

PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES

Marco Metodológico

ABRIL 2020



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



En este documento constituye el documento de referencia teórica y programática donde se sientan las bases del seguimiento del efecto del cambio climático en las Reservas Naturales Fluviales. Se presenta primeramente el estado de la cuestión, esto es, cómo está cambiando el clima y cómo afecta al ecosistema fluvial. Seguidamente se propone un sistema de seguimiento multiescalar y multidisciplinar, con la puesta en marcha de un sistema de recogida y observación de diferentes parámetros sobre el sistema fluvial en las Reservas Naturales Fluviales seleccionadas.

Esta iniciativa de toma de dato a largo plazo constituye una gran oportunidad para su empleo en numerosos estudios científicos y técnicos a nivel nacional e internacional vinculados con la observación y seguimiento de los efectos del cambio climático en los sistemas fluviales. También constituye una esencial base de conocimiento para implementar medidas relativas a la conservación y gestión de sistemas fluviales y su adaptación a escenarios climáticos futuros.



ÍNDICE

1.- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	3
2.- CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	6
2.1.- <i>Marco legal</i>	6
2.1.1.- Directiva Marco del Agua.	6
2.1.2.- Directiva de Inundaciones.	7
2.1.3.- Reglamento de Dominio Público Hidráulico	8
2.1.4.- Acción Climática en la Unión Europea.....	8
2.1.5.- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNCC). Tercer Programa de Trabajo.	10
2.1.6.- Marco Estratégico de Energía y Clima.	11
2.2.- <i>Marco científico</i>	12
2.2.1.- Impactos previsibles del cambio climático sobre los recursos a nivel internacional.....	12
2.2.2.- Impactos previsibles del cambio climático sobre los ríos y ecosistemas asociados a nivel nacional.....	14
2.3.- <i>Experiencias demostrativas</i>	17
2.3.1.- Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España	17
2.3.2.- Programa de Seguimiento de Cambio Global de la Red de Parques Nacionales.....	19
2.3.3.- La adaptación al cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España	20
2.3.4.- Seguimiento del estado ecológico en la Red de Referencia	22
2.3.5.- BiOGLOB. Seguimiento de los efectos del cambio global en los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Picos de Europa.....	24
2.3.6.- Red Regional de Monitoreo de ríos vadeables (EPA, 2016)	25
2.3.7.- Programas de investigación en el ámbito de la Unión Europea	26
3.- CAPÍTULO III: OBJETIVOS DEL PRESENTE DOCUMENTO	28
4.- CAPÍTULO IV: BASES METODOLÓGICAS	30
4.1.- <i>Premisas básicas</i>	30
4.2.- <i>Marco espacial</i>	32
4.2.1.- Selección de las Reservas Naturales Fluviales a integrar en la Red de Seguimiento	33
4.2.2.- Nivel 1: Selección de la cuenca de la RNF libre de presiones.	37
4.2.3.- Nivel 2: Definición del tramo de control.....	38
4.2.4.- Nivel 3: Definición de la sección de control	39
4.3.- <i>Marco temporal</i>	42
4.4.- <i>Tecnología y metodologías para la toma de datos</i>	43
4.4.1.- Análisis cartográfico y Teledetección	44
4.4.2.- Otras tecnologías	45
4.4.3.- Toma de datos automática	45
4.4.4.- Toma de datos de campo	45
5.- CAPÍTULO V: PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO	47
5.1.- <i>Componente meteorología</i>	48
5.1.1.- Temperatura	49



5.1.2.- Precipitación	50
5.1.3.- Nieve	52
5.1.4.- Radiación solar.....	53
5.1.5.- Humedad	54
5.2.- <i>Componente hidrológica</i>	54
5.2.1.- Caudales	55
5.2.2.- Agua subterráneas.....	57
5.2.3.- Permanencia hidrológica	57
5.3.- <i>Componente geomorfológica</i>	58
5.3.1.- Morfometría del cauce en planta.....	60
5.3.2.- Perfil transversal del río.....	62
5.3.3.- Tipo y dinámica de sedimentos	62
5.4.- <i>Componente vegetación de ribera</i>	63
5.4.1.- Dimensiones de la zona ribereña.	64
5.4.2.- Composición específica	66
5.4.3.- Cobertura.....	66
5.4.4.- Dendrometría	68
5.4.5.- Estado fitosanitario.....	68
5.4.6.- Fenología	68
5.5.- <i>Componentes fisicoquímicas y biológicas del agua</i>	71
5.5.1.- Temperatura del agua y oxígeno disuelto	72
5.5.2.- Parámetros biológicos	73
5.6.- <i>Perturbaciones</i>	74
5.6.1.- Usos del suelo.....	75
5.6.2.- Incendios forestales.....	76
6.- CAPÍTULO VI: ANÁLISIS HISTÓRICO.....	76
7.- CAPÍTULO VII: TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN	80
8.- CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES	82
9.- BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS	92
<i>ANEXO I: LISTA DETALLADA DE LAS RNF INICIALMENTE PROPUESTAS PARA INCORPORARLAS A LA RED DE SEGUIMIENTO</i>	<i>93</i>
<i>ANEXO II: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.....</i>	<i>107</i>
<i>ANEXO III: FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN PROPUESTOS.</i>	<i>114</i>

1.- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800.000 años. Los efectos de estas emisiones, así como de otros factores antropogénicos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (IPCC, 2013).

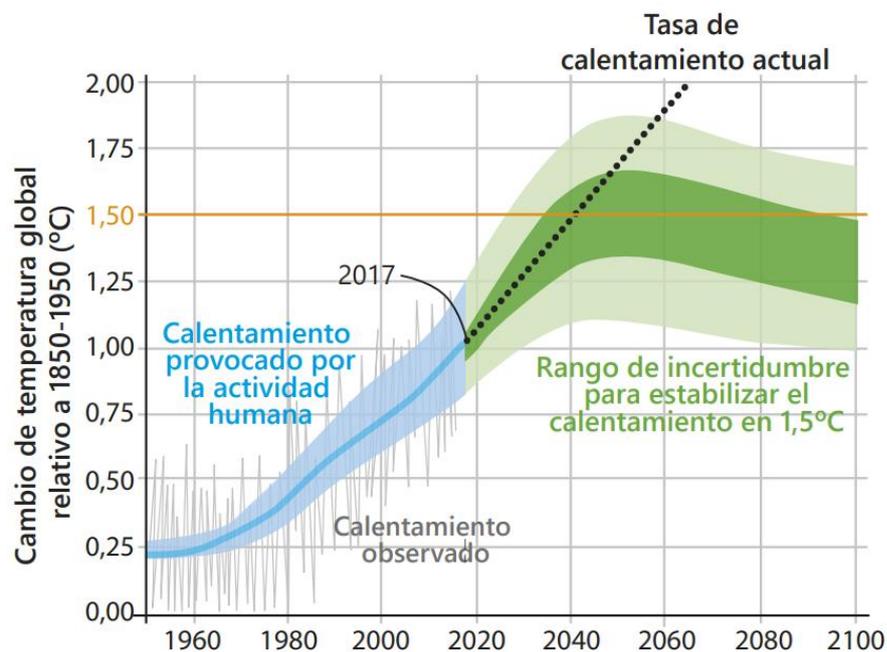


Figura 1- Tasa de calentamiento del planeta. Fuente: AEMET y OECC (2018)

El agua está directamente vinculada al clima, por lo que cualquier alteración en el sistema climático provocará cambios en el ciclo hidrológico. Consecuentemente, la distribución espacial y temporal de los recursos hídricos y sus ecosistemas asociados estarán afectados por la variabilidad del clima. Se habla de un cambio en el régimen de precipitaciones y la cubierta de nieve, cambio en el régimen de caudales y aumento de la estacionalidad (por ejemplo, tasa de flujo de agua, también conocida como descarga fluvial) y el aumento de la severidad y la frecuencia de sequías e inundaciones en algunas regiones de Europa, siendo especialmente sensible la región mediterránea (EEA, 2017; EEA, 2014; IPCC, 2014; MIMAM, 2005; EC, 2009). Más allá del recurso agua y la alteración del ciclo hidrológico, los sistemas fluviales se verán afectados en sus múltiples funciones y características biológicas y ecológicas afectando a su biodiversidad (Dudgeon *et al.*, 2006; Woodward *et al.*, 2010).

El calentamiento global inducido por el ser humano ha alcanzado en 2017 aproximadamente 1°C sobre el nivel preindustrial. Si las emisiones continuasen al ritmo actual se alcanzará un calentamiento de 1,5°C entre 2030 y 2052. La región Mediterránea podría alcanzar umbrales de irreversibilidad ante un calentamiento de entre 1,5 y 2°C, con grandes repercusiones sobre los sistemas naturales (frecuencia

e intensidad de extremos, impactos en la biodiversidad terrestre y marina, suministros de agua, etc.) (AEMET y OECC, 2018).

Ya se han detectado impactos en los diferentes ecosistemas y especies ligadas al medio fluvial, tanto a nivel local como global. El cambio climático en ecosistemas fluviales genera un efecto cascada a partir de su impacto sobre el balance hídrico, el cual a su vez incide sobre distintos procesos fluviales (régimen hídrico, estabilidad del canal, estructura del sustrato del lecho fluvial, etc.) y la calidad del agua, afectando en este caso a todos sus descriptores, especialmente a la temperatura. En su conjunto, los cambios que inducen el cambio climático sobre los distintos procesos fluviales y la calidad del agua condicionan la permanencia de las comunidades biológicas que habitan estos ecosistemas, e introducen cambios en su estructura y dinámica (Brittain, 2008). Sin embargo, se requiere establecer mediciones de referencias que marquen pautas claras para el establecimiento de medidas tendentes a mejorar la resiliencia de estos lugares.

En el contexto actual y con estas previsiones de impacto futuras, desde el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2006) y a través de su Tercer Programa de Trabajo, se lanzó la iniciativa PIMA Adapta-AGUA, con el objetivo de mejorar el conocimiento y el seguimiento de los impactos del cambio global y el cambio climático en este ámbito, minimizando sus riesgos y aumentando la resiliencia del sistema frente al cambio climático. Entre sus acciones y líneas estratégicas, se contempla la realización de un seguimiento del impacto climático en las Reservas Naturales Fluviales (en adelante RNF). Las Reservas Naturales Fluviales son “aquellos cauces, o tramos de cauces, de corrientes naturales, continuas o discontinuas, en los que, teniendo características de representatividad, las presiones e impactos producidos como consecuencia de la actividad humana no han alterado el estado natural que motivó su declaración”¹. De esta forma, las RNF son áreas naturales que se caracterizan por ser ambientes acuáticos especialmente vulnerables al clima, con escasas presiones antrópicas y localizados en entornos también vulnerables al cambio climático. Dada la gran sensibilidad de los ecosistemas fluviales en un contexto de cambio², las RNF constituyen un excepcional laboratorio para valorar los impactos causados por el cambio climático. En este sentido y en el contexto del Plan PIMA Adapta en materia de gestión del agua y del dominio público hidráulico asociado (PIMA Adapta-AGUA), se han venido desarrollando diferentes iniciativas y proyectos con el objetivo de mejorar el conocimiento y el seguimiento³ de los impactos del cambio global y el cambio climático en este ámbito, minimizando sus riesgos y aumentando la resiliencia del sistema frente a cambio climático⁴. Por lo tanto, se estima que son también escenarios idóneos para el desarrollo de actuaciones de adaptación y de sensibilización.

Por ello, se ha diseñado una propuesta metodológica que trabaje en la observación y seguimiento a largo plazo de los efectos del cambio climático en estos entornos naturales. El documento se estructura en un primer capítulo introductorio (capítulo 1) donde se contextualiza el tema a tratar, para después describir los antecedentes técnicos y normativos sobre la política de aguas existente y el motivo de la creación del Catálogo de Reservas Hidrológicas (capítulo 2), así como los aspectos más científicos ligados al posible impacto del cambio climático sobre los ecosistemas fluviales. También se recopilan algunas experiencias acerca del impacto del cambio climático sobre los sistemas fluviales, haciendo especial incidencia a los recursos hídricos, geomorfología fluvial y estado fisicoquímico del agua. Establecido un marco conceptual amplio, el capítulo 3 concreta el objeto de este documento.

¹Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, que modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico

²https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/quinto-informe-ipcc-grupo-2_tcm30-70704.pdf

³<https://www.miteco.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/plan-pima-adapta-agua.aspx>

⁴Su período de vigencia abarca hasta el año 2020, coincidiendo con el Tercer Programa de Trabajo del PNACC, de acuerdo con la Estrategia Europea de Adaptación.



El capítulo 4 se centra en exponer las bases metodológicas de esta propuesta. Para ellos se definen una serie de premisas básicas que le otorgan el enfoque conceptual principal para luego describir el marco espacial, el marco temporal y la tipología de datos a medir. Una vez descrito el marco conceptual del protocolo, en el capítulo 5 se describen los posibles parámetros a incluir en el seguimiento con una breve justificación sobre la selección de los mismos y las metodologías que pueden emplearse para su obtención, haciendo especial incidencia en la innovación tecnológica, en la viabilidad técnica y en el esfuerzo de muestreo. En anexos, se han elaborado una serie de fichas para analizar por componente del medio fluvial, el tipo de parámetro que se puede medir, donde se detalla la metodología y el tratamiento de datos para su interpretación.

Se incluye un capítulo 6 donde se trata el análisis histórico de cada una de las RNF, donde se expone la necesidad de recopilar información histórica en el entorno de las reservas, como punto de partida para una interpretación futura de las series de datos a recopilar. Se trata el tipo de información a recopilar y analizar, así como las técnicas a emplear.

Por último, en el capítulo 7, se trata sobre la necesidad de crear un sistema coordinado para el almacenamiento, procesado y gestión de la información, dada su importancia para mejorar la gestión adaptativa de la política de aguas y conservación de la naturaleza y continuar con la línea de la gobernanza en materia de cambio climático.

2.- CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

Para la elaboración de la presente propuesta, se han tomado en consideración distintos trabajos técnicos, bibliografía científica e instrumentos normativos sobre el seguimiento de cambio climático en ecosistemas fluviales, desarrollados tanto a nivel nacional como internacional, y que cuentan con el reconocimiento necesario para considerarse fuentes fiables.

Primeramente, se realiza una revisión del marco legal sobre el que se asienta la gestión de los sistemas fluviales en nuestro país y las medidas propuestas en materia de adaptación y mitigación al cambio climático, considerando para ello las directivas europeas que marcan las directrices a los países miembros. Seguidamente, se presentan una serie de iniciativas de seguimiento que pueden considerarse ejemplares o inspiradoras para la implantación y propuesta de este marco teórico. Muchas son las iniciativas desarrolladas que proponen sistemas de seguimiento de los efectos del cambio climático y/o sistemas de seguimiento en los sistemas fluviales.

No obstante, para la elaboración de la presente propuesta se ha intentado seleccionar los casos en los que se han combinado ambos aspectos (cambio climático y sistemas fluviales) o bien casos donde se propone una metodología o tecnología potencialmente aplicable por su sensibilidad a detectar cambios en los espacios fluviales, considerando igualmente otros criterios como la viabilidad técnica.

2.1.- MARCO LEGAL

2.1.1.- DIRECTIVA MARCO DEL AGUA.

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Mediante esta Directiva, la Unión Europea (UE) organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, aguas costeras y subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías.

La Directiva Marco del Agua (DMA) no considera explícitamente las implicaciones del cambio climático en detalle. Sin embargo, existe la posibilidad de explorar estas implicaciones definiendo cuidadosamente el "estado ecológico" y mediante directrices de gestión adaptativa de la Directiva. El diseño de la DMA proporciona un ámbito para adaptarse al cambio climático a través del proceso cíclico de planificación de la cuenca fluvial. Sin embargo, se necesitan más aclaraciones sobre cómo y en qué etapas se puede considerar el cambio climático en la planificación de la gestión y planificación de las cuencas fluviales. La incorporación del cambio climático en la operatividad de la Directiva requiere de metodologías que permitan la integración de enlaces funcionales geomorfológicos, hidrológicos y ecológicos mediante nuevas investigaciones a escala de cuenca y por tipologías de ríos.

La integración del cambio climático en la Directiva Marco del Agua todavía no se ha efectuado de manera explícita, debido a que todavía no se incluyen medidas específicas para trabajar con los impactos directos del cambio climático. En 2005, se hizo una consulta a los estados miembros sobre los impactos del cambio climático en el recurso agua. A raíz de esa consulta, la Agencia Europea de Medio Ambiente publicó una compilación de buenas prácticas de los estados miembros en materia de agua y adaptación al cambio climático. Todo ello en el marco de una segunda fase del Programa Europeo de Cambio Climático. Por último, en febrero de 2007, se organizó un simposio donde se discutió y trató el cambio climático en la gestión del agua en Europa (EEA, 2018).

Otros autores señalan el vínculo entre las variables climática y los recursos hídricos y la necesidad de su correspondiente vinculación en la DMA para poder alcanzar sus objetivos (Dworak et al., 2007; Kilsby et al., 2007 y 2009)

DIRECTIVA MARCO DEL AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO, RECURSOS HÍDRICOS Y PLANIFICACIÓN.

- La DMA debe incorporar explícitamente el cambio climático en su planificación y directrices.
- Las variables climáticas y sus proyecciones futuras van a definir los objetivos de la DMA.
- Desde la visión integradora de las disciplinas de la geomorfología, hidrología y ecología establecer enlaces funcionales donde se establezca el efecto del cambio climático en la planificación y control del estado de las masas de agua según su categoría.

Tabla 1- Cambio climático en la Directiva Marco del Agua. Fuentes: Dworak et al., 2007; Kilsby, 2009; Horvath & Quevauviller, 2010

Concretamente, Horvath y Quevauviller (2010), establecen como reto para el 2º y 3er ciclo de planificación de la DMA los siguientes aspectos ligados al cambio climático:

- 1) Cómo las proyecciones del cambio climático se han incorporado en las evaluaciones de presiones e impactos;
- 2) Cómo se definen los programas de seguimiento para detectar impactos del cambio climático;
- 3) Cómo de robustos son los programas de medidas definidos en base a las proyecciones climáticas futuras.

2.1.2.- DIRECTIVA DE INUNDACIONES.

