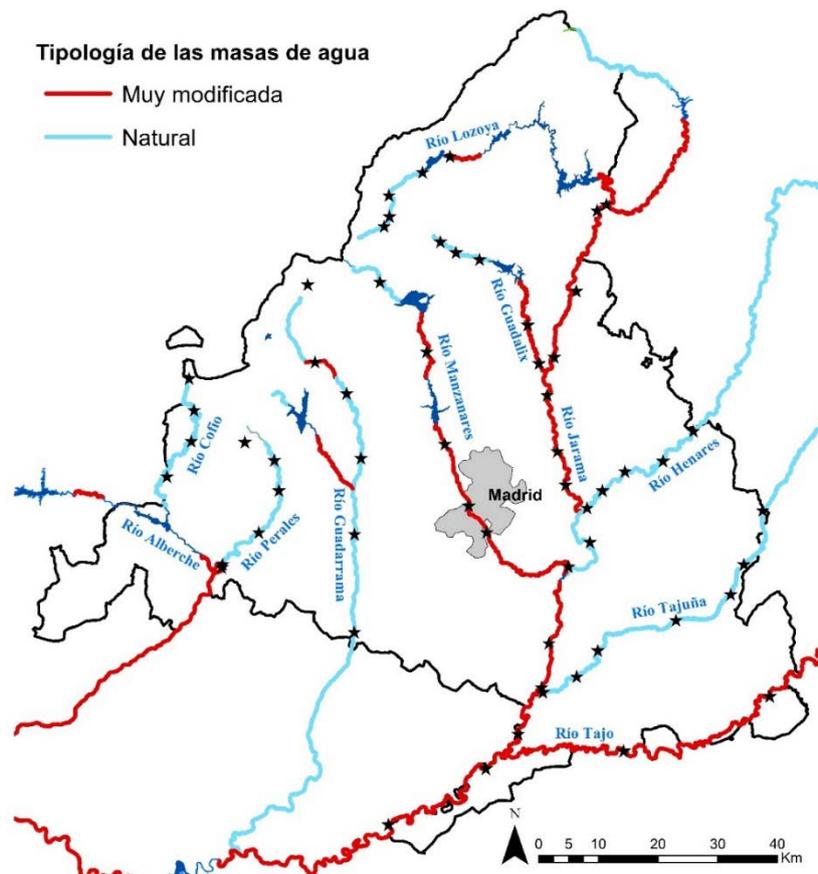


Figura 5.2.- Clasificación de las masas de agua de la Comunidad de Madrid según su grado de alteración (“Natural vs. Heavily modified water body” según la Directiva Marco del Agua).

En la Figura 5.3 se muestra la ubicación geográfica de los distintos espacios protegidos de la Comunidad de Madrid y la de los tramos fluviales estudiados, mostrando su pertenencia o no a los mismos. Se comprueba que una importante longitud de la red fluvial de la Comunidad pertenece o incluso es el objeto de figuras de protección, como es el caso del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama y su entorno, o Parque Regional del Sureste incluyendo los Ejes de los cursos Bajos de los ríos Jarama y Manzanares. Esta pertenencia a los espacios naturales protegidos debe ser considerada en la priorización de los tramos a restaurar, así como la de ubicarse en extensas áreas consideradas Lugares de Interés Comunitario (LIC's), como sucede en el caso de los ríos Cofio y Perales.

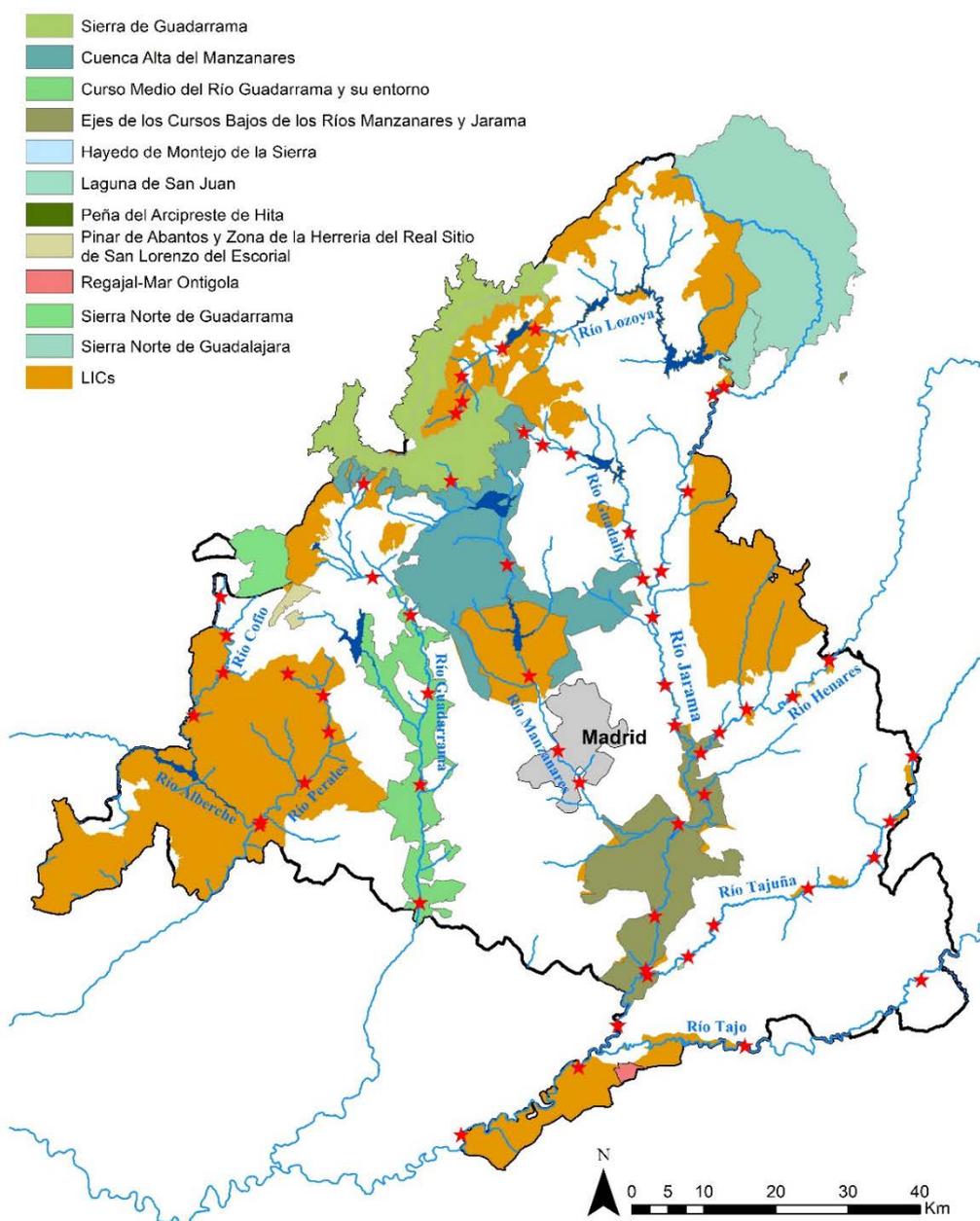


Figura 5.3.- Ubicación de los Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad de Madrid y distribución de los tramos (marcadores rojos) donde se ha llevado a cabo el estudio de las condiciones hidromorfológicas.

6. DESARROLLO DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN

La implementación de la Estrategia de restauración de los ríos de la Comunidad de Madrid se debe abordar a través de proyectos concretos de actuación en los distintos tramos fluviales (ver Figura 2.3). A continuación se detallan algunas de las principales etapas que deben formar parte del desarrollo de estos proyectos, haciendo especial énfasis en el análisis de la problemática particular de cada tramo, surgida en un contexto hidrológico y socio-económico que puede ser muy diferente en cada río, y dentro de cada río muy diferente en cada tramo; la formulación de objetivos ante diferentes escenarios, que también deben ser específicos para cada tramo; la selección de medidas o actuaciones a llevar a cabo, en función de los objetivos y del estado actual del tramo; y la evaluación de los resultados en función de los objetivos propuestos para el tramo restaurado.

6. 1. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

Escalas espaciales y temporales para el estudio de la problemática del tramo

Siguiendo los principios básicos en que se basa la Estrategia de restauración de ríos propuesta (ver capítulo 1, apartado 1.2), la intervención en cada tramo va a exigir un estudio detallado de su problemática a diferentes escalas espaciales, que incluya también una retrospección histórica de su evolución a lo largo de las últimas décadas. Los resultados de este análisis van a permitir interpretar adecuadamente el estado actual del tramo en relación a las presiones e impactos acaecidos hasta la fecha, y predecir cuál va a ser su evolución futura ante las posibles medidas de restauración, que en nuestro caso van a significar la eliminación de algunas o todas las presiones e impactos existentes, o la mitigación de sus efectos. Por otra parte, este estudio detallado de la problemática de cada tramo, identificando causas y respuestas fluviales, va a permitir valorar también la existencia de factores que actúan a una escala superior a la de restauración del tramo fluvial (ej. cambio de coberturas y usos del suelo en la cuenca, cambios hidrológicos, sociales, etc), que también están incidiendo en el estado actual del tramo y en su evolución.