La Directiva de Inundaciones establece un marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundaciones con el objetivo de reducir los efectos adversos de la salud humana, el medio ambiente, patrimonio cultural y actividad económica. Dado que el cambio climático contribuye a incrementar la probabilidad y los efectos adversos de las inundaciones, cada vez está más presente en las diferentes etapas de implementación de la directiva. La Directiva fue transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

La implantación de esta Directiva supone una oportunidad para mejorar la coordinación de todas las administraciones a la hora de reducir estos daños, centrándose fundamentalmente en las zonas con mayor riesgo de inundación, llamadas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

La consideración del cambio climático en el segundo ciclo de la aplicación de la Directiva de inundaciones es un importante desafío técnico científico, como se incluye en los Planes de Gestión de Riesgo de Inundación (PGRIs), afectando tanto a la revisión de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación que debe finalizarse antes de diciembre de 2018 y de la revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación, que deber finalizarse antes de diciembre de 2019 (MAPAMA, 2017; Benito, 2017)

Según Benito (2017), los principios para abordar el cambio climático en la Directiva de Inundaciones se basan en la precaución y en la sostenibilidad del modelo. Existen regiones con elevadas incertidumbres por lo que se recomienda la preparación ante el cambio climático basado en inundaciones extremas conocidas. Entender y anticiparse a las inundaciones conlleva el monitoreo de cambios en los patrones y recopilación de inundaciones pasadas. En ese proceso de entendimiento también es reseñable la necesidad de mejorar la detección de tendencias (ciclos en el cambio de los

patrones de inundación), así como utilizar bases de datos de calidad, homogeneizando series temporales, eliminando sesgos y empleando registros pre-instrumentales.

CUESTIONES PLANTEADAS EN EL PRIMER CICLO DE PLANIFICACIÓN DE LA DIRECTIVA DE INUNDACIONES

- ¿Cómo asegurar que las medidas en los PGRI tienen en cuenta los efectos potenciales del clima en las inundaciones?
- ¿Cómo abordar el cambio climático a través de los componentes que integran los PGRI y en la actualización de los planes?
- ¿Cómo mejorar la consistencia de la información sobre el cambio climático (rebajar la incertidumbre) y cuantificar las consecuencias para diferentes sectores y usuarios finales?

Tabla 2.- Cambio climático en la Directiva de Inundaciones. Fuentes: MAPAMA; 2017; Benito, 2017

2.1.3.- REGLAMENTO DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

La protección de los ríos españoles se ha visto favorecida en los últimos años en España gracias a los progresos experimentados en el logro de los objetivos ambientales asignados a las masas de agua por los planes hidrológicos de cuenca y sus acciones de conservación y gestión del recurso hídrico. Esta protección se ha visto reforzada desde 2016 con el establecimiento de un nuevo marco jurídico para las Reservas Naturales Fluviales, figura clave para la protección y conservación de aquellos tramos fluviales que no han sido alterados por la acción humana.

Esta figura se ha desarrollado e institucionalizado a partir de la aprobación del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre de 2016, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, norma que se completa con los acuerdos de Consejo de Ministros y que ha dado lugar a la creación del Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas. Este Catálogo incluye un total de 222 reservas naturales fluviales (135 en demarcaciones hidrográficas intercomunitarias, declaradas en sendos acuerdos del Consejo de Ministros; y 87 más en demarcaciones hidrográficas intracomunitarias). En total, suman más de 3000 kilómetros de tramos fluviales con un estado de conservación alto.

El Reglamento del Dominio Público Hidráulico establece en su artículo 244 quáter que las reservas hidrológicas deberán quedar sometidos a medidas específicas de protección. Por ello, una vez declarada una reserva hidrológica debe definirse las medidas de gestión que aseguren su adecuada protección en los términos previstos por el Reglamento en el citado artículo, además de en su artículo 244 quinquies. Un primer diagnóstico de las reservas hidrológicas declaradas en la actualidad evidencia la gran heterogeneidad en sus características, que responde en parte a las distintas circunstancias geográficas de cada cuenca lo que pone de manifiesto la conveniencia de dotar a las reservas de unas directrices comunes que les proporcionen coherencia, y a la vez que incorporen las peculiaridades de cada demarcación hidrográfica que propicie una adecuada representatividad de la red en su conjunto.

Estas directrices comunes se recogen en el documento “*Líneas estratégicas para la gestión de las Reservas naturales fluviales*”, en el que se establecen entre sus objetivos generales los siguientes vinculados al cambio climático: *Asimismo, esta red de reservas debe aportar escenarios adecuados para el seguimiento del cambio global en aquellos tramos con una nula interferencia de perturbaciones antrópicas en los distintos contextos hidrológicos españoles.*

2.1.4.- ACCIÓN CLIMÁTICA EN LA UNIÓN EUROPEA.

Los modelos climáticos globales desarrollados por el IPCC prevén que en las próximas décadas la temperatura global en el planeta se incrementará, independientemente del escenario de emisión de gases de efecto invernadero que se considere. En este sentido, el Acuerdo de París de 2015 y la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, marcan el inicio de una agenda global sostenible



que conlleva la transformación del modelo económico y social de prosperidad inclusiva dentro de los límites del planeta.

Con respecto a la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), celebrada en diciembre de 2015, 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima. Para evitar un cambio climático peligroso, la comunidad internacional, en el acuerdo de París de 2015, marcó como límite aceptable de cambio para el año 2100 un incremento de la temperatura media a nivel global de 2°C por encima de los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático (AEMET y OECC, 2018).

El mismo año, la Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. La Agenda plantea 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Entre sus objetivos, se encuentra presentes varios ligados a la protección de los recursos naturales y la acción climática.

En respuesta, la Unión Europea se ha dotado de un marco jurídico amplio que le permitirá mantenerse a la vanguardia en la transición y cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a 2030.

En abril de 2013, la Comisión Europea aprueba la Estrategia Europea de Adaptación, que constituye el marco europeo en materia de adaptación al cambio climático. La Estrategia consta de tres objetivos materializados en 8 acciones, que pretenden promover el establecimiento de estrategias de adaptación en los países miembros, la mejora de la toma de decisiones en esta materia y el fomento de la adaptación en los sectores más vulnerables.

Junto con la Estrategia Europea de Adaptación, se han fijado una serie de objetivos climáticos, con el objetivo de reducir progresivamente las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2050, establecidos en los siguientes horizontes temporales:

- El paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020.
- El marco sobre clima y energía para 2030.
- Dichos objetivos pretenden situar a la UE en la senda de la transformación hacia una economía baja en carbono prevista en la hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050.

OBJETIVOS PARA 2020	OBJETIVOS PARA 2030	OBJETIVOS PARA 2050
<p>20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990)</p> <p>20% de energías renovables en la UE</p> <p>20% de mejora de la eficiencia energética.</p>	<p>Al menos 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990)</p> <p>Al menos 27% de cuota de energías renovables</p> <p>Al menos 27% de mejora de la eficiencia energética.</p>	<p>Esta Hoja de Ruta indica que, en 2050, la UE debe reducir sus emisiones un 80% por debajo de los niveles de 1990 a través de reducciones domésticas y se establecen hitos intermedios (reducciones del orden del 40 % en 2030 y 60% en 2040).</p>
<p>Esas metas —establecidas por los dirigentes de la UE en 2007 e incorporadas a la legislación en 2009— también figuran entre los objetivos principales de la estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Este marco —adoptado por los dirigentes de la UE en octubre de 2014— tiene como base el paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. • Se ajusta a la perspectiva a largo plazo que contemplan la Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050, la Hoja de ruta de la energía para 2050 y el Libro Blanco sobre el Transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 28 de noviembre de 2018, la Comisión presentó su visión estratégica a largo plazo para una economía próspera, moderna, competitiva y neutra desde el punto de vista del clima de aquí a 2050.

Tabla 3.- Resumen de objetivos climáticos en Europa.

2.1.5.- PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (PNCC). TERCER PROGRAMA DE TRABAJO.

España ha sido uno de los países europeos pioneros en desarrollar una política de adaptación al cambio climático. En el año 2006 se aprobó el PNACC, tras un amplio proceso de información, consulta pública y participación que implicó a los principales órganos de coordinación en materia de cambio climático: la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático y el Consejo Nacional del Clima, culminando con la toma de conocimiento del PNACC por el Consejo de Ministros el 6 de octubre de ese mismo año.

El PNACC se ejecuta mediante programas de trabajo, que definen de forma concreta las distintas actividades a llevar a cabo. El Primer Programa de Trabajo del PNACC (2006-2009)⁹, identificó 4 líneas prioritarias para iniciar su desarrollo:

- 1- Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España.
- 2- Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.
- 3- Evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras.
- 4- Evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad.

Estas cuatro líneas de actividad se plantearon para acoplar, por un lado, la necesidad de generar y poner a disposición los escenarios climáticos regionalizados para el desarrollo de las evaluaciones sectoriales de impactos, vulnerabilidad y adaptación y, por otro lado, priorizar la acción en tres sectores considerados de particular importancia para el sistema socioeconómico y ambiental del país: las áreas costeras, los recursos hídricos y la biodiversidad.

El alcance del Tercer Programa de Trabajo del PNACC se centra en el nivel nacional y en el horizonte del año 2020, en fase con la vigencia de la Estrategia Europea de Adaptación y con el Marco Financiero Plurianual de la UE. Las prioridades establecidas hasta ahora en los anteriores Programas de Trabajo

del PNACC están centradas en la generación de escenarios de cambio climático regionalizados, en la evaluación de costes y beneficios de los impactos y la adaptación. Los sectores, sistemas y ámbitos de los recursos hídricos, biodiversidad, zonas costeras, bosques, salud, turismo y agricultura, se siguen manteniendo como tales prioridades en el Tercer Programa, reconociendo su carácter de recursos estratégicos, ámbitos sensibles y vulnerables, importancia territorial y peso socioeconómico.

Concretamente y concerniente al ámbito de este protocolo, el Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2014-20, actualmente en vigor, señala la necesidad de integrar la adaptación en la planificación de las áreas protegidas, mediante su incorporación en los instrumentos de planificación, como una de sus líneas de actividad programadas. Fruto del Cuarto Informe de Seguimiento del PNCC publicado en 2018 (OECC, 2018), se especifica el avance en publicaciones técnicas y científicas en la generación análisis de conocimiento en materia de valuación de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Entre los estudios sectoriales, destacan los siguientes:

- Evaluación del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España.
- Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación en España.
- Impactos del cambio climático en los procesos de desertificación en España.

Ligado a los requerimientos establecidos en la política europea de aguas, biodiversidad y cambio climático, el establecimiento de redes de seguimiento se plantea como una necesidad explícita abalada por el propio Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático. Así el Cuarto Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2018)⁵, hace referencia explícita de proyectos y actuaciones llevadas a cabo en el marco del PIMA-Adapta –AGUA, las cuales abarcan todas las opciones de adaptación según la tipología propuesta por el 5º Informe del IPCC⁶. Estas acciones incluyen *“actuaciones piloto sobre el territorio, iniciativas de seguimiento orientadas a monitorizar impactos del cambio climático en los recursos hídricos, la gestión del dominio público hidráulico y la evaluación de las medidas adoptadas para minimizar los efectos del cambio climático”*. Sin embargo, en la valoración de los avances en el eje del conocimiento, habiéndose registrado numerosos avances en materia sectorial, *“todavía queda pendiente establecer nuevas líneas de trabajo asociados a territorios geográficos”*.

2.1.6.- MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA.

El Marco Estratégico de Energía y Clima es una propuesta estratégica desarrollada por el MITECO que se plantea como una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo, basadas en las oportunidades del empleo verde (energía y tecnologías renovables) pero considerando el necesario equilibrio territorial rural-urbano, la sostenibilidad y la justicia social. El marco estratégico incluye como pilares normativos el Anteproyecto de Ley de Cambio Climático, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y la Estrategia de Transición Justa.

El Anteproyecto de Ley de Cambio Climático es el marco normativo que constituye la herramienta institucional de este Marco Estratégico para facilitar la progresiva adecuación de nuestra realidad a las exigencias de la acción climática. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 define los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de penetración de

⁵https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/4informeseguimientopnacc_tcm30-485659.pdf

⁶https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/Cclimatico/informe_ipcc.aspx

energías renovables y de eficiencia energética. Determina las líneas de actuación y la senda que, según los modelos utilizados, es la más adecuada y eficiente, maximizando las oportunidades y beneficios para la economía, el empleo, la salud y el medio ambiente; minimizando los costes y respetando las necesidades de adecuación de los sectores más intensivos en CO₂. Es un documento programático que España debe presentar a la Comisión Europea para su evaluación y que será debatido con los distintos agentes en España a lo largo de 2019. Por último y en lo que se refiere a la Estrategia de Transición Justa, se basa en los instrumentos necesarios para optimizar las oportunidades de empleo de la transición a través de marcos de formación profesional, políticas activas de empleo, medidas de apoyo y acompañamiento –con especial atención a sectores estratégicos–, y planes de reactivación de los territorios que puedan verse afectados por este proceso para que nadie quede atrás.

2.2.- MARCO CIENTÍFICO

Para la elaboración de la presente propuesta, se han revisado diferentes trabajos sobre el seguimiento del cambio climático en sistemas fluviales, tanto a nivel nacional, como internacional. Se han revisado programas que van desde el seguimiento del régimen hídrico, hasta el seguimiento de procesos extremos, calidad de las aguas y afecciones ecológicas. También se han revisado diferentes trabajos sobre seguimiento en otras áreas naturales como el caso de Parques Nacionales o Red Natura 2000. Esta primera revisión es indispensable para optimizar los esfuerzos iniciales metodológicos y presupuestarios, y que permita crear una infraestructura de toma de datos sinérgica y cooperativa con otras iniciativas e instituciones.

2.2.1.- IMPACTOS PREVISIBLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS A NIVEL INTERNACIONAL

El último Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (AR5; IPCC, 2014) augura que la temperatura media del planeta en 2100 se situará entre 1,8 °C y 4,0 °C por encima de la media de 1980-2000 (mejor estimación dentro del rango probable entre 1,1 - 6,4°C). El nivel del mar se calcula que subirá entre 0,18 y 0,59 m hacia 2100 (según la velocidad de fusión del hielo observada en Groenlandia y la Antártida). También se pronostica el aumento de la frecuencia e intensidad de los episodios meteorológicos extremos, incluyendo las sequías y las inundaciones. De este último Informe, se extraen las siguientes predicciones sobre el efecto del cambio climático en los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales (AR5, IPCC, 2014; OECC, 2014):

- Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce aumentan significativamente cuanto mayores son las concentraciones de los gases de efecto invernadero (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). La parte de población global que sufre escasez de agua y la parte que padece las grandes inundaciones fluviales crece cuanto mayor es el nivel de calentamiento en el siglo XXI. En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI con arreglo al escenario RCP 8.5 (nivel de confianza medio)⁷.
- Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; aumento de

⁷5º Informe de Evaluación (*Fifth Assessment Report*; AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*; IPCC), trabaja con dos tipos de modelos climáticos, los *Modelos climáticos globales acoplados atmósfera-océano*, y los *modelos del sistema terrestre* (AOGCM y ESM por sus siglas en inglés, respectivamente), y define cuatro escenarios de cambio climático denominados *sendas representativas de concentración* (RCP según sus siglas en inglés). Cada una de ellas recibe un nombre en función del forzamiento radiativo que supone, medido en W·m⁻². Así, RCP 8.5 supone un forzamiento radiativo de 8.5 W·m⁻².

las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (evidencia media, nivel de acuerdo alto).

- En todos los continentes se han observado impactos sobre el ciclo hidrológico, que afectan a la disponibilidad de agua dulce y a su calidad. Se han registrado cambios en los caudales de los ríos, que resultan coherentes con los cambios producidos en las precipitaciones y en las temperaturas a partir de 1950. En Europa, en el periodo 1962-2004, los caudales han disminuido en el sur y en el este, incrementándose, sin embargo, en el norte. En las regiones con nevadas estacionales, los ríos han incrementado sus caudales de invierno, debido al aumento de las precipitaciones en forma de lluvia en esa estación. Debido al calentamiento, los caudales máximos de deshielo se han adelantado a principios de primavera. Las alteraciones en la estabilidad térmica del agua también están afectando a su calidad. Se ha observado, en concreto, un aumento de la eutrofización y una disminución del oxígeno disuelto, un aumento de la salinidad, un mayor contenido de nutrientes y de carbono orgánico disuelto y una menor dilución de contaminantes durante las sequías.
- Una gran parte de las especies terrestres y dulceacuícolas afrontan un riesgo creciente de extinción con el cambio climático proyectado durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés, como la modificación de los hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies invasoras (nivel de confianza alto). El riesgo de extinción aumenta en todos los escenarios RCP, incrementándose este conforme aumentan la magnitud y la tasa del cambio climático.
- Muchas especies serán incapaces de encontrar climas adecuados con tasas de cambio climático medias o altas (esto es, bajo los escenarios RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) durante el siglo XXI (nivel de confianza medio). Con tasas de cambio menores (esto es, bajo el escenario RCP2.6) los problemas disminuirán.
- En este siglo, las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) supondrán un alto riesgo de cambio abrupto e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. El carbono almacenado en la biosfera terrestre puede incorporarse a la atmósfera como resultado del cambio climático, la deforestación y la degradación de los ecosistemas (nivel de confianza alto). Las proyecciones indican que durante el siglo XXI en muchas regiones aumentará la mortalidad arbórea y el decaimiento forestal debido al aumento de las temperaturas y la sequía (nivel de confianza medio). El decaimiento forestal plantea riesgos para el almacenamiento de carbono, la biodiversidad, la producción de madera, la calidad del agua, el valor estético y la actividad económica.
- Como consecuencia del cambio climático, se han observado cambios en los ecosistemas terrestres y de agua dulce en todas las regiones climáticas y en todos los continentes. Entre los más relevantes cabe citar la expansión o la contracción del área que ocupan, alteraciones en la fenología y variaciones en la producción primaria.
- Se han observado cambios fenológicos significativos en muchas especies de anfibios, aves, mamíferos y plantas. Nuevos análisis basados en datos procedentes de satélites muestran, por ejemplo, que el inicio de la temporada de crecimiento en el hemisferio norte se ha adelantado en 5,4 días desde 1982 a 2008 y su finalización se ha retrasado en 6,6 días.
- El área de distribución de muchas especies terrestres ha cambiado recientemente: se han confirmado desplazamientos, en promedio global y por década, de unos 17 kilómetros hacia

los polos y ascensos en altitud de 11 m (por ejemplo en Europa, América del Norte, Chile y Malasia).

- Las especies con ciclos de vida cortos y alta capacidad de dispersión - como las mariposas – acoplan su área de distribución al ritmo del cambio climático más rápidamente que las especies de ciclo de vida largo o aquellas con dispersión más limitada.

Tomando en consideración estas predicciones, puede deducirse que las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, entre ellas la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo, pueden ayudar a crear resiliencia para los cambios e impactos hidrológicos inciertos causados por el cambio climático (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto) (IPPC, 2014).

2.2.2.- IMPACTOS PREVISIBLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RÍOS Y ECOSISTEMAS ASOCIADOS A NIVEL NACIONAL

Los estudios de impacto del cambio climático sobre los ecosistemas fluviales dan para el entorno geográfico de España una estimación futura pesimista. Aunque existe una gran dispersión de resultados según los estudios y una gran variabilidad regional y estacional, sin embargo, hay un consenso en la disminución de los recursos hídricos, con mayores reducciones hacia el sur. También se puede asegurar con un gran nivel de confianza que el cambio climático hará que parte de los ecosistemas acuáticos continentales españoles cambien su régimen de temporalidad, pasando de permanentes a estacionales, y de estacionales a efímeros. En consecuencia, se espera que la biodiversidad de muchos de ellos se reduzca y que sus ciclos biogeoquímicos queden alterados (CEDEX, 2017; EC; 2009; MIMAM, 2006; OECC, 2012).

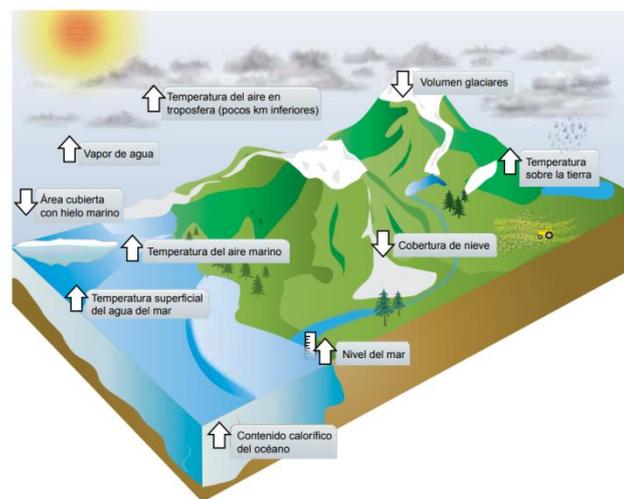


Figura 2- Análisis independiente de diversos componentes del sistema climático con tendencias consistentes con el calentamiento global (las flechas indican el sentido del cambio). Fuente: MITECO (2016)

La magnitud de estos cambios aún no puede precisarse, no obstante, estas consideraciones hay que tratarlas con precaución porque los efectos del cambio climático están sujetos a una gran incertidumbre. Un informe de la Oficina Española de Cambio Climático recoge las siguientes consideraciones sobre el clima en orden directo de fiabilidad (MIMAM, 2005):

- Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas (TEM)
- Aumentos de TEM significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno.

- Mayor calentamiento en verano en las zonas del interior que en las costeras
- Tendencia generalizada a una menor precipitación (PRE) acumulada anual
- Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales
- Mayor frecuencia de días con temperaturas máximas extremas en la Península (especialmente en verano)
- Mayor reducción de PRE en primavera durante el último tercio del siglo
- Aumento de PRE en el oeste de la Península en invierno y en el noreste en otoño
- Mayores cambios de PRE en el escenario de emisiones más elevadas.

Los cambios producidos en el clima tendrán un impacto directo sobre los sistemas fluviales y en los recursos hídricos. Los resultados del *“Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua”*, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (2017; 2012) sugieren que se producirá un descenso de la precipitación, un aumento de la evapotranspiración potencial, un descenso de la evapotranspiración real y un descenso de la escorrentía, si bien existen disparidades en estas tendencias según la zona o cuenca hidrográfica y según los escenarios. En general, la tendencia es hacia una reducción paulatina de los recursos hídricos disponibles, con su lógica incidencia sobre la dinámica del ecosistema fluvial. En los ríos y humedales, los cambios en el régimen hidrológico y el incremento de temperatura media del agua serán los elementos desencadenantes del cambio en el funcionamiento de estos ecosistemas.

La sensibilidad de los recursos hídricos al aumento de la temperatura y disminución de precipitación es muy alta y afectará a los recursos hídricos de diferentes modos y en función de la localización geográfica (IPPC, 2014). Por cuencas hidrográficas, el impacto climático en los recursos hídricos es muy variable. Destaca la situación del SE peninsular, donde la relación entre la disminución de la escorrentía y la de la precipitación media anual es muy alta, e incluso ligeras reducciones de la precipitación pueden tener un fuerte impacto en la escorrentía (CEDEX, 2017; MIMAM, 2005)

En materia de biodiversidad, el cambio climático se considera una de las cinco presiones principales que impulsan la pérdida de la biodiversidad en el mundo, junto con la pérdida de hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies exóticas invasoras (MITECO, 2019).

En España las evidencias de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad vienen siendo estudiadas desde hace años, aunque el volumen de proyectos y publicaciones al respecto crece rápidamente desde el año 2000. Pueden citarse como trabajos pioneros, los vinculados con la fenología de las especies (Peñuelas et al. 2002 en OECC, 2012; Sanz et al., 2003 en EUROPARC-España, 2018), o al cambio en el área de distribución de especies (Wilson et al., 2005; Sanz-Elorza et al., 2003 en EUROPARC-España, 2018). Se constata, por tanto, que la biodiversidad ligada a los sistemas fluviales puede sufrir alteraciones en la fenología, fisionomía y demografía de las comunidades que configuran dicho sistema fluvial. Estos sistemas están localizados generalmente en ambientes de alta montaña, siendo uno de los ecosistemas más sensibles al cambio climático, entre otros, por la presencia de especies endémicas (Herrero y Zavala, 2015; Escudero et al., 2012; Zamora et al., 2015; OPCC-CTP, 2018 en EUROPARC-España, 2018). Concretamente Herrero y Zavala (2015) realizan un trabajo de revisión y compilación de los efectos del cambio climático sobre los bosques. En ese sentido citan diferentes estudios donde se ha constatado alteraciones en el conjunto del ecosistema forestal, atendiendo a la fenología, fisiología y presencia-distribución de especies y comunidades.

Las áreas protegidas no son ajenas al efecto del cambio climático y juegan un papel muy relevante como reservorios ecológicos y donde existen mayores recursos para observar, detectar cambios y establecer medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. En este contexto, la Red Natura

2000, cuyo objetivo es mantener el hábitat y las especies en un estado de conservación favorable, es una medida de importancia fundamental para la adaptación al cambio climático.

En la siguiente tabla se realiza una síntesis de los posibles cambios en el comportamiento y sistema fluvial asociados a los impactos previsibles del cambio climático:

COMPONENTE	POSIBLES EFECTOS SOBRE EL SISTEMA FLUVIAL
RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de las aportaciones medias anuales - Variación de la distribución estacional de caudales - Incremento del número e intensidad de episodios de crecida - Incremento del número, duración e intensidad de episodios de sequía y caudales nulos - Disminución de la continuidad hidrológica al aumentar la fragmentación del flujo y desconexión del hábitat fluvial debido al incremento de sequías
RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento del volumen de sedimentos debido al aumento de erosión, la desertificación, los incendios forestales y otros cambios en los usos suelo. - Variación en la movilidad de sedimentos (mayor movilidad si aumentan las inundaciones, y menor movilidad si disminuye el caudal)
CALIDAD FISIQUÍMICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la temperatura del agua y consecuente descenso del oxígeno disuelto y variación de otras variables fisicoquímicas - Incremento de la concentración contaminantes debido a menor caudal circulante - Mayores aportes de contaminantes y residuos debido al incremento de inundaciones
AGUAS SUBTERRANEAS	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de los niveles piezométricos - Aumento de salinidad, incremento de la intrusión salina y reducción de calidad del agua - Pérdida o disminución de conexión de las masas de agua subterráneas con las masas de agua superficial
CONTINUIDAD PICÍCOLA	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la fragmentación piscícola - Pérdida de funcionalidad de los dispositivos de franqueabilidad de especies piscícolas debido al menor caudal circulante y a la modificación del patrón de caudales extremos.
MORFOLOGÍA FLUVIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Variación de la movilidad del trazado (aumento o estabilización) debido al cambio en el régimen de caudales y sedimentos. - Modificación de la distribución, superficie y calidad del hábitat físico en lecho y riberas, debido a la alteración de la dinámica hidromorfológica - Alteración de las formas del lecho - Desequilibrio o alteración de los procesos de incisión y acreción, modificando la geometría de las secciones del cauce y su perfil longitudinal. - Desequilibrios en la granulometría del lecho (homogeneización, colmatación, etc.)
VEGETACIÓN ACUÁTICA Y RIBEREÑA	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones en la extensión de las formaciones de ribera - Cambios en el emplazamiento de especies (aumento colonización en cauce, disminución de la conectividad de la vegetación, migraciones altitudinales) - Cambios en la composición de la vegetación de ribera y acuática, disminución especies vulnerables e incremento de especies exóticas invasoras - Cambios en la fenología de las especies (floración, fructificación, etc.) - Empeoramiento del estado fitopatológico de las formaciones vegetales
FAUNA LIGADA AL ECOSISTEMA FLUVIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Desaparición de especies debido a la reducción o alteración de su hábitat - Cambios en la composición debido a la variación de las características del hábitat - Incremento del número, proporción y dominancia de especies exóticas - Desplazamiento de las poblaciones (migración altitudinal)
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de los servicios de abastecimiento (humano, riego, etc.) - Disminución de los servicios de regulación (aumento del riesgo de inundación, erosión, etc.) - Disminución de los servicios culturales (actividades de ocio, turismo, paisaje)

Figura 3: Cuadro resumen de los impactos previsibles del cambio climático en las aguas continentales y ecosistemas asociados en España. Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes.

Cabe destacar que la respuesta de las algunas características de la cuenca vertiente frente al cambio climático, va a potenciar o modificar algunos de los efectos mencionados en la tabla anterior. Como consecuencia de un aumento de la temperatura y disminución de la precipitación, se espera un avance hacia de deforestación y desertificación, que pueden favorecer el riesgo de inundación o incrementar el aporte de sedimentos a los ríos. También cabría esperar que los actuales usos del suelo (agricultura, ganadería, industria, etc.) tengan una demanda mayor de recursos hídricos, lo que afectará negativamente a los ríos. Por otro lado, las prácticas agrarias y los cambios de usos del suelo, también afectan a las características y funcionamiento del sistema fluvial (negativa o positivamente). Por otro lado, los incendios dependen directamente de las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, viento, humedad atmosférica, vegetación, suelo) así como de los usos del suelo (abandono, prácticas de manejo, acumulación de biomasa, etc.), por lo que se espera un aumento en su frecuencia e intensidad como consecuencia del cambio climático. Esto a su vez índice sobre los ríos, ya que incrementan la entrada de sedimentos y de contaminantes asociados a las cenizas.

2.3.- EXPERIENCIAS DEMOSTRATIVAS

A continuación se muestran una serie de iniciativas nacionales e internacionales ligadas al estudio del cambio climático y/o al seguimiento ecológico de los sistemas fluviales y que han servido como base teórica para redactar las premisas básicas de esta propuesta de protocolo de seguimiento. Cabe matizar que la mención de estas experiencias no significa la necesaria vinculación formal entre las mismas, más bien el enfoque es la posible complementariedad de las mismas en la línea de la generación del conocimiento y gobernanza en materia de cambio climático y sistemas fluviales.

2.3.1.- EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SEQUÍAS EN ESPAÑA⁸

Los estudios más completos realizados hasta la fecha sobre el impacto del cambio climático en los recursos hídricos, han sido realizados por el *Centro de Estudios y Experimentación en Obras Públicas* (CEDEX; 2010, 2017). El estudio del 2017 supone una actualización de un estudio previo publicado en 2010, que usaba un conjunto de proyecciones climáticas regionalizadas para España a partir de resultados de simulaciones con los modelos climáticos y escenarios SRES A2 y SRES B2, propuestos por el 3^{er} informe del IPCC (Barranco *et al.*, 2014).

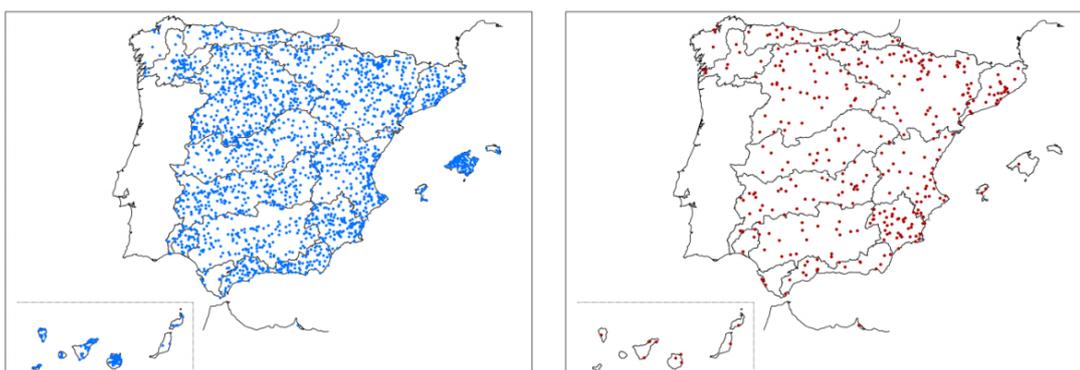


Figura 4- Localización de las 2321 y 374 estaciones donde se han simulado respectivamente la precipitación PRE (izquierda) y las Temperaturas máximas y mínimas (TMN, TMX, derecha), según cada proyección climática. Fuente: CEDEX, 2017.

⁸<http://adaptecca.es/cambio-climatico-y-recursos-hidricos-en-espana-aplicacion-camrec>

En el trabajo del 2017 se utilizan las proyecciones del método de regionalización basado en análogos (AEMET, 2016), que predice los valores de temperatura máxima y mínima, y de precipitación, en 374 y 2371 estaciones, respectivamente. Se consideraron un total de 12 proyecciones climáticas, la cuales abarcan 6 modelos climáticos globales y 2 escenarios de emisiones tentativos (RCP 4.5 y RCP 8.5). A través de estas proyecciones se prepararon mapas mensuales de precipitación (PRE) y evapotranspiración potencial (ETP), con los cuales se alimentó el modelo hidrológico SIMPA para la obtención de las variables hidrológicas evapotranspiración real (ETR), humedad del suelo (HMR), recarga subterránea (REC) y escorrentía (ESC). Con esta información se evaluó el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos considerando 3 horizontes temporales de 30 años hidrológicos (2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100) con respecto al periodo de control (1961 – 2000). La evaluación se realizó para todo el conjunto de España y por demarcación hidrográfica.

También es importante destacar la aplicación informática CAMREC, la cual permite obtener los datos de porcentaje de cambio de las variables hidroclimáticas citadas en cada una de las 12 proyecciones para una zona determinada.

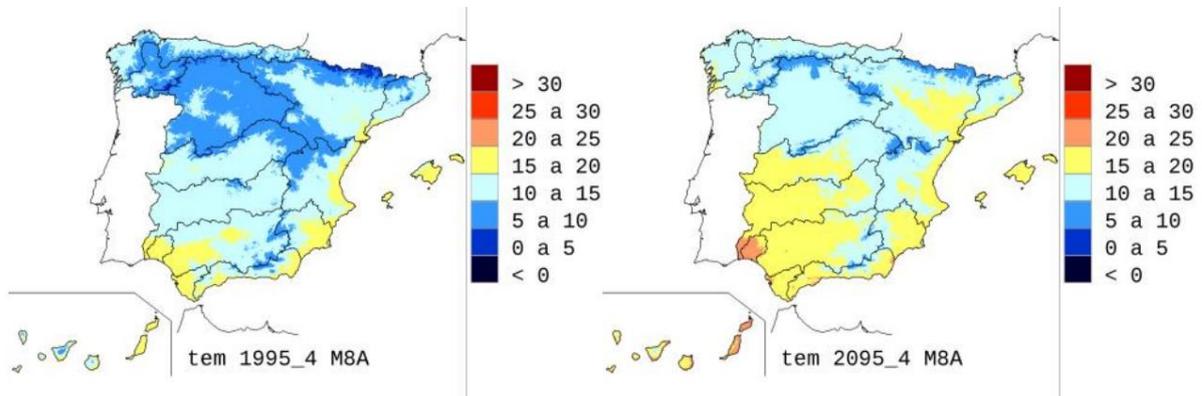


Figura 5- Ejemplo de mapas para la simulación de la temperatura media según la proyección M8A. Fuente: CEDEX, 2017.

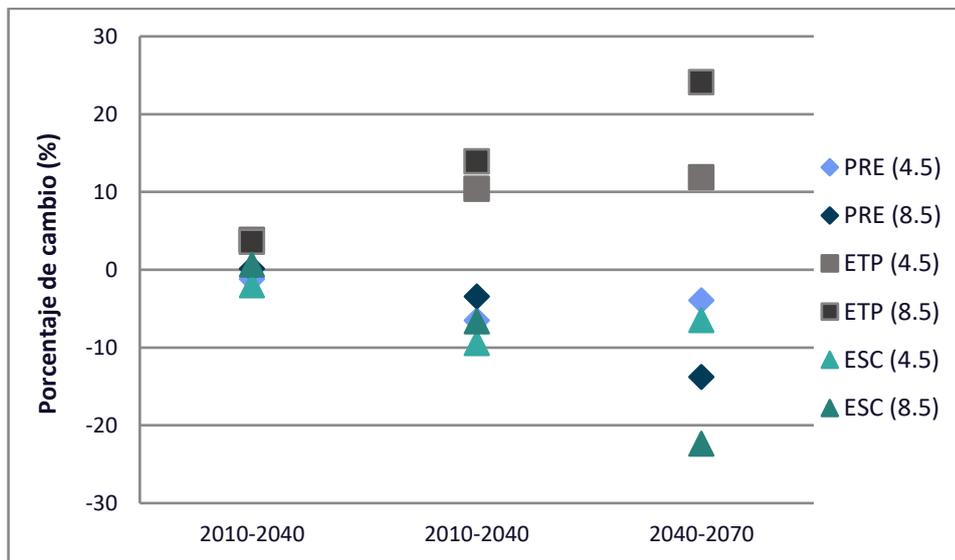


Figura 6: Representación gráfica de porcentaje de cambio con respecto al periodo control y escenarios RCP aplicados a la RNF Alto Eresma en relación a la precipitación (PRE), evapotranspiración potencial (ETP) y escorrentía (ESC) con respecto al periodo de control. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación informática CAMREC versión 1.0 (julio de 2017) desarrollada por el CEDEX.