En la figura 6.1 se muestran las diferentes escalas espaciales que se proponen para analizar la problemática de cada tramo fluvial, y los respectivos procesos e indicadores a través de los cuales se puede interpretar adecuadamente dicha problemática (González del Tánago *et al.*, 2016b). Con mucha frecuencia, las principales causas del estado de un tramo se deben a

intervenciones o procesos que actúan a una escala de mayor rango espacial, y por ello es importante tener una visión global del tramo en estudio, el cual forma parte de un determinado segmento fluvial, cuyas características dependen a su vez del estado hidrológico de su cuenca vertiente.

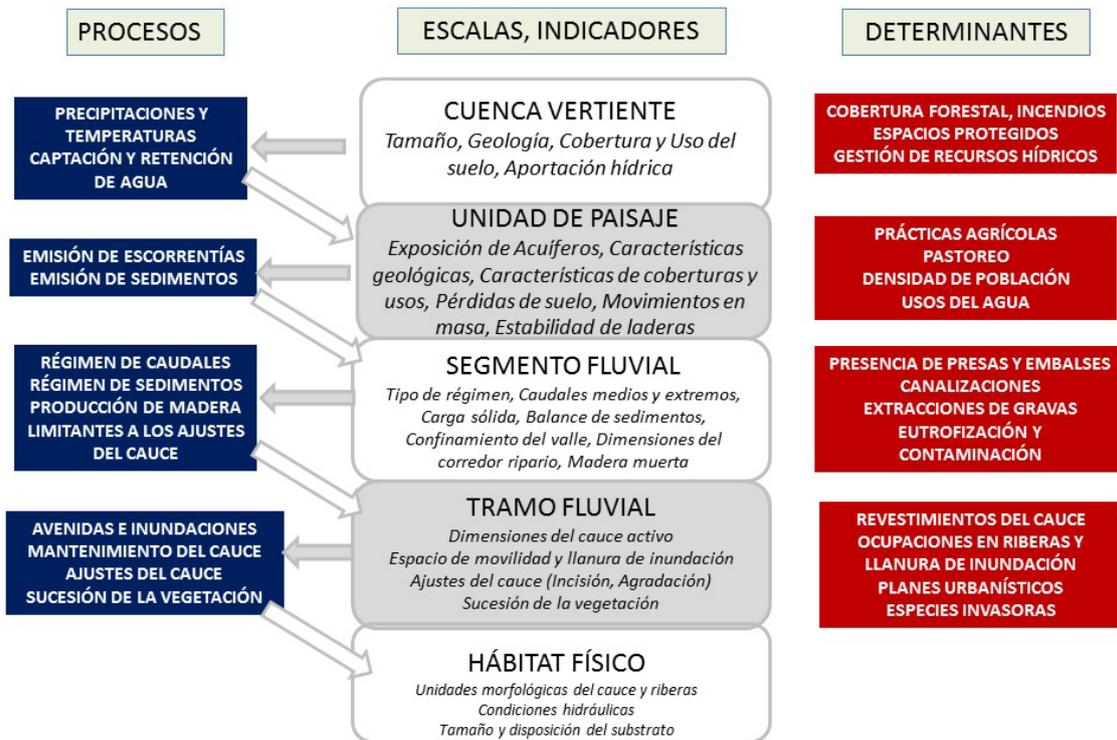


Figura 6.1.- Principales procesos hidro-morfológicos, escalas espaciales y características e indicadores propuestos para analizar los tramos fluviales. Las flechas indican la relación en cascada que se mantiene en los ríos entre procesos y características, a través de la cual los procesos que actúan a una determinada escala vienen determinados por los indicadores de la escala superior, e influyen en las características o indicadores de la escala inferior.

Lo mismo sucede con las escalas temporales, en el sentido de que lo que se observa en la actualidad en cuanto a formas y procesos de un determinado tramo fluvial responde no solo a las intervenciones actuales en dicho tramo, sino también a intervenciones pasadas que han generado ajustes geomorfológicos en ese tramo o en otros hidromorfológicamente conectados.

Para llevar a cabo este estudio integrado del tramo fluvial, abarcando diferentes escalas espaciales y temporales, es necesario analizar su evolución a través de fotografías aéreas de diferentes épocas. En la figura 6.2 se muestran las fases propuestas para llevar a cabo el estudio completo del tramo objeto de proyecto, y la elaboración de un pronóstico válido para abordar su restauración.

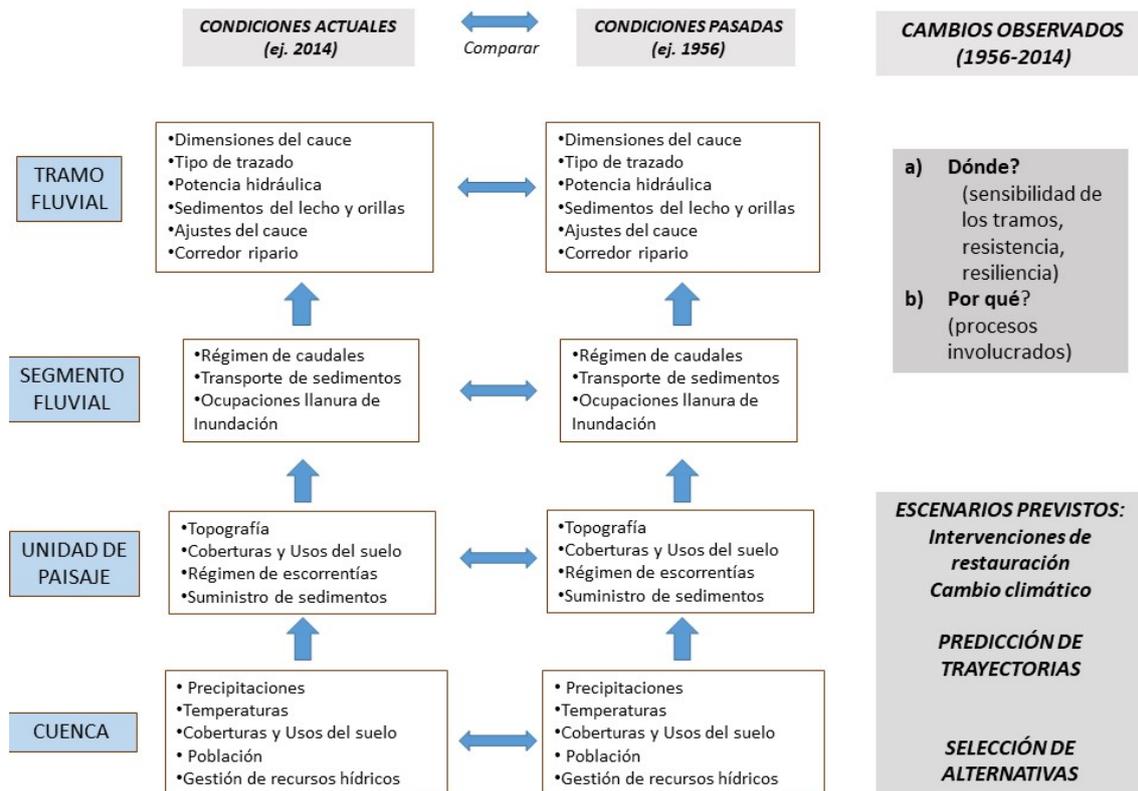


Figura 6.2.- Metodología propuesta para el análisis de la problemática de los distintos tramos fluviales, facilitando su interpretación y la propuesta de alternativas ante diferentes escenarios posibles.

Formulación de Objetivos

La comparación de las diferentes características observadas en cada periodo de tiempo, y la relación de los cambios observados con las presiones e impactos acaecidos en el intervalo entre periodos considerados, permite discernir cuál ha sido la respuesta del río a tales presiones e impactos, y cuál puede ser su trayectoria ante diferentes escenarios de restauración (ej. remoción de presas o azudes, retirada de motas, etc.). En la predicción de esta trayectoria futura es necesario considerar un contexto de cambios globales que previsiblemente van a afectar al tramo, como cambios en el régimen de precipitaciones, temperaturas, coberturas y usos del suelo, nuevas políticas económicas, ambientales, etc.

A través de estas predicciones sobre la respuesta del río ante escenarios posibles, se podrán plantear objetivos realistas de restauración para cada tramo fluvial, y seleccionar las actuaciones más adecuadas para alcanzar la progresiva mejora de los diferentes ecosistemas fluviales.

La figura 6.3 trata de resumir el proceso a seguir en la formulación de objetivos a escala de tramo fluvial. Dicha formulación debe fundamentarse en un conocimiento detallado del pasado del río, del presente y de su posible futuro ante cambios globales e intervenciones futuras. A su vez, las metas a alcanzar con la restauración van a estar condicionadas por limitaciones económicas, intereses de agentes sociales, normativas institucionales, etc., y al mismo tiempo deben responder a las expectativas del público en general en el momento de abordar los trabajos correspondientes.