2.3.2.- PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE CAMBIO GLOBAL DE LA RED DE PARQUES NACIONALES⁹

El objetivo principal de este programa es crear una infraestructura de toma, almacenaje y procesamiento de datos “*in situ*”, además de su intercambio con la comunidad científica, que permita el desarrollo de un sistema de evaluación y seguimiento de los impactos que se pueden generar en los Parques Nacionales españoles como consecuencia del cambio global. Del objetivo principal se desglosan los siguientes objetivos específicos:

- Crear y mantener bases de datos accesibles para la inclusión de los datos obtenidos.
- Promover I+D+i en el campo de la evaluación del cambio global y canalizar un flujo de ayudas a proyectos específicos.
- La difusión y puesta a disposición del público en general y de los investigadores en particular, de los datos y la información obtenida.
- Establecer un lugar de encuentro y foro de discusión para los profesionales que trabajan en la evaluación y seguimiento de los efectos de cambio global.

El Programa se lleva cabo gracias a la firma de un convenio de colaboración entre el Organismo Autónomo de Parques Nacionales, la Oficina Española de Cambio Climático, la Agencia Estatal de Meteorología y la Fundación Biodiversidad, con la colaboración de Ferrovial-Agromán. Inicialmente, la red de seguimiento contó para su definición con el asesoramiento científico de las Universidades de Oviedo, Granada y Complutense de Madrid, el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, en el que participa la Universidad de las Islas Baleares, y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En un principio se seleccionaron tres Parques Nacionales por sus especiales características (Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera, Picos de Europa y Sierra Nevada) para la implantación de los puntos de monitorización de datos, sumándose posteriormente el Parque Nacional del Teide en 2010, el Parque Nacional de Cabañeros en 2012, el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido en 2014, el Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia en 2015 y el Parque Nacional de Caldera de Taburiente en 2016.

La Red de Seguimiento del Cambio Global cuenta con una infraestructura de toma de datos, dotada actualmente con 27 estaciones meteorológicas terrestres y 4 boyas océano-meteorológicas. Todas las estaciones meteorológicas poseen una configuración que cumple con los requisitos y estándares internacionales que marca el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS-Global *Climate Observing System*) para medir variables consideradas básicas. Esta Red constituye una iniciativa pionera para entender mejor el cambio global y evaluar sus efectos en la Red de Parques Nacionales.

En este periodo de funcionamiento, los datos océano-meteorológicos y atmosféricos han permitido desarrollar numerosos proyectos de investigación que han dado lugar a una gran cantidad de publicaciones, incluyendo artículos científicos, tesis doctorales, etc. Se elaboran informes meteorológicos mensuales de cada uno de los parques implicados en la Red y un resumen anual comparativo con las series anuales anteriores. En el horizonte futuro, se plantea el desarrollo de nuevos proyectos de I+D+i, toma de datos de aspectos biológicos, ampliación de la Red de Estaciones Meteorológicas, así como la implementación de tecnologías de tratamiento de datos como apoyo en la generación y transmisión de información.

⁹<http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/red-seguimiento/>

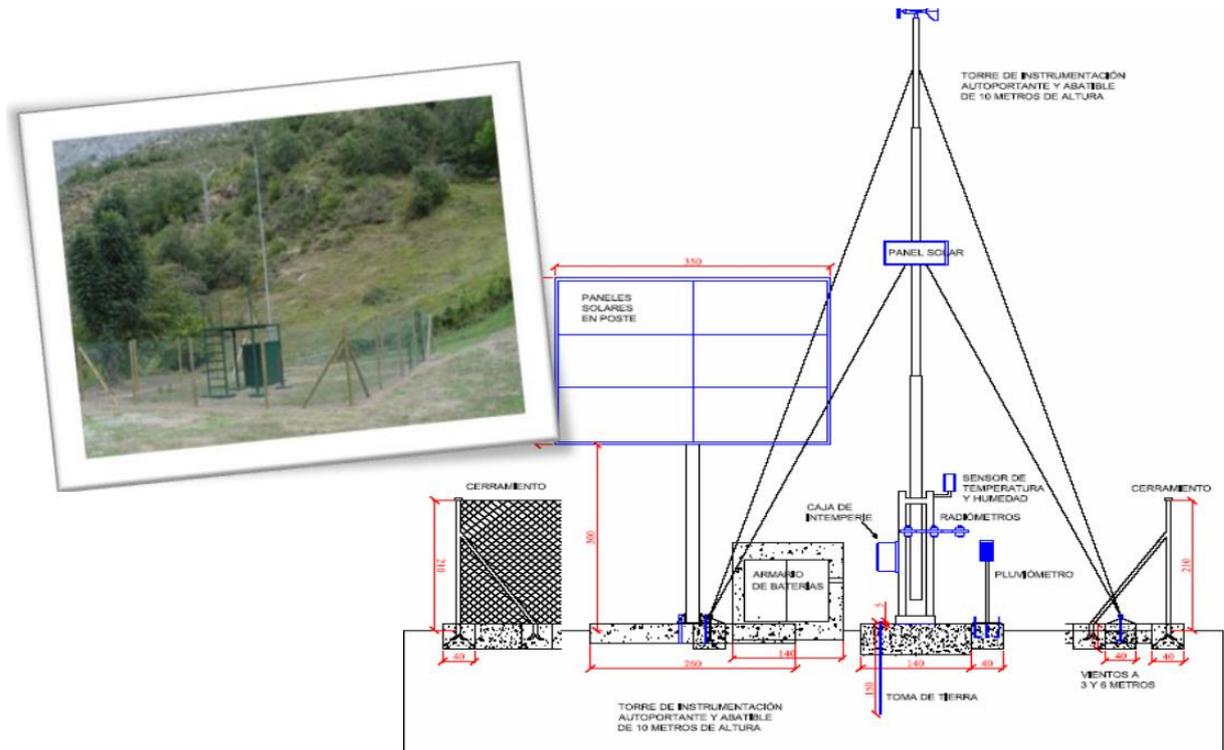


Figura 7: Esquema y fotografía de una estación meteorológica terrestre. Fuente: OAPN, 2015.

2.3.3.- LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLANIFICACIÓN Y LA GESTIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN ESPAÑA

El mantenimiento de ecosistemas en buen estado de conservación se considera una de las principales herramientas para la adaptación al cambio climático. Los espacios protegidos juegan en un contexto de cambio climático un especial papel, aunque todavía no es ampliamente considerado en los correspondientes instrumentos de planificación. El Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014-20) señala de forma expresa la necesidad de integrar la adaptación en la planificación de las áreas protegidas, mediante su incorporación en los instrumentos de planificación, como una de sus líneas de actividad programadas. En este contexto cabe destacar algunas iniciativas que han sido promovidas a nivel nacional, concretamente los trabajos realizados por EUROPARC-España en materia de generación de conocimiento la adaptación del cambio climático en la planificación y gestión de las áreas protegidas.

Según EUROPARC-España (2018), una “Adaptación Basada en Ecosistemas”, se plantea también como una línea de acción prioritaria en las áreas protegidas, en donde sus objetivos de conservación se alinean con los objetivos de minimizar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad que albergan. Así, el mantenimiento de los ecosistemas con una alta resiliencia y capacidad de suministrar servicios ambientales o servicios de los ecosistemas en el contexto de cambio climático” se posiciona como una prioridad en la adaptación de la gestión y conservación de áreas

protegidas¹⁰. En este sentido, se presta especial atención a la escasa integración del cambio climático en la planificación y gestión de áreas protegidas.

El proyecto “Integración de la adaptación al Cambio Climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España”, es un proyecto promovido por la Oficina Española de Cambio Climático y desarrollando la Fundación Fernando González Bernáldez y Europarc-España. Tiene como principal objetivo elaborar una propuesta de procedimiento para la incorporación del cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas apoyada en la investigación y seguimiento realizados, además de facilitar el intercambio de experiencias y buenas prácticas en el ámbito de la adaptación. En el marco de este proyecto, se han llevado a cabo dos seminarios técnicos donde promover el intercambio de información y conocimiento entre gestores de áreas protegidas, y entre estos e investigadores.

Desde 2012, EUROPARC-España se han elaborado diferentes materiales técnicos y divulgativos, entre los que cabe destacar el Manual nº 13 “Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión”, una lista de chequeo para planes de gestión referente a la adaptación al cambio climático en áreas protegidas a una *toolkit* para la adaptación al cambio climático.

En 2013, se publica el “Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario en España. La conservación de la biodiversidad es un objetivo prioritario de la Red Natura 2000 y la amenaza de un cambio climático podría desestabilizar el objetivo prioritario de esta Red con la alteración de la distribución de sus hábitats y especies. Por ello, se plantea la inclusión de un indicador que cuantifique las ganancias o pérdidas de especies o hábitats dentro de un dominio de referencia para distintos escenarios de cambio climático (Simón et al., 2013).

También se han celebrado dos seminarios técnicos, con el objetivo de hacer una puesta en común de avances científicos y técnicos y se pusieron en común algunos casos prácticos y proyectos como la propuesta de “Directrices para la gestión adaptativa de los espacios Natura 2000 en España”, con la finalidad de establecer un marco de referencia común que integre los objetivos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en la gestión de la Red Natura 2000. Se contempla la necesidad de analizar a nivel global los impactos del cambio climático en la Red Natura 2000 en España, a fin de poder evaluar su efectividad concreta y proponer directrices y recomendaciones necesarias para mejorarla. En esta propuesta se contempla 3 escalas espaciales de seguimiento (Red natura 2000, ZEC/ZEPA y hábitat) así como 3 objetivos esenciales (coherencia ecológica, integridad ecológica y estado favorable) (Hidalgo, 2016).

¹⁰EUROPARC España. 2018. Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión.

Criterios para la valoración de la adaptabilidad y vulnerabilidad de los tipos de hábitat y las especies de interés comunitario en España frente al cambio climático

Directrices para la gestión adaptativa de los espacios Natura 2000 en España

Recomendaciones para la incorporación del cambio climático en la **designación de nuevos espacios Natura 2000** en España y en la eventual **modificación de espacios ya existentes**

R. HIDALGO
Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España
(Valseín, 4-5 abril 2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Figura 8: Presentación en el II Seminario de Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España. Título de la ponencia “Red Natura 2000 y cambio climático”. Fuente: Hidalgo, 2016.

2.3.4.- SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO EN LA RED DE REFERENCIA

El Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre (RDSE), establece los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental y traspone al ordenamiento nacional los requerimientos de la Directiva Marco del Agua (DMA) sobre los programas de seguimiento del estado y calidad de las aguas superficiales. El RDSE obliga a disponer, entre otros, de un programa de vigilancia que incluya estaciones que permitan evaluar tendencias a largo plazo en el estado de las masas de agua debidas a cambios en las condiciones naturales, y que permitan establecer condiciones de referencia específicas para cada tipo de masa de agua. Dichas estaciones integran el denominado Subprograma de referencia.

Por su parte, el Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos (en adelante RDEN), establece que el

Ministerio creará una red de lugares de seguimiento que sea representativa de los hábitats de agua dulce, naturales y seminaturales y tipos de ecosistemas forestales, con el fin de realizar el seguimiento de los efectos negativos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas.

En este contexto, la Red de Referencia se plantea como un instrumento óptimo para el seguimiento de los efectos del cambio climático en el estado ecológico de las aguas. Los puntos de muestreo se ubican en masas de agua inalteradas y sin presiones antropogénicas significativas. Por ello, además de ser más vulnerables, permiten identificar las alteraciones atribuibles potencialmente al cambio climático.

Por ello y a través del proyecto denominado “Servicio técnico para la vigilancia de las estaciones de referencia y obtención de la línea base para evaluar las alteraciones debidas al cambio climático y a la contaminación atmosférica. Situación actual”, se propone:

1. la ejecución del subprograma de referencia de las masas de agua superficiales conforme a lo previsto en el RDSE;
2. mejorar el nivel de confianza en las condiciones de referencia utilizadas en la evaluación del estado ecológico;
3. realizar el seguimiento de las alteraciones y tendencia debidas al cambio climático, estableciendo la situación actual;
4. y evaluar los efectos negativos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas acuáticos.

En los puntos que integran la red se medirán los elementos de calidad biológicos (fitoplancton, macrófitos, diatomeas, invertebrados bentónicos y peces), hidromorfológicos (régimen hidrológico, morfología y vegetación ribereña), y fisicoquímicos (temperatura, oxigenación, salinidad, nutrientes y contaminantes) que permiten evaluar el estado ecológico siguiendo las directrices del propio RDSE. En lo que respecta a la contaminación atmosférica y para cumplir con las obligaciones anteriores, la red de seguimiento estará basada en los indicadores de seguimiento optativos enumerados en el anexo IV del RDEN, así como en la Guía elaborada por la Comisión Europea «Seguimiento de los ecosistemas de acuerdo con el artículo 9 y el anexo V de la Directiva 2016/2284».

Dichos estudios pueden suponer aumentar el nivel de resolución taxonómica, analizar mejor la eutrofización o controlar mejor las especies invasoras, entre otros. Así, determinar hasta especie para ciertos invertebrados bentónicos permite conocer su tolerancia a la temperatura; controlar con precisión los fenómenos de proliferación de algas permite determinar su composición, frecuencia o adelanto estacional de los mismos; finalmente, un mayor seguimiento de las especies invasoras –tanto de flora como de fauna- permite valorar si proceden de climas cálidos.

El estudio de los puntos de la red de referencia contempla la toma de muestras y determinación de indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos para la evaluación del estado ecológico y la evaluación de alteraciones debidas a la contaminación atmosférica, así como el estudio de marcadores para el cambio climático. Los trabajos se desarrollarán entre los años 2018 y 2022 y se realizarán campañas de muestreo anuales sobre todas las estaciones seleccionadas.

Con los resultados generados por las campañas de muestreo de las estaciones de referencia se calcularán, para cada tipo de masa de agua, los valores de referencia para cada uno de los indicadores biológicos definidos en el RDSE.

2.3.5.- BIOGLOB. SEGUIMIENTO DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DEL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA¹¹

Los ríos del Parque Nacional de Picos de Europa están siendo monitorizados anualmente desde el año 2012 con el objetivo de entender mejor cuáles son los efectos del cambio global en estos ecosistemas de montaña tan singulares del norte de la Península Ibérica. El cambio global se refiere a los cambios producidos por efecto del hombre en la climatología, en la estructura del paisaje, en los usos del suelo y en los cambios culturales y productivos que se suceden en estas zonas de montaña.

BIOGLOB

Seguimiento de los Efectos del Cambio GLOBal en los ecosistemas Acuáticos Del Parque Nacional De Picos De Europa



Figura 9- Imagen del portal destinado al programa de seguimiento. Fuente: BIOGLOB-IHCantabria.

A través del el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) desde el año 2012 se lleva a cabo en el Parque Nacional de Picos de Europa un sistema de seguimiento como conocer mejor los efectos del cambio global sobre los ecosistemas de montaña presentes ligados al sistema fluvial. Este programa de seguimiento cuenta con el apoyo del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, del propio Consorcio Interautonómico del Parque Nacional de los Picos de Europa y la Fundación Biodiversidad.

¹¹<http://bioglob.ihcantabria.es/>

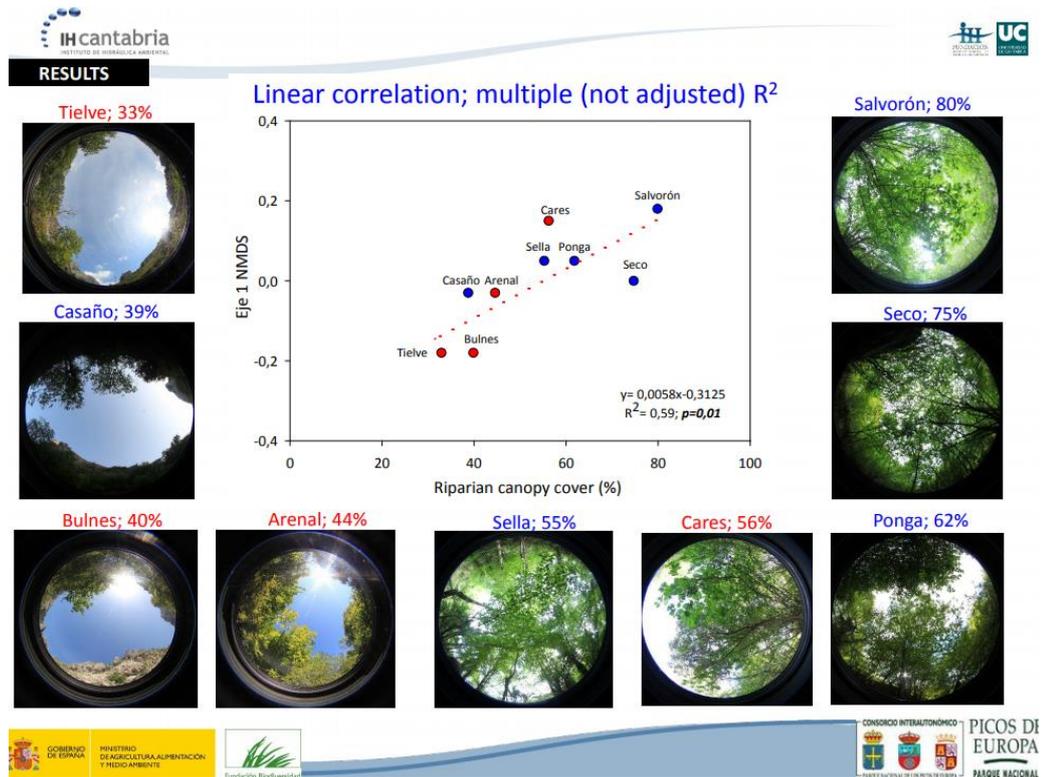


Figura 10: Muestra de los estudios de seguimiento en la vegetación de ribera. Ponencia realizada en el XVIII Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología (Tortosa, Julio 2016). Fuente: IHCantabria.