En cualquier caso, los objetivos así establecidos deberán estar enfocados en último término a la restauración de los procesos fluviales (funcionamiento del río como ecosistema) y con ellos la de las formas del cauce y estructura de las comunidades biológicas, sin olvidar la finalidad de maximizar los servicios ambientales de los ríos restaurados en cuanto a su potencial recreativo, económico y social.

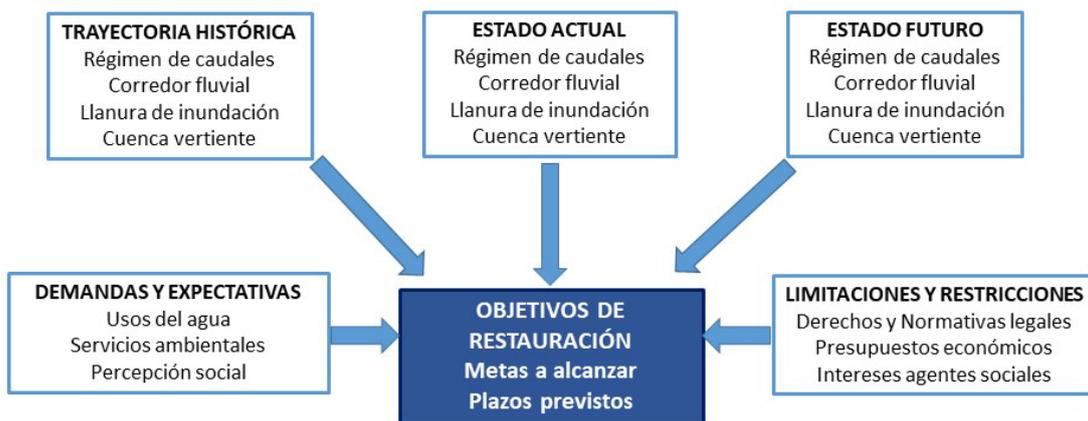


Figura 6.3.- Consideraciones sobre las que se deben formular los objetivos de restauración, las metas a alcanzar y los plazos previstos.

6. 2. MEDIDAS POSIBLES DE RESTAURACIÓN

Atendiendo al concepto de restauración de ríos en su sentido más amplio, como una “ayuda a la recuperación de la integridad de los ríos en términos de procesos hidro-geomorfológicos y ecológicos a través de intervenciones humanas” (Palmer & Laub, 2009), son muchos los tipos de medidas que se pueden plantear para esta asistencia a la recuperación fluvial (González del Tánago y García de Jalón, 2007; Roni et al., 2013; Speed et al., 2013; González et al., 2015; etc.).

En último término, se trataría de lograr que el funcionamiento de los ríos respondiera a unas condiciones cada vez menos intervenidas por la acción del hombre, con el fin de revertir el proceso de degradación causado por las diferentes presiones e impactos, y que dichas condiciones resultaran lo más parecidas a las de épocas o periodos en que dichas presiones e impactos no existían o eran poco significativas.

Ello se puede lograr mediante intervenciones físicas, con estrategias activas o pasivas de restauración, pero también se puede lograr a más largo plazo con medidas legislativas o educativas que también deberían formar parte de una Estrategia de restauración fluvial, al resultar indispensables para influir en la gestión y en la actitud de la sociedad frente a los ríos, contribuyendo a evitar su deterioro y promover su restauración y conservación.

En la Tabla 6.1 se muestran los principales tipos de medidas y actuaciones que pueden plantearse para la restauración de los ecosistemas fluviales de la Comunidad de Madrid, diferenciando las estrategias de restauración “pasivas”, donde se trataría de eliminar la causa de degradación favoreciendo que fuera el propio río el que fuera recuperando su forma y estructura con el paso del tiempo (ej. Groll, 2017), frente a las estrategias “activas”, donde se consideran actuaciones directas para conseguir de forma inmediata la forma o estructura deseada.

En relación a las medidas de tipo hidromorfológico, como actuaciones se han considerado en primer lugar las que afectan a los flujos de agua y sedimentos, con actuaciones en el cauce (ej. crecidas controladas) o en la cuenca vertiente (ej. infiltración de escorrentías pluviales urbanas); y en segundo lugar las que afectan a la morfología del cauce.

Respecto a las medidas de tipo físico-químico, nos referimos a la mejora de la calidad de las aguas a través del control de la contaminación puntual y difusa (ej. creación de bandas “buffer” para la retención de sedimentos y nutrientes), y a través de sistemas de depuración de aguas residuales de tipo convencional o alternativas como el riego de espacios forestales controlados.

Finalmente, como medidas de tipo biológico habría que incluir todas las actuaciones mencionadas para la mejora de las condiciones hidro-morfológicas del cauce y la mejora de la calidad de las aguas, además de las que se especifican en la tabla como actuaciones más concretas enfocadas directamente a la composición y estructura de las comunidades acuáticas.

Tabla 6.1.- Tipos de medidas, estrategias y actuaciones físicas que se proponen para el desarrollo de la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid. En celdas grises aparecen medidas a escala de cuenca vertiente.

TIPO DE MEDIDA	ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN	ACTUACIÓN
HIDRO-MORFOLÓGICA	PASIVA Eliminación de la causa Disminución del grado de alteración	Eliminación de presas, azudes
		Eliminación o retraimiento de motas
		Eliminación de escolleras o revestimientos
		Remoción de sedimentos depositados en orilla y riberas
		Eliminación de diques para el control de la erosión en arroyos y torrentes
		Disminución de la abstracción de agua del río
		Disminución de la extracción de agua subterránea
		Disminución del consumo de agua
		Gestión alternativa de los vertidos de plantas de depuración de aguas residuales
	ACTIVA Mantenimiento de la causa Mitigación de sus efectos	Régimen ambiental de caudales
		Crecidas controladas
		Suministro de sedimentos al cauce
		Infiltración de las escorrentías pluviales urbanas
		Recuperación de antiguos meandros
		Creación de cauces secundarios
		Renaturalización de las secciones transversales
		Renaturalización del lecho
		Mejora del hábitat
DEL CORREDOR RIPARIO	PASIVA	Crecidas controladas
		Mejora de las condiciones de infiltración en el fondo de valle
		Control del pastoreo
		Control de la erosión de la cuenca
	ACTIVA	Plantaciones
FÍSICO-QUÍMICA	PASIVA	Diseño de bandas "buffer" en riberas
		Control de vertidos
		Infiltración de escorrentías pluviales urbanas
	ACTIVA	Plantas depuradoras convencionales
		Filtros verdes
BIOLÓGICA	PASIVA	Régimen ambiental de caudales
		Mejora de la morfología del cauce
		Mejora del hábitat
		Eliminación de barreras a la conectividad
	ACTIVA	Creación y mejora del hábitat
		Reintroducción de especies
		Control de especies invasoras

Las medidas mostradas en la Tabla 6.1 son generales y podrían aplicarse a numerosos tramos fluviales de la Comunidad de Madrid. Pero es evidente que a escala de cada proyecto de restauración, referido a un tramo concreto de río, podrán surgir muchas otras medidas alternativas y complementarias, que serán más específicas y mejor enfocadas a la peculiaridad del tramo en cuanto a su problemática y contexto histórico y social.

Por otra parte, habría también que considerar otra serie de actuaciones complementarias con fines de uso recreativo de los ríos, que por no representar “a priori” medidas de mejora de su estado ecológico no se han incluido en la Tabla 6.1. En este caso se trataría del conjunto de medidas potenciales enfocadas especialmente a organizar adecuadamente los accesos a las zonas recreativas controladas, la señalización de las mismas, la recogida de basuras, el mantenimiento de las infraestructuras y, por último, las medidas administrativas de gestión de usuarios.

Con una visión más general que la reflejada en la Tabla 6.1 se ha preparado la Tabla 6.2 donde se muestran las medidas posibles de restauración de los ríos según la escala espacial a la que corresponden.

Adicionalmente a estas medidas de tipo “físico”, habría que añadir otras medidas de tipo “legislativo”, que contribuirían a evitar o prevenir daños adicionales en los ríos de la Comunidad de Madrid; así como otras medidas de tipo “educativo” para mejorar la percepción de los ríos y el aprendizaje colectivo sobre los mismos, que a más largo plazo serían las más efectivas para prevenir deterioros y adaptar políticas de restauración y conservación. En la Tabla 6.3 se han recogido algunas de estas medidas, que deberían ser ampliadas y completadas con la colaboración de los diferentes actores de la Estrategia de restauración.

Tabla 6.2.- Tipología de medidas de restauración de tramos fluviales de aplicación a los ríos de la Comunidad de Madrid (Modificado de Speed *et al.*, 2016).

Elemento del río	Tipo de Medida	Finalidad	Ejemplos de actuaciones específicas	
			Restauración activa/directa	Restauración pasiva/indirecta
Cuenca	Ordenación del territorio / Gestión del paisaje	Mejorar la emisión de escorrentías, sedimentos, materia orgánica, etc. de la cuenca a los cauces	Cambios de coberturas y usos del suelo (ej. reforestaciones) Medidas de control de la erosión, conservación de suelos Ordenación del pastoreo Declaración de espacios protegidos Pavimentos filtrables e infiltración forzada en áreas urbanizadas	Políticas y subvenciones agrarias, planificación urbanística, protección del paisaje, etc. Impuestos al territorio sellado
Régimen de caudales (agua, sedimentos)	Mejora de los flujos de agua	Recuperar la estacionalidad, frecuencia y magnitud de crecidas y estiajes Incrementar la variabilidad interanual del régimen Conectar el cauce con su ribera y llanura de inundación Potenciar la regeneración natural de la vegetación riparia	Demolición de presas Implementación de regímenes de caudales ambientales Crecidas controladas Rescisión de concesiones de agua Restricciones a la extracción de aguas subterráneas	Normativas de gestión de presas Precio del agua Repercusión de costes ambientales de la regulación de caudales Políticas de fomento al ahorro en el consumo de agua Gestión alternativa de los efluentes de las depuradoras (ej. riegos de zonas verdes)
	Gestión de escorrentías urbanas pluviales	Atenuar la llegada de escorrentías de tormenta a los cauces Aumentar la humedad del suelo en los espacios verdes urbanos	Medidas de retención de agua, tanques de tormenta Infiltración forzada en zonas urbanizadas, drenajes permeables Remoción de pavimentos impermeables, disminución de áreas selladas	Planeamiento urbanístico
	Aporte de sedimentos al cauce	Recuperar suministro y transporte de sedimentos a lo largo del cauce	Demolición de presas Remoción/permeabilización de azudes	Normativas de mantenimiento y limpieza de azudes

		Recuperar la continuidad longitudinal y conectividad de los hábitat	Eliminación de protecciones del cauce Aporte de gravas	Restricciones a la extracción de gravas Restauración de graveras
	Reconexión de la llanura de inundación	Reducir el riesgo de avenidas aumentando la capacidad de disipación de las crecidas en el interior del espacio fluvial Aumentar la conectividad transversal del cauce con su corredor ripario	Retranqueo o eliminación de motas Remoción de infraestructuras que obstaculicen los desbordamientos o aumenten su riesgo Creación de cauces secundarios Recuperación de antiguos meandros	Ordenación de usos en la llanura de inundación Restricciones a las explotaciones de gravas Restauración de graveras
Morfología del cauce	Recuperación de procesos fluviales y movilidad del cauce	Recuperar formas y diversidad morfológica Detener procesos de incisión	Retirada de motas Retirada de revestimientos del cauce, escolleras, gaviones, etc. Ampliación de la anchura del cauce activo, recuperación de cauces laterales Renaturalización de las secciones transversales del cauce Instalación de rampas o controles de erosión del lecho Aporte de gravas al cauce	Adquisición de terrenos adyacentes a los cauces Restricciones a las excavaciones, instalación de infraestructuras o servicios en la llanura de inundación
		Detener procesos de agradación	Crecidas controladas Excavaciones y retirada de sedimentos en márgenes Creación de bandas "buffer" de vegetación en torno a los cauces	Control de la erosión en márgenes Buenas Prácticas agrícolas
Corredor ripario	Recuperación del corredor ripario	Mejorar las dimensiones y continuidad del corredor Mejorar la composición y estructura del bosque ripario	Crecidas controladas Limpiezas de cauce y orillas Eliminación de especies invasoras Revegetación	Adquisición de terrenos Control del pastoreo Protección de sotos Control de ocupaciones

		Favorecer la regeneración natural de especies pioneras		Medidas de retención de agua en el fondo de valle
Hábitat acuático, Biodiversidad	Creación y mejora del hábitat	Aumentar la diversidad de condiciones hidráulicas en el cauce Mejora del sustrato	Crecidas controladas Introducción de troncos, piedras, etc Plantaciones de orilla Reconfiguración del cauce Aporte de gravas	Control de especies invasoras Introducción de especies
Calidad de las aguas	Gestión de vertidos y contaminación difusa	Disminuir la llegada de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes a los cauces	Creación de bandas "buffer" en torno a los cauces Creación de zonas de retención y asimilación de nutrientes por las macrofitas Redes separativas de escorrentías pluviales urbanas Filtros verdes	Buenas prácticas agrícolas y ganaderas Repercusión de costes ambientales por la contaminación puntual y difusa Vigilancia de vertidos
Paisaje fluvial	Mejora estética	Controlar el depósito de residuos sólidos urbanos, la estética de las infraestructuras, etc	Reconfiguración de pasos de cruce Limpieza de cauces y espacios riparios	Control de aliviaderos en crecida (emisión de flotantes al cauce) Educación ambiental Escuelas de alcaldes
Valor recreativo, educativo	Adecuación recreativa	Facilitar el uso recreativo de los ríos y su potencial educativo	Instalación de áreas recreativas Creación de senderos y pistas fluviales Adecuación de accesos y aparcamientos Señalización Sistemas de recogida de basuras Gestión de la vegetación riparia	Organización de jornadas educativas Descensos y rutas fluviales Parques fluviales urbanos Adopción de ríos por centros educativos, plataformas ciudadanas

Tabla 6.3.- Tipos de medidas y actuaciones de índole legislativa o educativa que se proponen para el desarrollo de la Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid. Dicha Tabla debe ser ampliada con la colaboración de los diferentes actores participantes.

TIPO DE MEDIDA	ACTUACIÓN
Legislativa, Administrativa, Normativa	Incentivos para el ahorro en el consumo de agua
	Recuperación íntegra de costes ambientales del uso del agua, incluyendo los costes ambientales de la regulación de caudales y los costes ambientales de la contaminación
	Restricciones al aprovechamiento de las gravas y sedimentos del río en riberas y llanuras de inundación
	Restricciones al dragado de cauces
	Restricciones a la ocupación agrícola en los márgenes fluviales
	Restricciones a la ocupación urbana en los márgenes fluviales
	Restricciones a la instalación de conducciones (gas, electricidad) en márgenes fluviales
	Restricciones al vertido de materiales inertes o de excavaciones en márgenes fluviales
	Creación de un catálogo de tramos fluviales de especial interés
	Creación de un catálogo de sotos sobresalientes
	Creación de una red de sendas fluviales de interés cultural
Educativa	Creación de páginas web informativas sobre los ríos de la Comunidad de Madrid
	Creación de un Observatorio de la calidad ambiental de los ríos de la Comunidad de Madrid
	Organización de Jornadas ecológicas en torno a los ríos
	Adopción de tramos fluviales por centros educativos
	Campañas de limpieza de ríos
	Actividades de ciencia ciudadana
	Planes educativos para el profesorado de enseñanza primaria y secundaria
	Escuelas de alcaldes
	Elaboración y publicación de textos informativos

6.3. LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN DE RÍOS

Como ya se ha comentado reiteradamente, son muchos los motivos por los que la participación pública resulta indispensable para el éxito de los proyectos de restauración fluvial. Por una parte, su diseño y ejecución implica una toma de decisiones basada tanto en criterios ecológicos como en criterios sociales. Mientras que para definir los criterios ecológicos se cuenta con un gran soporte científico de la Hidromorfología y Ecología fluvial, para establecer los criterios sociales es necesario contar con las opiniones de las personas afectadas y conocer las preferencias sociales de cada momento y lugar.

Por otra parte, las actividades que requieren dichos proyectos de restauración afectan en muchos casos a intereses particulares o a usos tradicionales de las márgenes fluviales. Adicionalmente, dichos proyectos son llevados a cabo por instituciones públicas, que actúan sobre terrenos o bienes de dominio público e invierten fondos públicos, y por ello requieren el soporte y la aceptación de todos los grupos sociales afectados.

La implicación de los agentes sociales en los proyectos de restauración de ríos desde el inicio de su diseño puede ser muy beneficiosa para completar y transmitir la información disponible de partida sobre la problemática de cada tramo, para proponer objetivos realistas y para facilitar con su colaboración la implementación de las medidas acordadas. La colaboración de voluntarios en tareas de seguimiento del estado y evolución de los ecosistemas fluviales, o el desarrollo de ciencia ciudadana en torno a los ríos y a los servicios ambientales que ofrecen, también resultan de gran ayuda a la hora de mantener y proteger los tramos restaurados, así como para prevenir deterioros adicionales y fomentar el desarrollo de nuevos proyectos de restauración.

Son muchos los trabajos disponibles para el diseño de procesos de participación (ver MMAyMRM, 2010). En el desarrollo de la participación pública es importante diferenciar los distintos grados de participación y las distintas funciones que deben desempeñar los actores implicados. Van Ast & Boot (2003) proponen la llamada “escalera de participación”, representada por diferentes escalones de interacción entre los agentes sociales y las entidades gestoras, tal y como aparece representada en la figura 6.4. Dicha escalera de participación es un indicador de la actitud de la administración hacia la participación pública, que se hace cada vez más intensa según se avanza en la forma de interactuar con los grupos sociales participantes.