Esta red de seguimiento monitoriza en continuo el caudal y la temperatura del agua en 7 puntos de las cuencas de los ríos Deva, Cares y Sella, así como la temperatura y el volumen de agua en los Lagos de Covadonga. Además, se monitorizarán, también en continuo, las condiciones atmosféricas en las riberas de los ríos Bulnes y Cares, así como en los Lagos de Covadonga, empleando estaciones terrestres que también son capaces de captar imágenes del medio acuático. Este seguimiento se completa con campañas de muestreo en 13 tramos fluviales para determinar el estado de las comunidades de peces e invertebrados, así como los procesos de fotosíntesis y respiración de estos ecosistemas.

2.3.6.- RED REGIONAL DE MONITOREO DE RÍOS VADEABLES (EPA, 2016)¹²

El objetivo de esta Red Regional de Monitoreo (RMN) es proporcionar datos que puedan ser utilizados en diferentes programas de monitoreo para múltiples propósitos, abarcando diferentes periodos de análisis, dando especial énfasis a largo plazo. Los usos incluyen:

- Monitoreo de la condición de las corrientes mínimas y menos perturbadas.
- Detección de tendencias atribuibles al cambio climático.
- Complementando programas e iniciativas de la Ley de Agua Limpia (CWA) - Definiendo condiciones naturales / cuantificando la variabilidad natural.

¹²<https://cfpub.epa.gov/ncea/global/recordisplay.cfm?deid=307973>

- Obtener una mejor comprensión de las relaciones entre los datos biológicos, térmicos e hidrológicos
- Obtener una mejor comprensión de las respuestas de los ecosistemas y la recuperación de eventos climáticos extremos.
- Obtener información sobre los efectos de los fenómenos regionales, como la sequía, la deposición de contaminantes / nutrientes y las infestaciones de los bosques ribereños en los ecosistemas acuáticos y los programas de bioevaluación.

Se ha establecido la red de monitoreo en el noreste, el centro del Atlántico y el sureste, y los esfuerzos se están expandiendo a otras regiones. Se están recolectando datos biológicos, térmicos, hidrológicos, del hábitat físico y de la química del agua a largo plazo en los sitios RMN para documentar las condiciones actuales y detectar cambios a largo plazo.

También se están utilizando metodologías robustas y coherentes para aumentar la comparabilidad de los datos, minimizar los sesgos y la variabilidad, y garantizar que los datos cumplan con los objetivos de calidad de los datos. La agrupación de datos permite realizar análisis regionales más sólidos y mejora la capacidad de detectar tendencias en períodos de tiempo más cortos. Este programa describe el desarrollo e implementación de los RMN. Incluye información sobre la selección de sitios, las expectativas de recopilación de datos, la justificación para recopilar estos datos, la infraestructura de datos y proporciona ejemplos de cómo se usarán y analizarán.

Entre las variables de seguimiento seleccionadas destacan las siguientes: temperatura, caudal, hábitat, parámetros químicos, fotodocumentación y análisis espacial. La selección de los lugares de monitoreo, se hicieron bajo estos criterios:

- Cursos fluviales que formen parte de redes de monitoreo establecidas y de largo plazo (por ejemplo, US Geological Survey [USGS], centinela)
- Bajo nivel de perturbación antropogénica.
- Con similares características ambientales y biológicas similares
- Accesibilidad y esfuerzo de muestreo.
- Ubicadas en cuencas protegidas del desarrollo futuro.
- Registro histórico de datos biológicos, térmicos o hidrológicos.

Los datos a largo plazo de RMN pueden respaldar otros programas (como por ejemplo CWA), llenar vacíos de información y ayudar a detectar tendencias atribuibles al cambio climático. El marco RMN es flexible y permite la expansión a nuevas regiones, así como a nuevas clases de flujo y tipos de cuerpos de agua. Los datos de monitoreo que se recopilan de estos esfuerzos regionales proporcionarán insumos importantes para los programas de evaluación en su lucha por proteger la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos en un clima cambiante.

2.3.7.- PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA UNIÓN EUROPEA¹³

El *Joint Research Centre* (JRC) es un centro de investigación que da soporte a la política de cambio climático de la Comisión Europea en los siguientes ámbitos: mitigación, adaptación, modelización de

¹³<https://www.oecd.org/env/resources/European%20Commission.pdf>

escenarios, verificación y monitoreo, así como la perspectiva de la sociedad civil. En particular, el centro JRC tiene como objetivos determinar el coste y los beneficios (monetarios y no monetarios) de las políticas de adaptación y mitigación. Del trabajo impulsado por el JRC cabe destacar las siguientes iniciativas:

- Observatorio Europeo de Sequía (EDO). Herramienta para evaluar, monitorear y pronosticar las sequías a nivel continental en Europa¹⁴.
- Evaluación del impacto de la Huella Hídrica. Desarrollo de un marco de trabajo donde confluya el clima, el uso del suelo y el ámbito socioeconómico, y donde se evalúen los recursos hídricos y su uso bajo diferentes escenarios futuros políticos y climáticos.

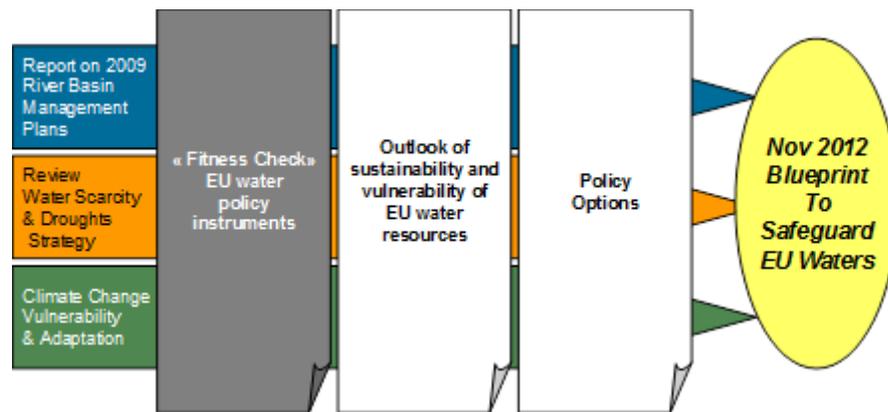


Figura 11: Proceso de evaluación de la huella hídrica. Fuente: Comisión Europea, 2019.

El Séptimo Programa Marco (7PM) para Investigación y Desarrollo Tecnológico, incluye bajo el epígrafe de “medio ambiente” el cambio climático como aspecto clave a tratar. El cambio climático se ha centrado en la investigación e implementación de opciones de mitigación y adaptación, en particular en los desarrollos tecnológicos. Algunos de los proyectos más relevantes incluyen:

- REFRESH¹⁵: Estrategias adaptativas para mitigar los impactos del cambio climático en los ecosistemas europeos de agua dulce. Desarrollo de un sistema que permita a los gestores diseñar programas de restauración rentables para los ecosistemas de agua dulce a escala local y de captación, teniendo en cuenta los futuros impactos del clima y los cambios en el uso de la tierra.
- ACQWA¹⁶: Evaluación de los impactos del cambio climático sobre la calidad y cantidad de agua. Evaluar la vulnerabilidad de los recursos hídricos en las regiones montañosas durante los próximos 50 años e identificar posibles conflictos entre los diferentes actores económicos y usuarios, así como evaluar las opciones de gobernanza y adaptación.

En el contexto explicado anteriormente, y atendiendo a los retos futuros en materia de gestión de los recursos hídricos y ecosistemas asociados, se presenta esta propuesta donde se proponen las bases metodológicas para la implantación de una red nacional de seguimiento de los efectos del cambio climático en las RNF. Este documento se concibe como una primera aproximación conceptual que puede servir como documento de trabajo entre el conjunto de agentes implicados.

¹⁴<http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>

¹⁵www.refresh.ucl.ac.uk

¹⁶www.acqwa.ch

3.- CAPÍTULO III: OBJETIVOS DEL PRESENTE DOCUMENTO

El objetivo principal de este protocolo es definir las bases fundamentales para el establecimiento de una red de seguimiento en el ámbito de las RNF que permita obtener datos a largo plazo para la evaluación y seguimiento de los posibles efectos del cambio climático en los ecosistemas fluviales. De este objetivo principal, se desglosan los siguientes objetivos específicos:

- Mejorar el conocimiento sobre los efectos que cambio climático puede estar teniendo en los sistemas fluviales.
- Conocer la afección y grado o magnitud que dichos cambios tienen en diferentes componentes del ecosistema fluvial y estudiar su dinámica temporal.
- Relacionar los posibles cambios detectados por la red de seguimiento con los efectos del cambio climático.
- Trasladar esta mejora de conocimiento sobre los ecosistemas fluviales para adaptar las medidas de conservación y restauración fluvial hacia los cambios detectados y los escenarios climáticos previsibles, intentando minimizar sus efectos adversos.
- Fomentar la gobernanza, la difusión e intercambio de información para el conjunto de la sociedad, especialmente para las entidades y profesionales que trabajan en este ámbito (trabajo en red con otras redes de seguimiento).
- Proponer medidas específicas para las zonas identificadas como “refugios climáticos”, tramos de cabecera y otros espacios fluviales cuyo microclima y cuyas características, que pueden jugar un papel importante en la pervivencia de determinadas especies o ecosistemas.
- Mejorar la gestión de las reservas como corredores ecológicos, en función del papel que juegan en los desplazamientos de las especies animales y vegetales especialmente más vulnerables por el cambio climático.

Teniendo en cuenta los escenarios y proyecciones de cambio climático, las RNF constituyen una unidad de trabajo muy adecuada para el desarrollo de metodologías de gestión adaptativa. El MAPAMA en 2017, a partir de la *Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)*, propuso para las RNF, la adopción de líneas de gestión y adaptación basadas en¹⁷:

- El mantenimiento de niveles de integridad y diversidad de los sistemas fluviales,
- la puesta en marcha de medidas especialmente rigurosas en los ríos más vulnerables al cambio climático,
- el mantenimiento de los servicios ambientales proporcionados por los sistemas fluviales menos transformados,
- la posible proliferación de especies exóticas invasoras o de especies autóctonas sobreabundantes a consecuencia del cambio climático,
- la identificación de reservas que puedan constituir refugios climáticos frente a los cambios que se avecinan,

¹⁷https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/lineas-estrategicas-rnf-marzo-2017_tcm30-377658.pdf

- la consideración de los desplazamientos de ciertas especies animales y vegetales especialmente afectadas por el cambio climático.

Definido y consensuado este protocolo de seguimiento en el ámbito de las RNF, el procedimiento de actuación en cada una de las RNF seleccionadas para ello sería el siguiente:



Figura 12: Procedimiento de actuación para la implantación del protocolo de seguimiento en cada RNF.

- A modo de estudios previos, se realizará un análisis de las proyecciones futuras de cambio climático como base de conocimiento de posible evolución climática. También se realizará un inventario de experiencias de seguimiento en el ámbito de la RNF que puedan ser de interés para el establecimiento de sinergias en materia de toma de datos, logística y cooperación técnico-científica.
- Posteriormente y aplicando las diferentes escalas espaciales de análisis establecidas en este protocolo, se definirá y justificará el marco espacial para el seguimiento del cambio climático en la RNF.
- Una vez establecido el marco espacial de seguimiento, se propondrán localizaciones, instrumentación y metodología para la creación de la infraestructura de toma de datos, valorando rendimientos, dificultades prácticas y viabilidad técnica.

4.- CAPÍTULO IV: BASES METODOLÓGICAS

En este capítulo se van a definir los aspectos metodológicos básicos que configuran la presente propuesta de protocolo de seguimiento. Para ello, se describen las premisas básicas que sientan sus bases, los aspectos a valorar para establecer un marco espacial y temporal de seguimiento para el conjunto de la red, así como los criterios para la selección y definición de los parámetros de observación. Si bien cabe recordar que esta propuesta debe flexibilizarse y adaptarse a un ámbito territorial amplio y diverso, por lo que se entiende que una vez comience su implantación, puede requerir un proceso de ajuste.

El proceso lógico para alcanzar el objetivo principal de esta propuesta de protocolo pasa por las siguientes fases metodológicas y procedimentales:

1. Establecimiento de criterios para la selección preliminar de RNF para incluirlas en la futura Red de Seguimiento.
2. Estudio y propuesta de selección de parámetros de observación más sensibles al cambio climático, tras la estimación de otras consideraciones metodológicas como pueda ser la precisión y viabilidad técnica y económica.
3. Análisis de los procedimientos de monitorización de parámetros más adecuados y viables (puntos muestreo, instrumentos de medida y técnicas de medición).
4. Propuesta de diseño de las infraestructuras y/o equipamientos para la toma de datos y el establecimiento de un sistema de explotación y gestión de los datos.
5. Propuesta de un sistema de participación y difusión de la información en base al concepto de gobernanza.

4.1.- PREMISAS BÁSICAS

A continuación se presentan y consideran los siguientes principios básicos que encuadran conceptualmente el objeto de este protocolo:

- Se plantea una posible red de seguimiento del cambio climático en el ámbito de las RNF considerando que la influencia antrópica en ellas es mínima y, por lo tanto, los cambios a largo plazo que se observen en principio estarán influenciados por el fenómeno del cambio climático.
- Se propone inicialmente una selección de RNF distribuidas por el territorio a escala nacional que no tienen impactos ni presiones antrópicas destacables en su cuenca o en parte de ella. En cada una de ellas se localizarán las zonas más óptimas (libre de presiones) para realizar la monitorización de los parámetros de seguimiento que finalmente se seleccionen.
- La implementación de la red de seguimiento será progresiva, en función de la viabilidad técnica y económica disponible y acordada. La selección de las primeras RNF para la implantación piloto, así como la selección del marco espacial de seguimiento se establecerá de manera consensuada por el conjunto de actores participantes en la red. De tal manera se asegura que la metodología tiene una base común que otorgue fiabilidad de los datos y resultados pero a la vez pueda adaptarse a la tipología de ríos y a su contexto geográfico.

- El protocolo considera otras iniciativas de seguimiento ligadas a sistemas fluviales y/o cambio climático de ámbito nacional e internacional. Paralelamente se incorporan los requerimientos legales en materia de cambio climático, conservación de la naturaleza y recursos hídricos, considerando para ello la normativa nacional y las directivas europeas actualmente vigentes.
- También incorpora en su metodología protocolos normalizados y estandarizados. Entre estos, cabe destacar los trabajos relacionados con el muestreo de estado biológico, fisicoquímico e hidromorfológico de las masas de agua tipo ríos.
- La selección de los parámetros de seguimiento se realiza en base a la sensibilidad al cambio, si está contrastado su uso para detectar cambios en ecosistemas fluviales, su comparabilidad a largo plazo y el esfuerzo económico y técnico. En función de la tipología de ríos, existirán algunos parámetros de observación que no se podrán emplear, pero en general deberían validarse un grupo básico de datos de observación común para el conjunto de la red.
- El protocolo también considera las posibles limitaciones del seguimiento. Dependiendo de la naturaleza de cada parámetro de observación, la atribución al cambio puede ser compleja, concretamente por los posibles cambios en los sistemas fluviales naturales por factores antrópicos, como extracciones de agua subterránea o cambio en el uso de la tierra. También se consideran las posibles limitaciones en la detección de cambios por ejemplo, en el ámbito de la geomorfología fluvial, en cuanto que la escala temporal de análisis es limitante.
- Atendiendo al concepto de gobernanza¹⁸, el establecimiento en sí de la red de seguimiento, debe ser resultado de un proceso de colaboración y participación continua con las Confederaciones Hidrográficas, la Oficina Española de Cambio Climático, las Comunidades Autónomas, así como cualquier otro organismo o mecanismo formal de participación, como por ejemplo, la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático o grupos de investigación. Asimismo, también debería considerar la posibilidad de acceso y difusión a la sociedad en general, y a la comunidad científica en particular.

¹⁸ Tercer Programa de Trabajo. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

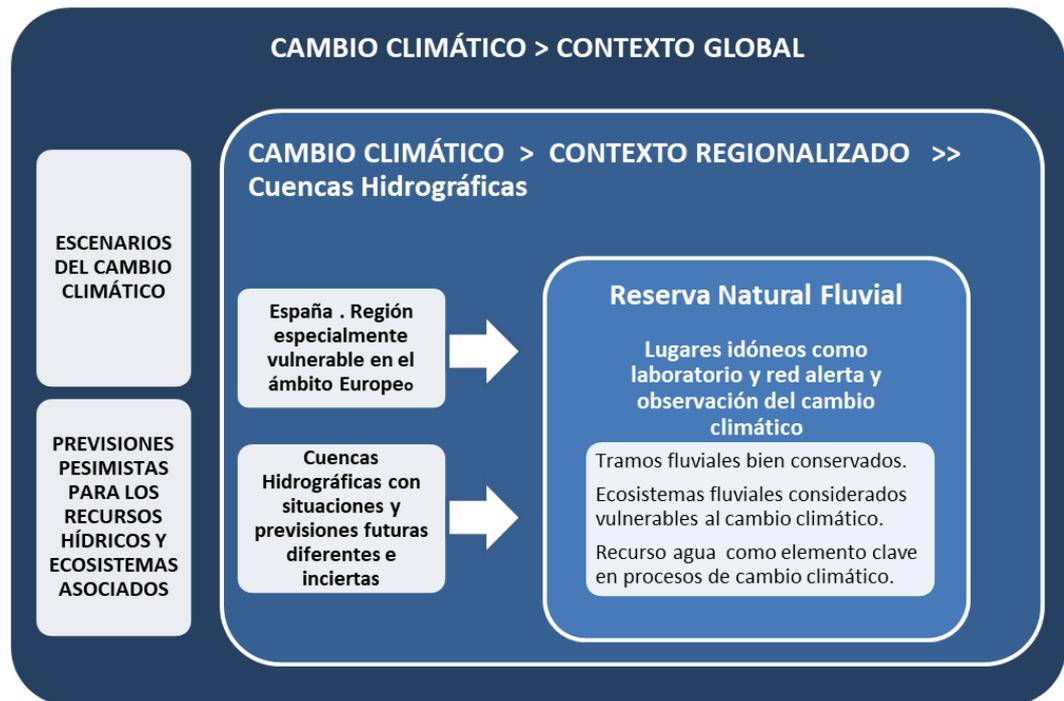


Figura 13: Esquema conceptual del contexto sobre el que se enmarca esta propuesta.