En el escalón más bajo de la escalera no hay participación y los gestores toman las decisiones sin interactuar con el resto de la sociedad. El grado siguiente de participación corresponde a un estilo de gobernanza “autoritario”, donde los grupos sociales actúan únicamente como fuente de destino de “información” o de investigación. Un nivel siguiente de participación corresponde al “consultivo”, en el que los distintos grupos sociales son preguntados por la administración antes de que ésta tome las decisiones. Hasta este nivel puede decirse que no hay interacción mutua entre la administración, en nuestro caso los gestores de los ríos, y el resto de la ciudadanía. El siguiente escalón de participación se refiere a un estilo de gobernanza “participativo”, en el que la sociedad juega un papel de asesoría a la gestión. Un escalón más avanzado de participación correspondería al estilo de gobernanza “delegada”, en la que la administración delega en los diferentes agentes sociales algunas de las tareas y las decisiones se toman conjuntamente. El siguiente nivel sería el de gobernanza “cooperativa”, en el que los agentes sociales son miembros de los comités de decisión de la política, y finalmente, el nivel de participación más avanzado sería el de un estilo de gobernanza “facultativo”, en el que los actores sociales pasan a tener un papel muy activo en la propuesta y ejecución de las actuaciones realizadas (Van Ast & Boot, 2003).

NIVEL	ESTILO DE GOBERNANZA	PAPEL DEL PARTICIPANTE	
6	Facultativo	Iniciador de propuestas	Interactivo
5	Co-operativo	Socio co-operante	
4	Delegativo	Participa en toma de decisiones	
3	Participativo	Asesora	No Interactivo
2	Consultivo	Es consultado	
1	Autoritario abierto	Recibe información	
0	Autoritario cerrado	Ninguno	

Ascenso en el grado de interacción /
calidad de la participación

Figura 6.4.- Escalera de participación en los proyectos de restauración de ríos (Modificado de Van Ast & Boot, 2005).

Refiriéndonos en concreto a los proyectos contemplados en el seno de la Estrategia de Restauración propuesta, los procesos de participación deberían realizarse en varias etapas, incluyendo la de “preparación” del proceso participativo entre los agentes sociales y público interesado; la segunda de “información” para explicar con detalle el proyecto, que podría tener un nivel de convocatoria más amplio; la tercera de “deliberación” donde se pondrían en común el diagnóstico, los objetivos y metas a alcanzar, las actuaciones a realizar, etc., y la última de “difusión” de los resultados incluyendo los costes y beneficios, el plan de seguimiento y valoración, etc.

Alcanzar los niveles más altos de participación pública en los proyectos de restauración de ríos, en los que los agentes sociales y plataformas ciudadanas participen y cooperen en las propuestas, o incluso sean ellos los que hacen dichas propuestas, reviste numerosas ventajas. En primer lugar, una participación activa de la sociedad aumenta la probabilidad de que se tomen decisiones acertadas (aumenta la información de partida), así como aumenta el grado de aceptación de tales decisiones (se conocen previamente sus efectos, sus costes y beneficios). En segundo lugar, a través de los procesos de participación se clarifican los conflictos de intereses y se pueden alcanzar acuerdos previos entre los agentes sociales afectados a través de compensaciones previamente establecidas, que sean favorables para todos ellos (acuerdos win-win).

No obstante, desde el punto de vista de la gestión administrativa, los procesos de participación alargan considerablemente la toma de decisiones y la ejecución de los proyectos, y se crea la posibilidad de que surjan opciones o acuerdos entre los agentes sociales que contradigan los objetivos iniciales de la administración. En este caso habrá que tener en cuenta la necesidad de

llevar a cabo programas informativos y educativos previos a la implementación de los proyectos, que sean consistentes con los objetivos de restauración y mejora ambiental de los respectivos tramos fluviales.

En este sentido, los programas de educación ambiental enfocada a un mejor conocimiento de cómo funcionan los ríos, cuáles son sus principales presiones e impactos, cuáles son sus efectos, y cuál es su problemática asociada al uso y gestión de los recursos hídricos, al precio del agua, a las limitaciones al uso y ocupación de las llanuras de inundación, etc., representan un eslabón indispensable para mejorar la sensibilidad de la sociedad hacia los ríos, la percepción de la problemática ambiental que presentan, y la disponibilidad a participar en las tareas de restauración, así como a contribuir en la prevención del deterioro y fomentar la conservación de los ecosistemas acuáticos.

La explicación pormenorizada y visualizada a través de figuras fácilmente comprensibles de las relaciones que existen entre presiones (actividades humanas como causas de deterioro), impactos derivados de las presiones (efectos en las condiciones hidromorfológicas, físico-químicas y biológicas del río), estado ecológico del río como consecuencia de las presiones e impactos, y posibilidades de mejora (medidas de restauración), debe ser previa a cualquier actuación de participación ciudadana tendente a conseguir la colaboración de los agentes sociales en los proyectos de restauración. Adicionalmente, la creación de páginas web informativas, la celebración de seminarios y conferencias abiertas al público en general, la participación en tertulias y programas de amplia difusión, o cualquier otra iniciativa de información y difusión pueden contribuir notablemente a incrementar el conocimiento colectivo sobre los ríos a restaurar, y a facilitar los acuerdos entre todos los agentes sociales necesarios para el buen desarrollo de las actuaciones propuestas.

Finalmente, la consulta sobre preferencias sociales de las distintas alternativas posibles para la mejora ambiental de los ríos, introduciendo los criterios ecológicos y socio-económicos correspondientes, así como la participación de los interesados en el seguimiento y evaluación de los proyectos realizados, puede asimismo contribuir a fomentar la co-responsabilidad de los mismos, una mayor eficiencia en las inversiones y una mayor transparencia en todos los procesos que implican.

7. EVALUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE RESTAURACIÓN DE RÍOS

7.1. INTRODUCCIÓN

Para conocer la evolución de los ríos y el grado de avance en la mejora de su estado ecológico es necesario llevar a cabo estudios periódicos de reconocimiento de dicho estado, así como evaluaciones también periódicas de los cambios acaecidos en sus características físicas y ecológicas como consecuencia de las intervenciones realizadas.

El “seguimiento” de los proyectos de restauración se refiere a estudios periódicos en los que se recogen datos de los diferentes atributos de los ríos en cuanto a su estructura y funcionamiento, mientras que la “evaluación” de los proyectos se refiere a la comprobación de la eficiencia de los trabajos realizados y a la verificación del cumplimiento de los objetivos propuestos.

Ambas tareas, de seguimiento y de evaluación, son fundamentales para conocer la respuesta de los ríos a las actuaciones implementadas, y la eficacia de las mismas para alcanzar su mejora ecológica. En su conjunto permiten estimar el grado de éxito de los proyectos realizados en los respectivos programas de la Estrategia de restauración propuesta, y avanzar en su desarrollo adaptándola según los resultados obtenidos y según vayan surgiendo nuevos problemas, o nuevas condiciones del funcionamiento ecológico de los ríos o de su entorno socio-económico.

Son numerosos los trabajos donde se pone de manifiesto el interés de llevar a cabo estas tareas de seguimiento y evaluación de los proyectos de restauración de ríos, con el fin de realizar las inversiones y diseñar las actuaciones cada vez con mayor eficiencia y acierto (ej. Roni *et al.*, 2013; Angelopoulos *et al.*, 2015, etc). Dichas tareas deben de estar contempladas desde el inicio de cada proyecto de restauración en particular, y de la Estrategia de restauración en general (ver figura 2.3), y contar con los recursos económicos y plazos adecuados para su correcto desarrollo.

La Confederación Hidrográfica del Tajo dispone de redes de seguimiento de las características físico-químicas de las aguas y del valor de algunos índices bióticos (ver Tabla 3.4 de este documento) que aportan una información muy valiosa sobre el estado de los ríos y permiten hacer un seguimiento de su evolución. No obstante, en dichas redes son relativamente escasos los puntos de control pertenecientes a la Comunidad de Madrid, y en ellos no se dispone de una información detallada sobre las condiciones hidromorfológicas de los ríos, por lo que resulta conveniente completar las tareas de seguimiento y evaluación de los tramos en que se lleven a cabo los respectivos proyectos de restauración.

La Tabla 7.1 muestra los distintos enfoques que pueden tener los estudios de seguimiento de los ríos, con cuyos resultados puede realizarse la evaluación de los trabajos realizados. En este sentido es necesario diferenciar el seguimiento básico, que sería el realizado por las redes de vigilancia y control de la Confederación Hidrográfica del Tajo, del seguimiento de la evolución o tendencia de los ríos, que exigiría comparar los diferentes estados a lo largo del tiempo, del seguimiento de la eficacia de los trabajos de restauración, comprobando la respuesta en procesos hidromorfológicos y comunidades biológicas, o del seguimiento de validación de los trabajos, verificando que las hipótesis de partida de dichos proyectos fueron correctas.

Tabla 7.1.- Tipos de seguimiento de los ríos incluyendo los aplicados a los proyectos de restauración (Modificado de Roni *et al.*, 2013).

TIPO DE SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Básico	Recogida periódica de datos sobre características físico-químicas y biológicas de los ríos	Redes de calidad de las aguas Censos de especies
Estado del río	Caracterización del estado físico y biológico del río en un determinado tramo	Estudio del estado ecológico de un determinado tramo
Tendencia	Cambios en las condiciones físicas o biológicas	Estudio de la evolución de un tramo a lo largo del tiempo
Implementación	Comprobación de la ejecución de las tareas contempladas en el proyecto de restauración	Medición de los metros de mota demolidos, o verificación de la demolición de un azud
Eficacia	Comprobación de que las obras realizadas han sido efectivas y con ellas se han logrado los resultados deseados	Seguimiento del reclutamiento de pioneras posterior a la demolición de motas, o de las migraciones de peces tras la remoción del azud
Validación	Evaluación de las hipótesis planteadas en el proyecto respecto a causa-efecto (acción de restauración-respuesta del río)	Verificación de que el nuevo reclutamiento de pioneras o las migraciones de peces se deben a las intervenciones realizadas

7.2. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN-POST PROYECTO

El seguimiento y la evaluación de los proyectos de restauración que se proponen en esta ocasión se refieren a la comprobación de la eficacia de las actividades realizadas, y a la verificación del cumplimiento de los objetivos propuestos en cada caso.

Para llevar a cabo tanto el seguimiento como la evaluación de los trabajos de restauración es necesario definir unos atributos o indicadores, que permitan detectar la evolución y mejora del estado físico y biológico del río. Dichos atributos o indicadores deben ser fácilmente medibles o comprobables y deben ser expresados en términos cuantitativos, con el fin de tener mayor objetividad en su estimación. A su vez, deben quedar definidos desde el inicio de los respectivos proyectos de restauración, siendo consecuentes con las actuaciones que se proponen y con lo que se espera alcanzar de las mismas.

Si bien los atributos o indicadores más adecuados van a depender de los objetivos y obras realizadas en cada caso, de forma general se pueden proponer una serie de indicadores que reflejan la integridad ecológica del tramo fluvial (hidromorfológica, físico-química, biológica) y la integridad socio-económica a través de determinados servicios ambientales, tal y como se expone en la tabla 7.2 (Reichert *et al.*, 2007).

Para el correcto seguimiento de los proyectos de restauración y su posterior evaluación es necesario medir o cuantificar los atributos o indicadores expuestos en la Tabla 7.2 antes y después de la intervención, haciendo posible la comparación y la estimación de los efectos del proyecto. En ocasiones, la respuesta observada en los ríos o los cambios detectados a lo largo del tiempo no se deben solo al proyecto de restauración, sino a otros cambios de agentes o factores incontrolados que actúan a escalas de mayor rango que las referidas al proyecto (ej. cambios en el régimen de precipitaciones y temperaturas, cambios en los usos del suelo en la cuenca vertiente, etc). Por ello es conveniente considerar “tramos de referencia” para evaluar el efecto de las actuaciones realizadas, los cuales según las circunstancias pueden ser el mismo tramo antes de la intervención, u otros tramos hidromorfológicamente equivalentes, donde no se haya realizado ningún tipo de intervención. En este sentido, y para el caso de demolición de barreras transversales (azudes, presas), la comparación de las características del tramo aguas arriba supuestamente no afectado por el azud o presa con las del tramo aguas abajo afectado por la demolición es en la mayoría de los casos no válida, al corresponder en numerosas ocasiones a tipologías de valle o contextos hidromorfológicos muy diferentes.

Tabla 7.2.- Atributos o indicadores de la estructura y funcionamiento de los tramos fluviales que pueden utilizarse para evaluar los proyectos de restauración (Modificado de Reichert *et al.*, 2007).

CARACTERÍSTICA FLUVIAL	ATRIBUTO
Integridad hidromorfológica:	
Morfología del cauce y condiciones hidráulicas	Tipo de trazado en planta Granulometría del sustrato Coeficiente de variación de la anchura del cauce Coeficiente de variación de la velocidad del agua Formas del lecho / Unidades morfológicas
Régimen de caudales	Variación estacional (intra-anual) Variabilidad inter-anual Avenida ordinaria (T= 2 años) Caudales mínimos (1d, 7d, 30 d) Frecuencia de desbordamientos (T> 2 años)
Conectividad longitudinal	Longitud de cauce sin obstáculos
Conectividad lateral	Anchura del espacio de inundación Longitud de orillas sin revestimientos
Conectividad vertical	% llanura de inundación sin alteración hidrológica en superficie % llanura de inundación sin excavaciones / rellenos
Corredor ripario	Superficie de bancos de gravas por longitud de río Superficie de pioneras jóvenes por longitud de río Superficie de bosque maduro por longitud de río
Integridad físico-química	
Oxígeno disuelto	Variación diaria y estacional del oxígeno disuelto
Concentración de nutrientes	Concentración de nitratos Concentración de amonio Concentración de fósforo
Sales disueltas	Conductividad eléctrica
Sólidos en suspensión	Concentración de sólidos en suspensión
Integridad biológica	
Macrófitas	Superficie de macrófitas por longitud de río
Macroinvertebrados	Riqueza de especies Densidades medias de cada grupo trófico
Peces	Abundancia de salmónidos Riqueza y abundancia de ciprínidos Densidad de refugios Densidad de frezaderos
Fauna de orillas y ribera	Riqueza y diversidad de aves, micromamíferos Riqueza y diversidad de insectos (carábidos, mariposas)
Servicios ambientales	
Protección frente a avenidas	Frecuencia esperada de inundación por desbordamiento
Recarga de acuíferos	Tasa de infiltración y drenaje en profundidad
Autodepuración	Tasa de re-aireación
Valor recreativo	Número de visitantes al año
Valor estético	Estimación cualitativa por encuestas
Valor educativo / de participación	Número de eventos/actividades organizadas Número total de participantes
Coste del proyecto	Coste total de implementación Coste anual de mantenimiento
Repercusión económica del proyecto	Número de puestos de trabajo de nueva creación Revalorización de márgenes, tasa de incremento de su valor Renta cesada anual

7.3. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE LA RESTAURACIÓN

De forma similar al caso de los proyectos individuales de restauración, será necesario hacer un seguimiento y una evaluación de la Estrategia de restauración de ríos propuesta, considerando el conjunto de las actividades que incluye y valorando unos atributos a mayor escala, y a más largo plazo.

En este caso, además de los indicadores ecológicos reflejando la mejora del estado de los ríos de la Comunidad de Madrid, tendrán especial importancia los indicadores socio-económicos, entre los que destacan los de participación pública, satisfacción de las preferencias sociales, eficiencia en las inversiones realizadas, creación de nuevos recursos, mejora de la percepción social de los ríos, etc.

En la Tabla 7.3 se presentan una serie de aspectos a valorar y atributos o indicadores para su cuantificación, que pueden servir para el seguimiento de la Estrategia de restauración y su posterior evaluación. Para ello será necesario valorar aunque sea de forma cualitativa muchos de los atributos propuestos antes de la puesta en marcha de la Estrategia, y comparar su evolución a corto, medio y largo plazo. Estos atributos pueden actuar al mismo tiempo de mecanismos de control para una gestión adaptativa de la propia Estrategia, decidiendo cambios en sus actuaciones cuando no se alcancen los resultados esperados o se detecten otras vías para su logro con mayor eficiencia y garantía.

Teniendo en cuenta la extensión geográfica de la Comunidad de Madrid, la diversidad de la tipología de ríos y la heterogeneidad socio-económica de las cuencas vertientes, el seguimiento y evaluación de la Estrategia de restauración debería abordarse por comarcas o regiones, siempre referidas a tramos de ríos enmarcados en una misma unidad de paisaje o cuenca vertiente.

Tabla 7.3.- Aspectos a valorar e indicadores para llevar a cabo el seguimiento y la evaluación de la eficiencia de la Estrategia de restauración de ríos propuesta para la Comunidad de Madrid.

ASPECTOS A VALORAR	INDICADORES
Contexto para la restauración	Voluntad política y Coordinación administrativa Formación de gestores de la administración en temas de hidromorfología y ecología fluvial Planificación a medio y largo plazo Adecuación de leyes y normativas
Participación pública	Reuniones y grupos de trabajo organizados con administraciones y comunidad científico-técnica Eventos organizados con agentes sociales y plataformas ciudadanas Iniciativas de restauración propuestas por el público o entidades sociales Actividades de voluntariado en ríos
Percepción social	Valoración social de la problemática de los ríos de la Comunidad Conocimiento de otros problemas ambientales Disponibilidad a cambio de hábitos Nivel de desarrollo de la ciencia ciudadana Satisfacción social con los proyectos propuestos o realizados
Información	Documentación científica disponible Páginas web informativas sobre el estado de los ríos Conferencias y seminarios de divulgación organizados Disponibilidad de datos y acceso a la información Observatorios de ríos
Multidisciplinaridad	Heterogeneidad de los equipos de trabajo Incorporación de técnicos en ciencias sociales Actualización de programas escolares y universitarios Incorporación de personal docente e investigador en los proyectos de restauración Valoración de servicios ambientales
Diseño de programas	Diversidad de programas de restauración Desarrollo de programas y proyectos educativos y de formación de técnicos Desarrollo de programas y proyectos de restauración física Desarrollo de programas y proyectos de protección y conservación
Recursos económicos	Presupuesto destinado a la restauración de ríos Análisis coste/beneficio-eficiencia de los proyectos de restauración Soporte económico de entidades públicas y privadas Contribución de agentes sociales Disponibilidad a pagar de los ciudadanos
Estado ecológico de los ríos	Longitud de tramos fluviales protegidos Longitud de ríos sin barreras transversales Longitud de ríos sin restricciones a su movilidad o desbordamiento Superficie de sotos y bosques riparios con diversidad de edades Superficie de llanura de inundación libre de ocupaciones Longitud de ríos sin especies de peces invasoras

8. CONSIDERACIONES FINALES Y SÍNTESIS DEL DOCUMENTO

La percepción de la degradación de los sistemas naturales en general, y la de los ecosistemas fluviales en particular, ha propiciado numerosas iniciativas legislativas tendentes a su restauración y conservación, siendo la Directiva Marco del Agua una referencia clave en la restauración de ríos y riberas.