4.2.- MARCO ESPACIAL

El protocolo de seguimiento se configura atendiendo a las diferentes escalas espaciales de las que se pueden obtener información relevante para el objeto del mismo. La detección de cambios puede mostrarse en diferentes componentes y procesos dentro de sistema fluvial por lo que en este marco espacial se han distinguido los siguientes:

- *Nivel previo de organización:* un primer nivel de organización espacial sería la RNF como ámbito geográfico, considerando todo su curso y cuenca vertiente. Para ello, se procede a seleccionar del conjunto del Catálogo Nacional (en concreto, por el momento, de entre las 135 RNF intercomunitarias), una serie de RNF que, por sus características y condición natural, se configurarían como espacios idóneos para implantar el seguimiento. Una vez seleccionadas estas RNF, se pasaría a determinar las diferentes escalas espaciales para la toma de datos dentro de cada RNF. Se han identificado tres niveles de seguimiento espacial:
- *Nivel 1. Cuenca libre de presiones:* este nivel se define por delimitar parte de la cuenca vertiente de la RNF en donde no se han identificado impactos antrópicos ni presiones relevantes, lo que resulta esencial de cara a la posterior lectura de resultados (debe asegurarse que los cambios observados no se derivan de impactos antrópicos locales).
- *Nivel 2. Tramo de control:* a partir de la definición de la cuenca libre de presiones, se localiza el punto de cierre de dicha cuenca y se establece un tramo aguas arriba del punto de cierre.
- *Nivel 3. Sección de control:* el tercer y último nivel, se denomina sección de control y estaría localizado en el punto de cierre de la cuenca de la RNF libre de impactos y presiones y que podría facilitar la operativa logística y correlación de resultados a escala de RNF.

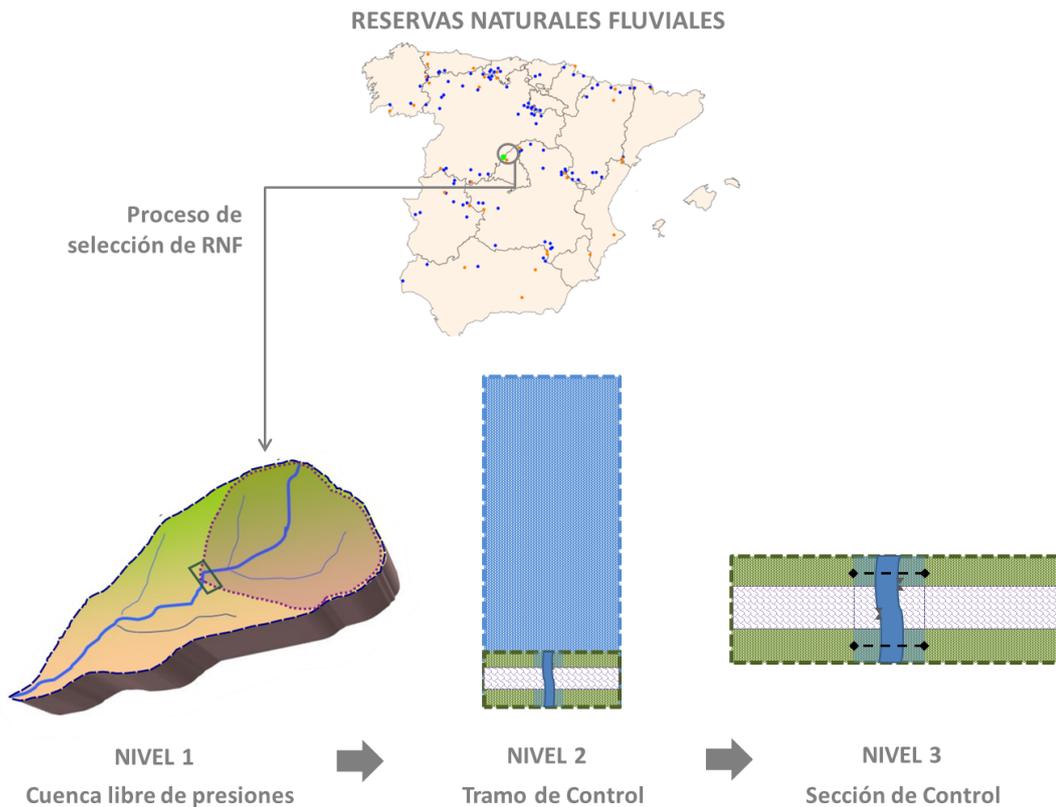


Figura 14: Propuesta de marco espacial de seguimiento.

4.2.1.- SELECCIÓN DE LAS RESERVAS NATURALES FLUVIALES A INTEGRAR EN LA RED DE SEGUIMIENTO

Para la observación de los efectos del cambio climático global en los sistemas fluviales, es necesario contar con espacios de observación cuyas presiones antrópicas sean mínimas, con el fin de tener la certeza de que los efectos observados son debidos realmente al cambio climático y no a otro tipo de alteraciones de origen antrópico y disperso (tales como procesos de contaminación o cambios en los usos del suelo). En este sentido, la red de RNF se considera, en general, un escenario adecuado de observación, ya que, dentro del conjunto de la red fluvial española, los ríos o tramos de río que forman parte de ella son los que presentan un mejor estado de conservación.

No obstante, dentro de la red formada por las 135 RNF intercomunitarias, existen diferentes situaciones en cuanto su tipología, grado de alteración, o figuras de protección paralelas, entre otras. Es por ello que se proponen los siguientes criterios de selección a cumplir por las RNF para que sean susceptibles de formar parte de la red de seguimiento:

- *Presentar un régimen natural de caudales y sin presiones antrópicas:* la primera condición consiste en la selección de RNF caracterizadas por contar con al menos 5 km en cabecera en régimen natural, no presentando su cuenca un nivel de impacto significativo. Esta estimación se ha realizado mediante información cartográfica principalmente a partir de datos facilitados por las Confederaciones Hidrográficas.
- *Encontrarse integrados dentro de Espacios Naturales Protegidos:* la segunda condición consiste en seleccionar reservas que se localicen en Espacios Naturales Protegidos (Parque Nacional, Natural o Regional), situación que garantiza una mayor protección legal tanto de las RNF como de su entorno y, por tanto, una reducción de los potenciales factores que puedan alterar su

estado de conservación. Asimismo, también refuerza el apoyo logístico en cuanto al mantenimiento y utilización de la infraestructura de toma de datos.

- **Presentar un excelente estado de conservación:** de la selección obtenida anteriormente, se identificarían aquellas reservas que cuentan con un excelente estado de conservación. Esta información se ha obtenido mediante visitas a campo y la información proporcionada por las Confederaciones Hidrográficas y por otros agentes implicados.
- **Ser representativos de las diferentes tipologías de río y de los diferentes ámbitos geográficos del territorio español:** para reflejar la evolución de los diferentes ecosistemas fluviales presentes en el Estado, se considera una oportunidad en este seguimiento incorporar los diferentes ámbitos geográficos para observar el cambio en diferentes contextos.

Descritos los posibles criterios de selección anteriormente especificados, el proceso metodológico para la propuesta de selección de RNF quedaría definido por el siguiente esquema donde se proponen un total de 36 potenciales RNF para incluirse en este sistema de seguimiento (ver Anexo 1 con la lista detallada):

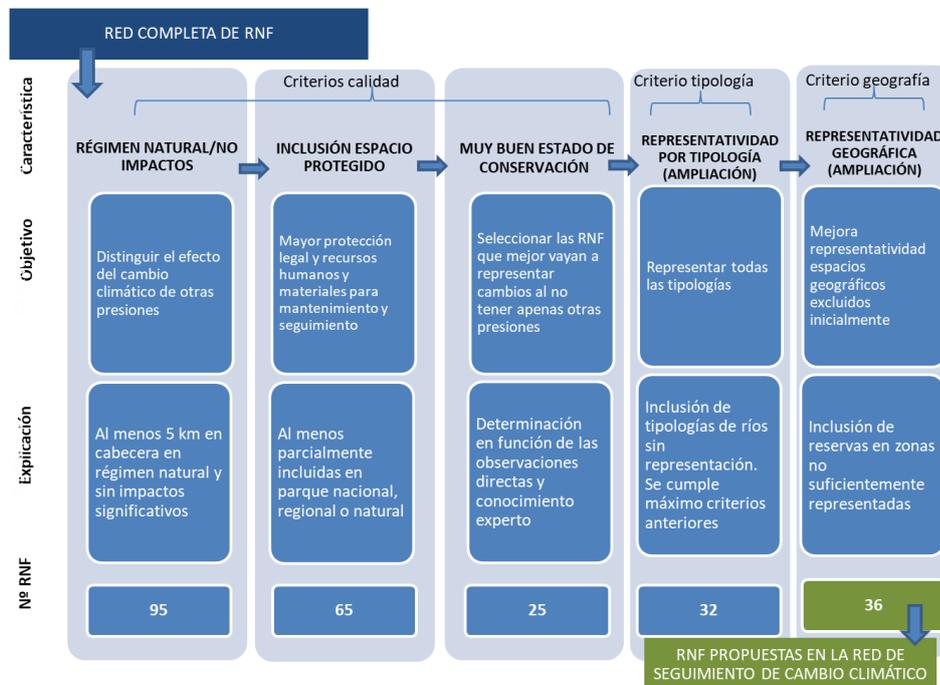


Figura 15: Esquema del proceso de selección de las RNF a integrar en la red de seguimiento de cambio climático.

Estos criterios se han aplicado de forma consecutiva en el orden en el que aparecen. A continuación, se muestran los resultados del proceso de selección en cada fase a modo de tabla sintética junto con un breve descripción de la metodología de selección con más detalle. El análisis cartográfico realizado así como las características básicas de las RNF seleccionadas se encuentran en detalle en el Anexo 1.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA	
Cantábrico Occidental	5
Cantábrico Oriental	2
Duero	5
Ebro	6
Guadalquivir	2
Guadiana	2
Júcar	3
Miño-Sil	3
Segura	3
Tajo	5
ORIGEN DE LAS APORTACIONES	
Glacial	1
Nival	4
Nivo-pluvial	8
Pluvio-nival	6
Pluvial-mediterráneo	12
Pluvial-oceánico	5
TEMPORALIDAD DE LAS RNF	
Permanente	30
Temporal o estacional	3
Intermitente o fuertemente estacional	3
RNF EN RÉGIMEN NATURAL Y SIN IMPACTOS DE ENTIDAD EN LA CUENCA (5 KM)	
Sí	34
Posible	2
SOLAPE DE LA RNF CON ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS	
Parque Nacional	5
Parque Natural o Regional	21
Fuera de Parque ¹⁹	10

Tabla 4: Características de las RNF con ausencia de presiones antrópicas y número.

Del total de las 135 RNF intercomunitarias, se han seleccionado por el momento 36 RNF, por cumplir tras el análisis los criterios de selección detallados anteriormente. Las RNF seleccionadas están repartidas por el conjunto de las Confederaciones Hidrográficas y recogen tipologías de RNF con diferentes orígenes en cuanto aportaciones, aunque destacan aquellas de tipo pluvial-mediterráneo. Destaca asimismo, el carácter permanente de la mayor parte de las mismas. Con respecto a existencia de puntos de la red de referencia, en 16 de las 36 reservas propuestas sí se cuenta con un punto de la red; sólo en 8 casos existe una estación de aforo. Por último, mencionar que 5 reservas están dentro de un Parque Nacional y 20 dentro de un Parque Natural.

¹⁹ A pesar de estar fuera de un Parque Nacional o Natural, de estas 10 RNF, 6 se encuentran 100% dentro de un ZEC o ZEPA, 3 se encuentran parcialmente dentro de unos de estos espacios de la Red Natura 2000 (entre 30 y 90%), y tan solo 1 (Jalón) se encuentra fuera dicha Red.

A modo de ejemplo, la RNF del Alto Eresma ha sido seleccionada para su incorporación en el seguimiento por ser un ejemplo representativo de los ríos de alta montaña pertenecientes a la demarcación hidrográfica del Duero de la provincia de Segovia. De régimen hidrológico nival y permanente, presenta una alta vulnerabilidad al cambio en el régimen de precipitación nival. El curso del río, alterna segmentos rectos con otros sinuosos y se encuentra confinado en cabecera pero termina rodeándose de estrechas llanuras de inundación. Esta variedad de ambientes se refleja en una variedad hidromorfológica del río y permite ser hábitat potencial de múltiples especies que pueden ser esenciales para el proceso de diagnóstico del estado de las masas de agua, así como de especies protegidas. Debido a los valores naturales existentes, esta RNF coincide a su vez con tres figuras de protección ambiental, que se solapan: Parque Natural, Red Natura 2000 y Reserva de la Biosfera.



Figura 16: Reservas Naturales Fluviales propuestas para la red de seguimiento de cambio climático.

4.2.2.- NIVEL 1: SELECCIÓN DE LA CUENCA DE LA RNF LIBRE DE PRESIONES.

Una vez seleccionadas las RNF, el siguiente nivel en el marco espacial de seguimiento se correspondería con aquella superficie de la cuenca de la RNF que se encuentre exenta de alteraciones antrópicas significativas. Para ello, se propone establecer un punto de cierre (coincidente o no con el punto de cierre de la propia RNF), aguas arriba del cual no existan presiones de origen antrópico. Este punto de cierre se establecerá en base a la información de los trabajos de caracterización de las RNF, recomendaciones de los agentes y personal del organismo de cuenca, personal técnico de las áreas protegidas con las que solapa u otra información disponible y fiable.

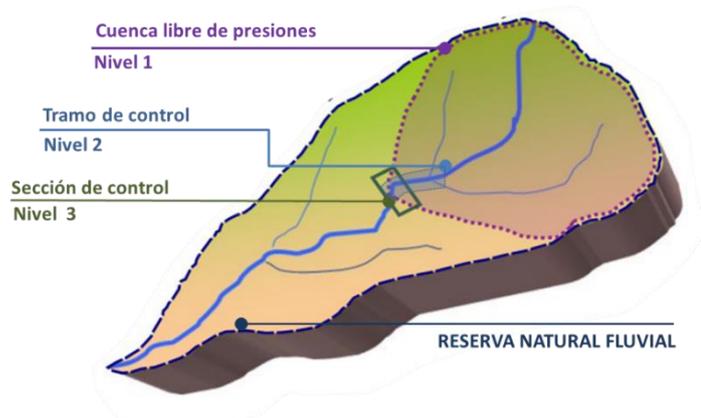


Figura 17: Nivel 1 de la escala espacial de seguimiento. Selección de la cuenca de la RNF libre de impactos-presiones.

Siguiendo con el ejemplo de la RNF del Alto Eresma para la delimitación de esta escala de seguimiento se ha considerado el diagnóstico del estado de las masas superficiales (Confederación Hidrográfica del Duero) y el estudio de caracterización de la RNF (MITECO, 2018). En base a estos estudios se concluye que presenta como principales interacciones con sus masas, la presencia de infraestructuras hidráulicas (azudes), vertidos, captaciones de agua y zonas recreativas, entre otros. Del inventario exhaustivo de presiones realizadas para la RNF, si bien se consideran presiones no significativas, sirven de base para seleccionar la parte de la Cuenca “menos afectada” por dichas presiones.

En la figura se muestra el ejemplo de localización del punto de cierre de la cuenca libre de presiones para esta RNF, con una dimensión de 41,6 km² y representa casi el 61% del total de la cuenca total de recepción de la reserva.

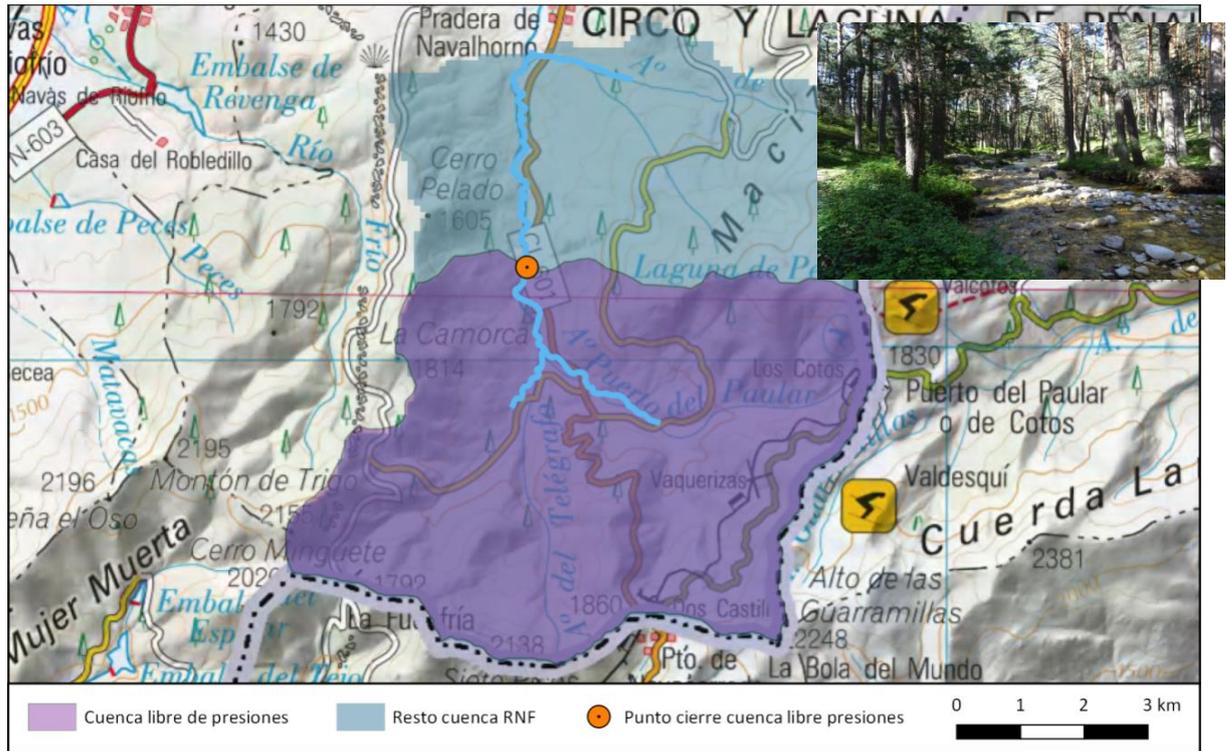


Figura 18: Representación de la cuenca libre de presiones de la RNF Alto Eresma. Foto 1: Aspecto del Alto Eresma en las proximidades del punto de cierre del área sin presiones.