Atendiendo a los requerimientos de esta Directiva, y a la mayor sensibilidad social acerca de los problemas ambientales de los ecosistemas acuáticos, la Comunidad de Madrid ha iniciado una política de restauración de ríos y humedales y avanzado notablemente en la valoración de su estado ecológico, siendo esta valoración una de las primeras medidas necesarias para identificar su problemática y diseñar con acierto su rehabilitación. Un paso más en esta política ambiental de la Comunidad de Madrid ha sido la de proponer un plan de medidas de conservación y restauración de los ríos para el conjunto de su red fluvial.

Previamente al inicio de los trabajos de restauración propiamente dicha es necesario definir un plan de actuación a escala regional, y llegar a acuerdos consensuados entre los diferentes actores involucrados, en nuestro caso las administraciones públicas de índole nacional (ej. Confederación Hidrográfica del Tago), de índole regional (ej. Canal de Isabel II) y de índole municipal (alcaldes), la comunidad científico-técnica y los agentes sociales afectados. Dichos acuerdos deben permitir clarificar desde el inicio del plan de actuación los objetivos y metas a alcanzar, las prioridades y las medidas a implementar.

Este documento aborda dicho plan de actuación a través de la propuesta de una Estrategia de Restauración de ríos de la Comunidad de Madrid, en la que se contemplan varias etapas sucesivas sobre las que se aportan criterios y alternativas para la toma de decisiones, las cuales deben estar basadas en la colaboración y participación de los actores antes mencionados.

La Estrategia de Restauración de los ríos que se propone para la Comunidad de Madrid está diseñada como un proceso metodológico abierto y adaptativo, donde a partir de la valoración del estado ecológico de los ríos y la identificación de su problemática se proponen criterios para el establecimiento de objetivos, la priorización de los tramos a restaurar, la selección de medidas de restauración y el seguimiento y evaluación de las actuaciones realizadas.

Si bien el estado ecológico de los ríos se evalúa en primer término a través de las comunidades biológicas, son las condiciones físico-químicas de las aguas y las hidromorfológicas del cauce, por este orden, las que deben ser objeto de restauración, al ser su alteración la principal causa del deterioro de los hábitat y de la pérdida o disminución de las especies nativas de cada tramo fluvial. Resulta por tanto prioritario, antes de abordar los proyectos de restauración física de los ríos, mejorar la calidad de las aguas mediante planes de control y depuración de los vertidos

existentes en aquellos tramos donde todavía exista el limitante de la eutrofización y contaminación.

En la Comunidad de Madrid, la alteración de las condiciones hidromorfológicas de los ríos se centra por una parte en la alteración de los regímenes de caudales, líquidos y sólidos, debida a la presencia de grandes presas y embalses destinados en su mayor parte al consumo doméstico, y por otra en la respuesta geomorfológica de los ríos a dicha alteración hidrológica.

La alteración de caudales mencionada ha traído consigo la pérdida de la estacionalidad natural de los ríos (los caudales circulantes son relativamente homogéneos durante todo el año), la disminución de la frecuencia de avenidas ordinarias (práctica inexistencia de avenidas y desbordamientos con periodos de retorno inferiores a 5 años que son las que tienen mayor influencia en el mantenimiento del tamaño y heterogeneidad física de los cauces), y la disminución del transporte de sedimentos gruesos por los cauces.

Como respuesta a dicha alteración hidrológica, los ríos de la Comunidad de Madrid han disminuido su tamaño en anchura de cauce activo, han perdido la regeneración de los bancos de gravas y con ellos la de las especies pioneras de vegetación riparia, y se ha empobrecido notablemente el paisaje fluvial primitivo.

Atendiendo a esta problemática compleja de los ríos de la Comunidad de Madrid, para llevar a cabo su restauración será necesario en primer término convocar a todos los actores que deben intervenir en las sucesivas etapas de los proyectos, referidos a las administraciones públicas a diferentes escalas (nacional, regional, municipal), la comunidad científico-técnica y los diferentes agentes sociales, y contar con la coordinación, cooperación e información máxima entre ellos.

El desarrollo de la Estrategia de restauración propuesta debe iniciarse por una puesta en común de la percepción de la problemática de los ríos, añadiendo a la valoración hidromorfológica disponible en este documento la valoración biológica de las comunidades acuáticas y la valoración de la calidad de las aguas, haciendo intervenir mediante reuniones técnicas y debates informativos públicos a todos los actores antes mencionados.

Una vez identificada conjuntamente la problemática de los ríos de la Comunidad de Madrid, deben plantearse también de forma conjunta los objetivos y las metas a alcanzar a corto, medio y largo plazo con los programas de restauración previstos, contando con los medios económicos necesarios, y en concordancia con el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua y los programas de medidas establecidos en la planificación vigente de la Confederación Hidrográfica del Tajo, y contemplados en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos del Ministerio correspondiente.

Si bien la restauración ecológica tiene como último fin la mejora del funcionamiento ecológico de los ríos, los objetivos planteados para su logro deben ser múltiples, tratando de maximizar los servicios ambientales que ofrecen y atendiendo tanto a la mejora de su integridad ecológica como a la mejora de la integridad socio-económica de su entorno. Ello es particularmente

indicado en la Comunidad de Madrid donde existe una elevada densidad de población y una importante demanda de uso recreativo y cultural de los ríos y sus riberas.

Atendiendo al número elevado de ríos y de tramos fluviales que requieren medidas de restauración en la Comunidad de Madrid, es necesario establecer un procedimiento de priorización entre ellos que permita establecer el orden con el que abordar los trabajos correspondientes. En este sentido, y en consonancia con los objetivos propuestos, en el seno de la Estrategia de restauración se incluye un procedimiento de priorización de los tramos a restaurar, teniendo en cuenta entre otras características su actual estado ecológico, su estado químico, las condiciones sociales derivadas de su ubicación y entorno, riesgo hidrológico, valor recreativo, etc., y las características económicas relativas a los costes y beneficios de los trabajos necesarios de abordar en cada caso.

La asignación del peso concedido a cada criterio de priorización debe ser fruto de un acuerdo conjunto entre las administraciones involucradas, la comunidad científico-técnica y los agentes sociales interesados, siendo necesario para ello la convocatoria de reuniones técnicas y jornadas informativas públicas.

Si bien el diseño y ejecución de los proyectos de restauración deben ser realizados por equipos cualificados en los ámbitos de la Hidrobiología, Ecología fluvial, Ingeniería de proyectos, etc., el éxito de dichos proyectos va a depender del nivel de multidisciplinaridad y de participación pública que incluyan. La intervención de expertos en ciencias socio-económicas, de agentes sociales y del público en general desde el inicio de los proyectos va a propiciar que se disponga de una información más completa de la problemática de cada tramo y de las preferencias sociales y expectativas sobre los trabajos que se proponen, y va a facilitar que se resuelvan los conflictos de intereses entre los diferentes agentes afectados y se acepten en mayor medida los proyectos acordados.

El diseño de cada proyecto de restauración requiere un estudio detallado de su estructura y funcionamiento actual, y de su estructura y funcionamiento anterior a su degradación, lo cual va a permitir interpretar la respuesta de cada río a las presiones e impactos recibidos en el pasado y predecir su trayectoria futura ante las diferentes alternativas posibles de restauración, bajo un contexto permanente de cambio climático. En dicho estudio se deben asimismo identificar las interacciones de los diferentes agentes a diferentes escalas espaciales y temporales, y los procesos fluviales que deben ser objeto de la restauración.

El seguimiento de las intervenciones realizadas así como la valoración de los resultados obtenidos deben ser tareas indisolubles a la ejecución de los proyectos de restauración, permitiendo cuantificar el éxito en el cumplimiento de objetivos y en la mejora del estado ecológico del tramo fluvial restaurado a través de indicadores definidos desde el inicio de su diseño.

La participación ciudadana debe estar presente en todas las etapas de la Estrategia de Restauración propuesta, recibiendo información, colaborando en la puesta en común de la problemática de los ríos, aportando preferencias y expectativas para la formulación de objetivos

y priorización de los tramos, y colaborando en los procesos de seguimiento y evaluación de los proyectos realizados.