4.2.3.- NIVEL 2: DEFINICIÓN DEL TRAMO DE CONTROL

El tramo de control, se incluye en este nivel de seguimiento atendiendo a la localización del punto de cierre de la cuenca libre de presiones y en términos generales un tramo de unos 500 metros aguas arriba desde la ubicación del punto de referencia de la sección de control. El tramo de control se requiere para realizar captura de datos relativa a la hidromorfología y vegetación de ribera. Debido a la naturaleza de toma de datos que se realiza, la anchura del tramo será dependiente del cauce activo o bien de la ribera topográfica, como referencia general, puesto que las tecnologías que aplican para esta escala se centran en barridos de información realizados por vuelos con sensores o imagen satelitales.

Pasos para la definición del tramo de control:

*Paso 1: Definición del nivel 1.
Localización del punto de cierre de la
cuenca.*

*Paso 2: Establecimiento de un tramo
de 500 metros aguas arriba del punto
de cierre de la cuenca libre de
presiones.*

*Paso 3: Definición de la anchura en
función de los parámetros de
observación.*



Figura 19: Croquis de pautas para la definición del tramo de control.

4.2.4.- NIVEL 3: DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DE CONTROL

Este tercer nivel en la escala espacial se localizaría en el punto de cierre de la cuenca de la RNF libre de presiones (Nivel 1) y se correspondería con un nivel de seguimiento más intensivo. En la sección de control se propone concentrar la toma de datos de todos los aspectos a seguir (hidrología, vegetación, geomorfología, calidad de las aguas, etc.) con el fin de poder llegar a establecer correlaciones entre dichos datos.

En la sección de control resulta especialmente importante la precisión en la toma de los datos, con el fin de que estos sean comparables a lo largo del tiempo y de que no existan sesgos debidos a la aplicación de métodos o técnicas de toma de datos poco precisas. La delimitación final de estas secciones de control deberá atender a la tipología de las diferentes RNF, a la accesibilidad y operativa de las localizaciones y también considerar la necesidad de que los marcos espaciales se repliquen igual cada año y bajo la misma metodología para asegurar la comparabilidad de los datos.

Para definir las dimensiones de la sección de control, se debe proceder primero a localizar un punto de referencia (paso 1). La ubicación de la sección de control en ese punto permite obtener información relativa al conjunto de la cuenca vertiente. En aquellos casos en que el punto de cierre no reúna las características adecuadas para el establecimiento de la sección de control, por ejemplo, por tratarse de un punto poco sensible a los cambios, o de acceso muy complicado, se elegirá un punto cercano aguas arriba que reúna las condiciones necesarias. En ese caso, la cuenca libre de presiones debería redimensionarse para ajustar el punto de cierre de la cuenca a la sección de control.

Pautas para la definición de la sección:

- ① Punto de cierre de la cuenca sin presiones (coincidente o próximo)
- ① Presencia de dinámica fluvial
- ① Dimensiones según cauce activo y ribera topográfica.
- ① Accesible (viabilidad técnica)

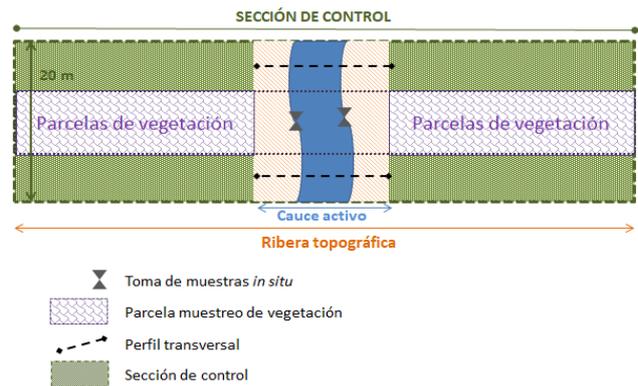


Figura 20: Pasos para la definición de la Sección de Control.

A partir del punto de referencia, se concreta la sección de control (paso 2). Para el dimensionamiento de la sección de control, se consideran los conceptos de cauce activo, ribera topográfica y la tipología de la vegetación de ribera:

- La ribera topográfica se define como *“el espacio potencial de ribera, que engloba los terrenos que, con la morfología del terreno actual podrían tener una conexión con el medio fluvial de forma que su vegetación tuviese un carácterazonal”*. En condiciones naturales, estos terrenos se extenderían hasta la zona en contacto con la vegetación climatofila natural y/o los terrenos ajenos a la dinámica fluvial.
- La ribera funcional, sin embargo, quedaría centrada en el *“espacio que alberga actualmente vegetación natural asociada a la ribera del río, es decir, todos aquellos hábitats ribereños propios de la masa de agua en estudio, tanto los leñosos como los no leñosos, que de forma natural se encuentren ligados al cauce y su zona inundable”* (MAPAMA, 2017).
- En función de la definición del cauce activo según la tipología de ríos, se empleará el concepto de ribera topográfica cuando estemos tratando con ríos de ribera definida²⁰ y el concepto de zona geomorfológicamente activa²¹ cuando la tipología de ríos no pueda ser definida.

²⁰Se consideran ríos con ribera definida a aquellas tipologías fluviales que habitualmente tiene asociada una banda de vegetación asociada a la dinámica fluvial, normalmente, en cauces que, continuos o discontinuos, tienen cierta azonalidad y que permite, en mayor o menor medida, la existencia de una vegetación ligada a los aportes adicionales de agua que la vegetación climatofila natural de los terrenos adyacentes. (MAPAMA, 2017).

²¹Integran esta categoría los cauces en que, debido a las condiciones hidrometeorológicas e hidromorfológicas del sistema fluvial, no es posible el desarrollo de una ribera bien definida ni de un bosque de ribera estable o por no tener caudal todos los años, o, teniéndolo, es tan escaso que no llega a la categoría de intermitente. El régimen aleatorio y torrencial sin embargo define una zona geomorfológicamente activa fácilmente identificable respecto al entorno, y siempre muy superior a la que evacua el flujo normal, si este existe. (MAPAMA, 2017)

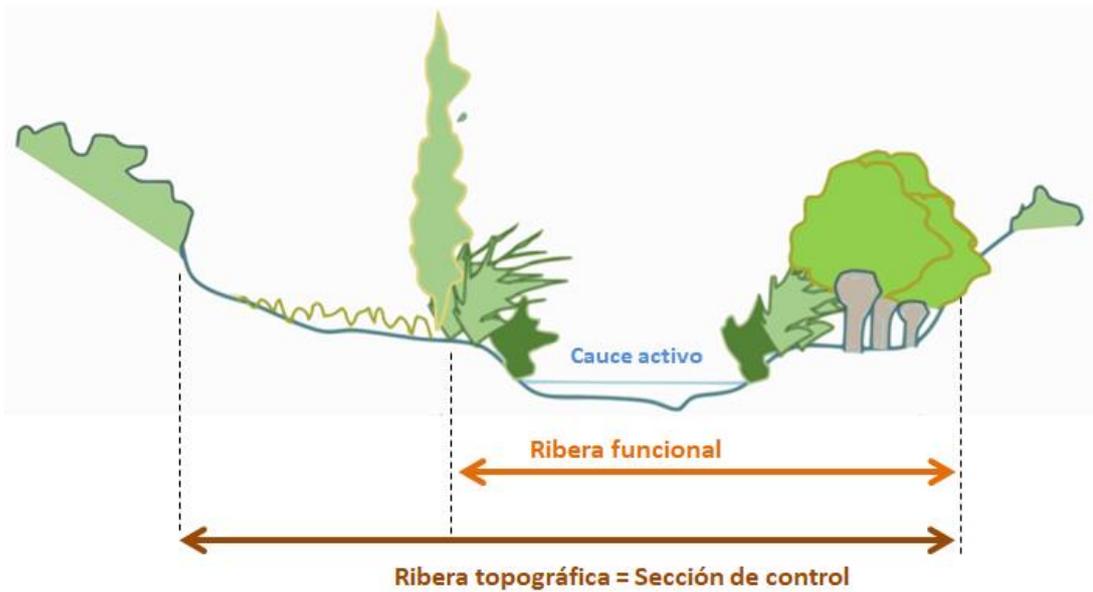


Figura 21: Nivel 3 de la escala espacial de seguimiento (visto en sección transversal del río). Modificado de MAPAMA, 2017. Guía Para La Aplicación Del "Protocolo De Caracterización Hidromorfológica De Masas De Agua De La Categoría Ríos.

Atendiendo a estos conceptos, la longitud de la sección de control se podría terminar de definir en función de la tipología del río y de la anchura del cauce activo, siendo como mínimo de 20 metros; y la anchura de la sección definida por la ribera topográfica. Para realizar un seguimiento de la vegetación de ribera, se propone la localización de parcelas de vegetación en esta sección de control. La parcela de vegetación a muestrear podrá ser igual a la sección de control, excepto en los casos en que la longitud de la sección de control sea superior a 20 m, en los que, por razones prácticas, podrán establecerse parcelas de muestreo de vegetación más pequeñas que la sección de control.

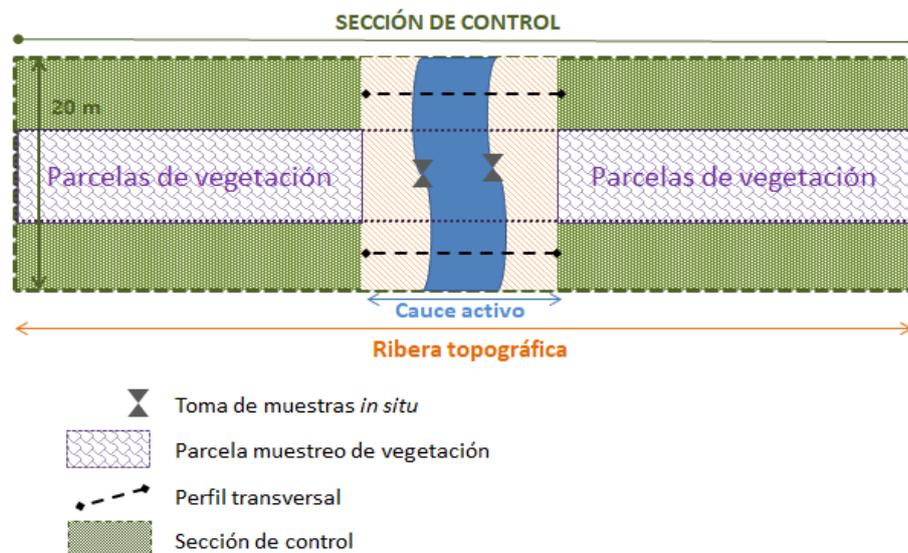


Figura 22: Croquis Nivel 3 de la escala espacial de seguimiento.

COORDENADAS UTM ETRS89 UTM Zona 30N	
Punto de cierre cuenca	
X:413.416	Y: 4.521.268
Punto de referencia sección	
X: 413.399	Y: 4.521.235
Descripción del punto de referencia de la sección de control: Piedra de granito con forma de pirámide cerca de pino albar. Cerca de cauce activo. El punto de referencia se sitúa 150 m aguas arriba del punto de cierre de la cuenca libre de presiones.	

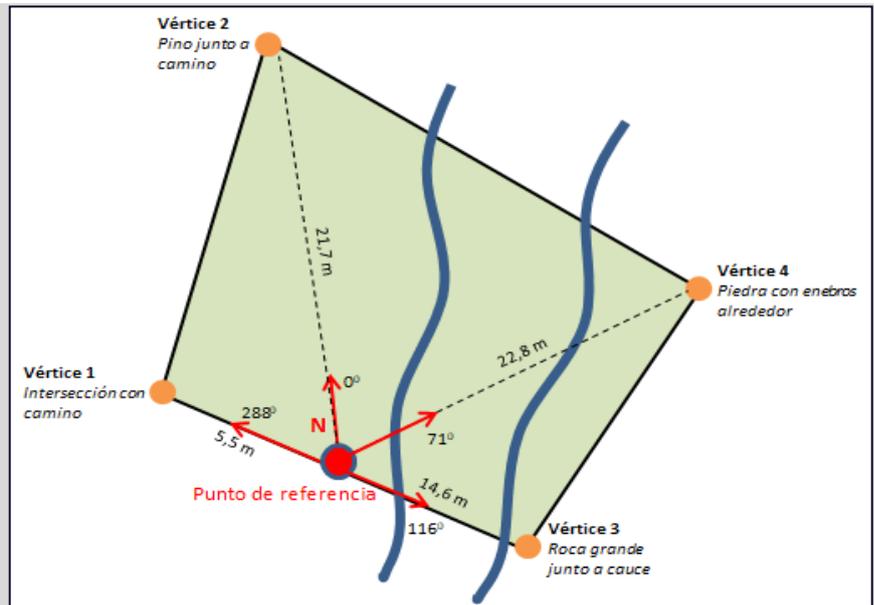


Tabla 5 y Figura 23: Localización de la sección de control en la RNF Alto Eresma.

La toma de variedad de datos concentrada en secciones de control contempladas a este nivel de seguimiento haría que estos emplazamientos funcionen en la práctica como verdaderos laboratorios al aire libre. Una red temprana de alerta sobre el efecto del cambio climático en los sistemas fluviales españoles.

4.3.- MARCO TEMPORAL

El estudio para el seguimiento del cambio climático en las RNF se propone desde una perspectiva a largo plazo. La idea principal es asegurar la realización del seguimiento de forma sostenida en el tiempo, de forma que permita observar patrones y tendencias de variación de las características fluviales y su relación con el cambio climático. La toma de datos tendría diferente frecuencia en función de la naturaleza del parámetro de observación y la instrumentación elegida, pero el tratamiento y emisión de informes de resultados se realizaría en dos periodos: anual y sexenalmente.

La periodicidad anual se establece básicamente para el seguimiento aquellos parámetros que experimentan una considerable variación interanual y cuyos datos se puedan extraer de manera automática, como para los ámbitos de la hidrología, meteorología, fisicoquímica y ecología del agua, así como el registro anual de diferentes eventos como incendios o cambios en los usos del suelo. La periodicidad sexenal, está destinada para la emisión de informes que incorporen datos brutos o sintetizados sobre aspectos que requieren una escala temporal mayor, como la estructura y composición de la vegetación de la ribera o cambios en la geomorfología fluvial.

Cuando existan datos históricos (climáticos, régimen de caudales, calidad de agua, etc.), se recomienda realizar un análisis de la serie con el objetivo de observar tendencias, tratando de discernir hasta qué punto el cambio climático es el responsable de las posibles variaciones observadas con respecto al periodo histórico previo analizado.



Figura 24: Relación entre la escala temporal, tipología de datos y objetivos a alcanzar.

4.4.- TECNOLOGÍA Y METODOLOGÍAS PARA LA TOMA DE DATOS

La metodología para la toma de datos será diferente para las tres escalas espaciales de seguimiento. En el nivel 1 primará el análisis de datos cartográficos de toda la RNF y de su cuenca, mientras que el nivel 2 y 3 (intensivo) se combinará la toma de datos de campo, aunque también se podrá completar con información procesada en gabinete.

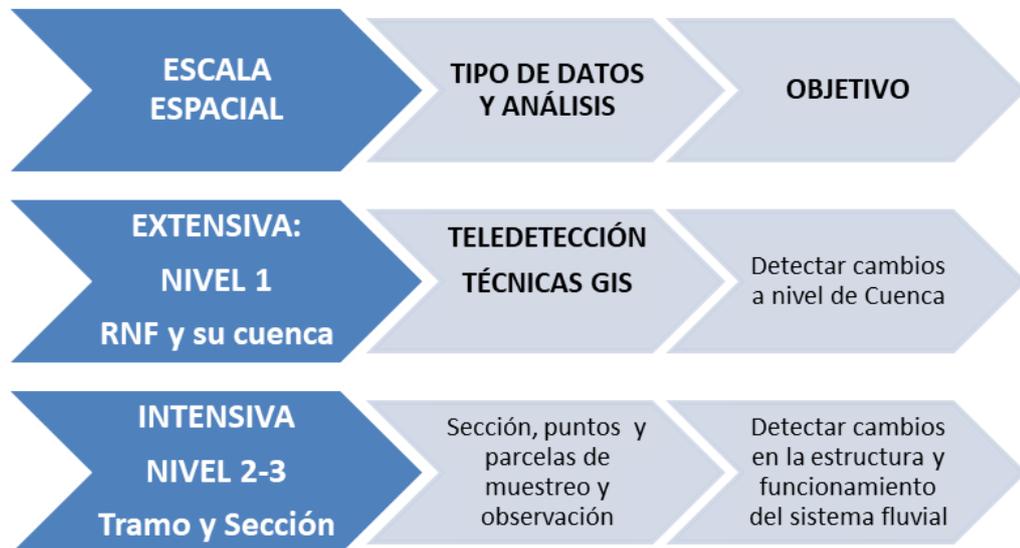


Figura 25: Relación entre la escala espacial, tipología de datos y técnicas de medición y objetivos.

La existencia de numerosos protocolos y estudios técnicos aplicados al seguimiento del ecosistema fluvial ofrece un gran abanico de posibles parámetros de observación. Sin embargo, se estima necesario considerar los siguientes criterios para realizar una selección exhaustiva de las mismas:

- Se plantea un seguimiento del cambio climático en áreas poco perturbadas por el ser humano.
- La selección de parámetros de observación también está condicionada por la sensibilidad a medir el cambio, la precisión y la viabilidad técnica y económica.

- El seguimiento de cambio climático se realizará a largo plazo, por lo que también se trabajará con datos cuyos procesos pueden ser más lentos, como par el ámbito de la geomorfología fluvial. La selección por tanto debe dar respuesta igualmente tanto a las diferentes escalas de seguimiento espacial y temporal como considerar los posibles escenarios de cambio climático y cómo pueden afectar a los diferentes componentes del sistema fluvial.
- La implantación de un sistema de seguimiento para el conjunto de las RNF supone un esfuerzo económico y humano grande, así como un compromiso de mantenimiento de la instrumentación y equipamiento para los organismos de cuenca y las demás administraciones públicas. Por lo que el criterio de viabilidad técnica y económica también es decisivo a la hora de descartar tipo de parámetros a observar.