Finalmente, la creación de nuevas vías de información y comunicación con los usuarios y personas interesadas sobre el estado de los ríos y su problemática actual contribuiría a garantizar el éxito de la Estrategia de restauración propuesta, al mejorar la educación ambiental y con ella potenciar una actitud ciudadana más favorable a la demanda de la restauración de los ríos y la prevención de su deterioro.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelopoulos, N. V., Cowx, I. G., & Buijse, A. D. (2017). Integrated planning framework for successful river restoration projects: Upscaling lessons learnt from European case studies. *Environmental Science & Policy*, 76, 12-22.

Bernhardt, E. S., Palmer, M. A., Allan, J. D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., ... & Galat, D. (2005). Synthesizing US river restoration efforts. *Science*, 308(5722), 636-637.

CEDEX, (2005). Caracterización de los tipos de ríos y lagos. Ministerio de Medio Ambiente. Directiva 2000/60/CE. Análisis de las características de las Demarcaciones. Madrid, Junio 2005.

DEWHA (Department of Environment, Water, Heritage and the Arts, Australia). (2008). Media release: Rudd Government to invest \$12.9 billion in water. Canberra. www.environment.gov.au/minister/wong/2008/pubs/mr20080429.pdf (Accessed 10 May 2015.)

García-Ruiz, J. M., & Lana-Renault, N. (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region—a review. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(3), 317-338.

González, E., Sher, A. A., Tabacchi, E., Masip, A., & Poulin, M. (2015). Restoration of riparian vegetation: a global review of implementation and evaluation approaches in the international, peer-reviewed literature. *Journal of Environmental Management*, 158, 85-94.

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007). Restauración de Ríos. Guía metodológica para la elaboración de Proyectos. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 318 pp.

González del Tánago, M., García de Jalón, D., Yague, J. y Sánchez, F.J.. (2008). National Strategy for River Restoration in Spain: A multidisciplinary approach. IVth ECRR International Conference on river restoration. Venecia, Italia.

González del Tánago, M., García de Jalón, D., & Román, M. (2012). River restoration in Spain: theoretical and practical approach in the context of the European Water Framework Directive. *Environmental management*, 50(1), 123-139.

González del Tánago, M., Rincón, G. & García de Jalón, D. (2016 a). Valroación ambiental de los ríos de la Comunidad de Madrid. Informe Técnico (sin publicar). Área de Análisis Técnico, D.G. Medio Ambiente, Comunidad de Madrid.

González del Tánago, M. , Martínez-Fernández, V., & De Jalón, D. G. (2016 b). Diagnosing problems produced by flow regulation and other disturbances in Southern European Rivers: the Porma and Curueño Rivers (Duero Basin, NW Spain). *Aquatic sciences*, 78(1), 121-133.

- Grant, G. E. (2012). The geomorphic response of gravel-bed rivers to dams: perspectives and prospects. *Gravel-bed Rivers: Processes, Tools, Environments*, 165-181.
- Groll, M. (2017). The passive river restoration approach as an efficient tool to improve the hydromorphological diversity of rivers—Case study from two river restoration projects in the German lower mountain range. *Geomorphology*.
- Hermoso, V., Pantus, F., Olley, J. O. N., Linke, S., Mugodo, J., & Lea, P. (2012). Systematic planning for river rehabilitation: integrating multiple ecological and economic objectives in complex decisions. *Freshwater Biology*, 57(1), 1-9.
- Ioana-Toroimac, G., Zaharia, L., Minea, G., & Moroşanu, G. A. (2017). Using a multi-criteria analysis to identify rivers with hydromorphological restoration priority: Braided rivers in the south-eastern Subcarpathians (Romania). *Science of The Total Environment*, 599, 700-709.
- Johnson, E. S., Bell, K. P., & Leahy, J. E. (2018). Disamenity to amenity: Spatial and temporal patterns of social response to river restoration progress. *Landscape and Urban Planning*, 169, 208-219.
- Laub, B.G. & Palmer, M.A. (2009) Restoration Ecology of Rivers. En: Encyclopedia of Inland Waters: 332-341.
- Liébault, F., & Piégay, H. (2002). Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth surface processes and landforms*, 27(4), 425-444.
- Lobera, G., Besné, P., Vericat, D., López-Tarazón, J. A., Tena, A., Aristi, I., ... & Batalla, R. J. (2015). Geomorphic status of regulated rivers in the Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*, 508, 101-114.
- Martín-Vide, J. P., Ferrer-Boix, C., & Ollero, A. (2010). Incision due to gravel mining: modeling a case study from the Gállego River, Spain. *Geomorphology*, 117(3), 261-271.
- Martínez-Fernández, V., González del Tánago, M., Maroto, J., & García de Jalón, D. (2017). Fluvial Corridor Changes Over Time in Regulated and Non-Regulated Rivers (Upper Esla River, NW Spain). *River Research and Applications*, 33(2), 214-223.
- Martinez-Fernandez, V., Gonzalez, E., Carlos Lopez-Almansa, J., Maura Gonzalez, S., & Garcia de Jalon, D. (2017). Dismantling artificial levees and channel revetments promotes channel widening and regeneration of riparian vegetation over long river segments. *Ecological Engineering*, 108, 132-142.
- Mauerhofer, V. (2016). Public participation in environmental matters: Compendium, challenges and chances globally. *Land Use Policy*, 52, 481-491.
- MMAyMRM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) (2010). Guía metodológica para el diseño de procesos de participación. Publ. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

- Morandi, B., Piégay, H., Lamouroux, N., & Vaudor, L. (2014). How is success or failure in river restoration projects evaluated? Feedback from French restoration projects. *Journal of Environmental Management*, 137, 178-188.
- Morandi, B., Kail, J., Toedter, A., Wolter, C., & Piégay, H. (2017). Diverse Approaches to Implement and Monitor River Restoration: A Comparative Perspective in France and Germany. *Environmental Management*, 60(5), 931-946.
- Paillex, A., Schuwirth, N., Lorenz, A. W., Januschke, K., Peter, A., & Reichert, P. (2017). Integrating and extending ecological river assessment: Concept and test with two restoration projects. *Ecological Indicators*, 72, 131-141.
- Perni, Á., Martínez-Paz, J., & Martínez-Carrasco, F. (2012). Social preferences and economic valuation for water quality and river restoration: the Segura River, Spain. *Water and Environment Journal*, 26(2), 274-284.
- Peter, A., Kienast, F., & Woolsey, S. (2003). River rehabilitation in Switzerland: scope, challenges and research. *Large Rivers*, 643-656.
- Pont, D., Piégay, H., Farinetti, A., Allain, S., Landon, N., Liébault, F., ... & Richard-Mazet, A. (2009). Conceptual framework and interdisciplinary approach for the sustainable management of gravel-bed rivers: the case of the Drôme River basin (SE France). *Aquatic Sciences-Research Across Boundaries*, 71(3), 356-370.
- Reichert, P., Borsuk, M., Hostmann, M., Schweizer, S., Spörri, C., Tockner, K., & Truffer, B. (2007). Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling & Software*, 22(2), 188-201.
- Reichert, P., Langhans, S. D., Lienert, J., & Schuwirth, N. (2015). The conceptual foundation of environmental decision support. *Journal of environmental management*, 154, 316-332.
- Roni, P., Hanson, K., & Beechie, T. (2008). Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. *North American Journal of Fisheries Management*, 28(3), 856-890.
- Roni, P. y Beechie, T. (eds.). (2013) Stream and Watershed Restoration. A Guide to restoring river processes and hábitats. John Wiley & sons, Ltd. Chichester
- Roni, P., Beechie, T., Schmutz, S. & Muhar, S. (2013) Prioritization of watersheds and restoration projects. En: Roni, P. y Beechie, T. (eds.). (2013) Stream and Watershed Restoration. A Guide to restoring river processes and hábitats. John Wiley & sons, Ltd. Chichester, 189-214.
- Roni, P., Liermann, M., Muhar, S. & Schmutz, S. (2013) Monitoring and Evaluation of Restoration Actions. En: Roni, P. y Beechie, T. (eds.). (2013) Stream and Watershed Restoration. A Guide to restoring river processes and hábitats. John Wiley & sons, Ltd. Chichester, 254-279.

Speed, R., Li, Y., Tickner, D., Huang H., Naiman, R., Cao, J., Lei G., Yu, L., Sayers, P., Zhao, Z. & Yu, W., (2016). *River Restoration: A Strategic Approach to Planning and Management*. Paris, UNESCO.

Van Ast, J.A. & Boot, S.P. (2003) Participation in European water policy. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 555-562.

Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., MacDonnell, L., Merritt, D. M., Palmer, M.A. Poff, N.L. & Tarboton, D. (2005). River restoration. *Water Resources Research*, 41, W10301.

Zawiejska, J., Wyzga, B., & Radecki-Pawlik, A. (2015). Variation in surface bed material along a mountain river modified by gravel extraction and channelization, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians. *Geomorphology*, 231, 353-366.