En la actualidad se cuenta con numeroso equipamiento de instrumentación que complementa a los equipos tradicionales para la toma de datos, sin embargo, hay que considerar en su conjunto el coste humano y económico en su selección, considerando su frecuencia de toma de datos y análisis. También hay que considerar el gran avance tecnológico en instrumentación y procesado de datos, donde las tecnologías de precisión para la medición tienden a ser más accesibles económicamente. Por lo que el seguimiento si es entendido a largo plazo debe contemplar ese abaratamiento futuro de las tecnologías.

4.4.1.- ANÁLISIS CARTOGRÁFICO Y TELEDETECCIÓN

Gran parte de los parámetros de observación propuestos para la escala temporal del nivel 1 y 2 requieren el empleo de técnicas de fotointerpretación, cartografía y teledetección. Este es el caso de los datos de usos del suelo, cobertura vegetal, morfología del cauce, cobertura nival o incidencia de incendios. Para llevar a cabo dichos análisis a escala de cuenca se hará uso de ortofotografías de alta resolución, fotografía aérea histórica, tecnología LiDAR y cartografías existentes (SIOSE, CORINE LAND COVER, etc.).

La fotografía aérea es la base para la realización de cartografía y la información geográfica en general, y para este caso de este protocolo, especialmente interesante para gestión forestal e hidrografía. Utilizando los mismos datos fotogramétricos de partida, se consigue una perfecta coherencia geométrica y temporal de las bases de datos cartográficos y geográficos existentes. En ese sentido se puede destacar las ortofotografías aéreas generadas por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) cuyo objetivo es la obtención de ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 ó 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 ó 3 años, según las zonas.

La disponibilidad de imágenes satelitales con muy buena resolución y alta recurrencia, como es el caso de las proporcionadas por el satélite Sentinel-2, ofrecen una resolución espacial de 10 m y una frecuencia de paso de tan solo 5 días, así como de largas series temporales. También para el caso de Landsat-7 y Landsat-8, con resolución de 30 m y frecuencia de paso cada 16 días pero con información desde hace varias décadas, permite analizar con mayor detalle la vegetación. Además permite la detección de las modificaciones producidas en las superficies ocupadas por los hábitats detectables a lo largo del tiempo.

Las aplicaciones del LiDAR (Light Detection and Ranging) en la actualidad están muy extendidas y están evolucionando a gran velocidad por lo que están siendo cada vez más empleadas para estudios de geomorfología fluvial, estructura y composición de la vegetación, análisis de las interacciones cauce-sistema fluvial y modelización hidrológica y sedimentaria, entre otros (Magdaleno y Martínez, 2006). El uso de LiDAR, con una densidad de información de 0,5 pulsos/m², y de las imágenes Sentinel-2, con 10 m de resolución espacial, puede permitir analizar pequeñas superficies y la localización de hábitats con

escasa extensión superficial. Además, el uso de la tecnología LiDAR es muy eficaz para la localización de láminas de agua, ya que sobre estas superficies se produce una absorción total del pulso láser, de forma que facilita la identificación de hábitats ligados a la presencia de láminas de agua.

El proyecto PNOA-LiDAR, pretende cubrir todo el territorio de España mediante nubes de puntos con coordenadas X, Y, Z obtenidas mediante sensores LiDAR aerotransportados, con una densidad de 0,5 puntos/m. La precisión altimétrica obtenida es mejor de 20 cm RMSE Z.

4.4.2.- OTRAS TECNOLOGÍAS

Para el estudio y seguimiento del cambio climático en las RNF, se puede hacer uso de diferentes tipos de plataformas (satélite, avión, helicóptero, dron) que, combinadas con diferentes sensores (multiespectrales, hiperespectrales, térmicos, LiDAR) sirvan para extraer información temática y de precisión. Constituye, de hecho, una oportunidad para desarrollar una línea de investigación y desarrollo aplicado a la gestión y seguimiento del medio fluvial. En el Anexo III se hace referencia con mayor grado de detalle al uso de diferentes tecnologías para el estudio del medio natural fluvial.

4.4.3.- TOMA DE DATOS AUTOMÁTICA

Para la recopilación de datos meteorológicos, datos de caudales y datos de calidad de las aguas es necesaria una instrumentación específica que puede estar ya presente en diferentes instalaciones y redes de seguimiento (estaciones de aforo, estaciones meteorológicas, estaciones de control de calidad de agua, entre otras). Sin embargo, debido a la necesidad de homogeneizar la toma de datos para que la información tenga robustez y pueda ser comparable a largo plazo, primero se debe considerar que la ubicación de estas estaciones de medición pueda localizarse en lugares compatibles con la escala espacial de análisis y que paralelamente no intercedan en el criterio de no presión-impacto. De hecho, muchas RNF no cuentan con estas instalaciones necesarias, por ello se propone la instalación de diferente instrumentación y equipamiento.

4.4.4.- TOMA DE DATOS DE CAMPO

Para el nivel de seguimiento a escala de sección de control, se requeriría una fase de trabajo de campo para la toma de datos directa. Esta toma de datos tiene doble finalidad. Por un lado, validar la fotointerpretación realizada en la fase anterior; por otro lado, adquirir información adicional y complementaria a la obtenida mediante las técnicas de observación remota de la Tierra en relación al estado de los sistemas naturales. La toma de información *in situ* podría ser complementada por la instalación de redes de estaciones de toma.

Para la toma de datos en campo se podrían emplear aplicaciones para dispositivos móviles (Smartphone, PDAs, Tablet, etc.) que permitan cumplimentar estadillos digitales en los que se recopile toda la información necesaria para la identificación, caracterización y definición del estado de conservación de los distintos hábitats. Con estos software, la información podría ser incorporada de forma sencilla y rápida a las bases de datos centralizadas de forma que se pueda realizar una rápida revisión y validación de la misma, agilizando el trabajo de procesado de información de campo. Junto con la información alfanumérica recogida en los estadillos de muestreo se capturaría información multimedia consistente principalmente en fotografía y vídeos georreferenciados que permitieran generar una base de datos audiovisual de las zonas visitadas.



El Dispositivo



Las tareas del despacho al campo



Los datos on-line o off-line



Integración con otros sistemas

Figura 26: Imágenes sobre diferentes software y hardware para la toma de datos en campo. Fuente: Aguilar, 2014.

En Anexos se ha destinado un apartado específico a la descripción de tecnologías innovadoras para el seguimiento a largo plazo de las RNF. Algunas de estas tecnologías están ya consolidadas y son cada vez más accesibles técnica y económicamente y otras están en fase experimental pero se estima que a medio plazo podrían ser igualmente accesibles y ampliamente utilizadas.

5.- CAPÍTULO V: PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO

En este apartado se presentan una serie de parámetros básicos que pueden ofrecer información de las diferentes componentes del sistema fluvial y que se presentan para su incorporación al presente protocolo de seguimiento. Esta selección ha considerado el marco espacial y temporal de seguimiento y las premisas metodológicas básicas establecidas en el apartado anterior. En una fase posterior de madurez y consolidación de esta propuesta, se podrán seleccionar y proponer variables e indicadores de seguimiento concretos que puedan ilustrar posibles cambios de manera más sintética, tanto a nivel de RNF como a nivel de Red.

Como aparece en el croquis conceptual siguiente, el cambio climático en ecosistemas fluviales genera un efecto cascada a partir de su impacto sobre el balance hídrico y la vegetación de ribera, el cual a su vez incide sobre distintos procesos fluviales (régimen hídrico, morfología, etc.) y la calidad del agua, en especial la temperatura del agua. En su conjunto, los cambios que inducen el cambio climático sobre los distintos procesos fluviales y la calidad del agua condicionan la permanencia de las comunidades biológicas, que los habitan, e introducen cambios en su estructura y dinámica (Brittain 2008; IPCC, 2014).

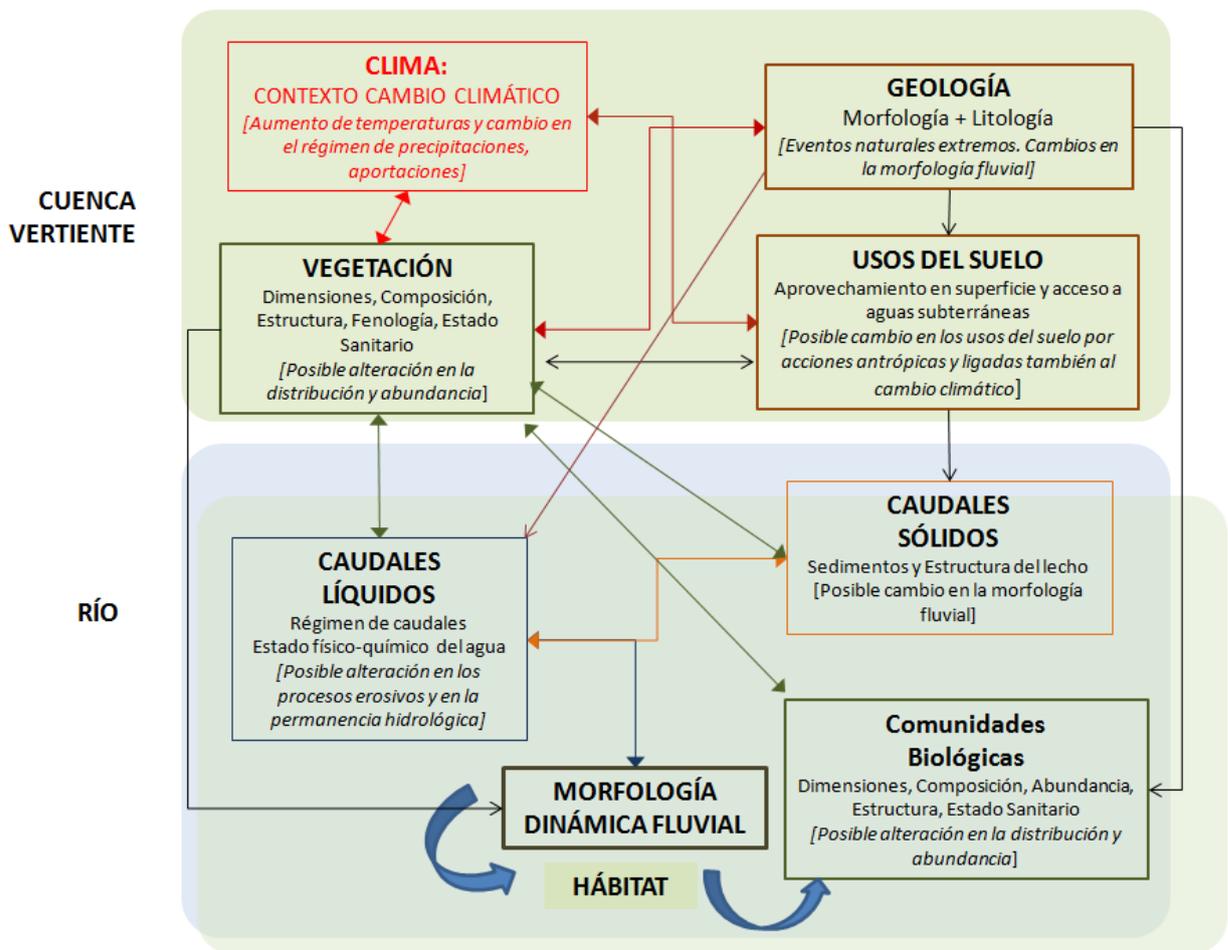


Figura 27: Esquema conceptual donde se vinculan los impactos previsibles sobre los recursos hídricos y ecosistemas asociados y su vinculación con las componentes del sistema fluvial y datos de observación propuestos para el seguimiento. Modificado de: González del Tánago (2010)

Para estudiar los efectos del cambio climático sobre los sistemas fluviales se propone para cada uno de los principales componentes del medio fluvial (meteorología, hidrología, geomorfología, vegetación

de ribera, estado fisicoquímico y biológico y perturbaciones antrópicas y eventos extremos) una serie de datos de observación, atendiendo a los principios anteriormente mencionados de sensibilidad al cambio, replicabilidad futura y viabilidad técnica y económica. El conjunto de información recopilada, permitirá el cálculo de diferentes variables e indicadores de seguimiento que en este documento no se definen.

En el Anexo III, se describe con más detalle la información de los parámetros de observación propuestos.

COMPONENTES DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN
METEOROLOGÍA	Temperatura
	Precipitación
	Nieve
	Humedad
	Radiación solar
HIDROLOGÍA	Caudales
	Permanencia hidrológica
	Aguas subterráneas
GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL	Morfometría del cauce en planta
	Perfil transversal del río
	Tipo y estructura de los sedimentos
VEGETACIÓN DE RIBERA	Dimensiones de la zona ribereña
	Composición específica
	Cobertura
	Dendrometría
	Estado fitosanitario
ESTADO FISICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL AGUA	Fenología
	Temperatura del agua
	Oxígeno disuelto
	Conductividad
	Macroinvertebrados
	Macrófitos
	Diatomeas
Especies invasoras	
PERTURBACIONES Y EVENTOS	Usos del suelo
	Incendios forestales

Tabla 6: Parámetros de seguimiento a medir para cada uno de los componentes del medio fluvial de acuerdo al PSCC-RNF.

En los siguientes apartados se justifica la selección de los parámetros de seguimiento que aparecen en la tabla, haciendo referencia a aquellos protocolos, estudios técnicos e investigaciones científicas que hacen uso de ellas para el seguimiento del cambio climático. En el Anexo II y el Anexo III se muestra información más en detalle sobre distintas tecnologías y metodologías de trabajo para los datos de observación propuestos.

5.1.- COMPONENTE METEOROLOGÍA

El estudio de datos meteorológicos constituye un aspecto fundamental para conocer si las variaciones observadas en el medio fluvial tienen su origen en el comportamiento climático de la RNF y si estas variaciones se podrían atribuir a los efectos del cambio climático. Por ello, se propone una serie de parámetros ligados a la temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar. Estos parámetros se van a medir en la cuenca libre de presiones de la RNF obteniendo datos continuos de

manera automática a través de diferentes estaciones meteorológicas existentes o instaladas explícitamente para ello. En su elección se ha tomado como referencia, las variables metodológicas empleadas en el Programa de Seguimiento de Cambio Global, así como las estaciones instaladas en estos enclaves naturales. En la siguiente tabla, donde se resumen datos básicos como el ámbito espacial, metodología aplicada para la toma de datos y frecuencia:

COMPONENTE DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN	ÁMBITOESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
METEOROLOGÍA	Temperatura	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Estación meteorológica	Continuo (diario)
	Precipitación	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Estación meteorológica	Continuo (diario)
	Nieve	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Pértigas programa ERHIN	Según campañas
	Humedad	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Estación meteorológica	Continuo (diario)
	Radiación solar	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Estación meteorológica	Continuo (diario)

Tabla 7: Propuesta y descripción de datos meteorológicos de seguimiento.

Lo datos se obtendrán a partir de estaciones meteorológicas. Para considerar una estación meteorológica representativa, se propone seleccionar aquellas de la red AEMET o SAIH que se encuentren a menos de 5 km de la cuenca de la RNF y cuyas características topográficas sean representativas del comportamiento de la RNF (en la misma vertiente, altitud aproximada, etc.). En el caso de no existir estación meteorológica que cumpla estas características, se propondrá su instalación en las proximidades de la sección de control y su configuración deberá cumplir las exigencias del Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS), que establece los estándares para que las estaciones sean homologadas a nivel internacional.

La frecuencia de datos será cada diez minutos, diarios y mensuales. Las series de datos de las estaciones podrán presentar en ocasiones, lagunas o valores anómalos, esto se refleja en las tablas o gráficos. En general, las condiciones extremas de la ubicación de algunas estaciones, como altitudes elevadas, fuerte exposición a extremos meteorológicos, dificultad de acceso y cobertura en las comunicaciones producen dificultades en el funcionamiento de los sensores, en su mantenimiento y en la transmisión de datos meteorológicos. No obstante, los datos deberían validarse por entidad acreditada como la Agencia Estatal de Meteorología.

5.1.1.- TEMPERATURA

En relación con el comportamiento de la temperatura, es prácticamente seguro que habrá un incremento de temperaturas extremas de calor y disminuirán las temperaturas ligadas a frío extremo en la mayoría de las áreas terrestres en escalas de tiempo diarias y estacionales a medida que aumentan las temperaturas medias globales. Ocasionalmente, los inviernos con olas de frío más extremos continuarán ocurriendo. Según el último informe del IPPC (AR5; IPPC, 2013), y concretamente para la región mediterránea, se pronostica un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciada en los meses estivales que en los invernales. Para el escenario RCP8.5 y para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8°C y de 6,0°C en los meses invernales y estivales, respectivamente.

Por su parte, las proyecciones utilizadas en CEDEX (2017) muestran un claro aumento de la temperatura media. Se produce un aumento en los tres periodos de impacto respecto al periodo de control, y dicho aumento es mayor cuanto más nos acercamos a finales del siglo XXI. Así, para el periodo 2070-2100, los promedios de todas las proyecciones dan aumentos en la temperatura media superiores a los 2°C con RCP4.5 y a los 3°C con RCP8.5. Se observa también que el aumento en las temperaturas va a ser mayor en las máximas que en las mínimas, por lo que va a incrementarse la oscilación térmica diaria, especialmente en el interior (CEDEX, 2017). El incremento de las temperaturas máximas anuales va a ser especialmente elevado en las regiones del centro y sur peninsular, así como en el Pirineo, y menor en las regiones costeras, las Islas Baleares y el Valle del Ebro (Morata-Gasca, 2014). La temperatura máxima anual es una variable meteorológica de máxima importancia para entender los impactos del cambio climático en los sistemas fluviales. Los cambios en la temperatura y en la evapotranspiración, van a generar una pérdida de vigor en la vegetación de ribera, especialmente en los meses estivales (CEDEX, 2017).

Atendiendo a estas previsiones, los cambios en la temperatura podrán afectar de modo distinto a las RNF. En aquellas RNF situadas en zonas más secas, donde la precipitación es inferior a la demanda evapotranspirativa, una disminución de la precipitación o subida de temperatura conllevan a un incremento del estrés hídrico. En zonas de alta montaña, donde una parte importante de la precipitación forma un manto estacional de nieve, además de los cambios de balance mencionados, un aumento de la temperatura puede representar una reducción o una modificación apreciables del papel regulador de la nieve, reducir su volumen o adelantar su fusión.

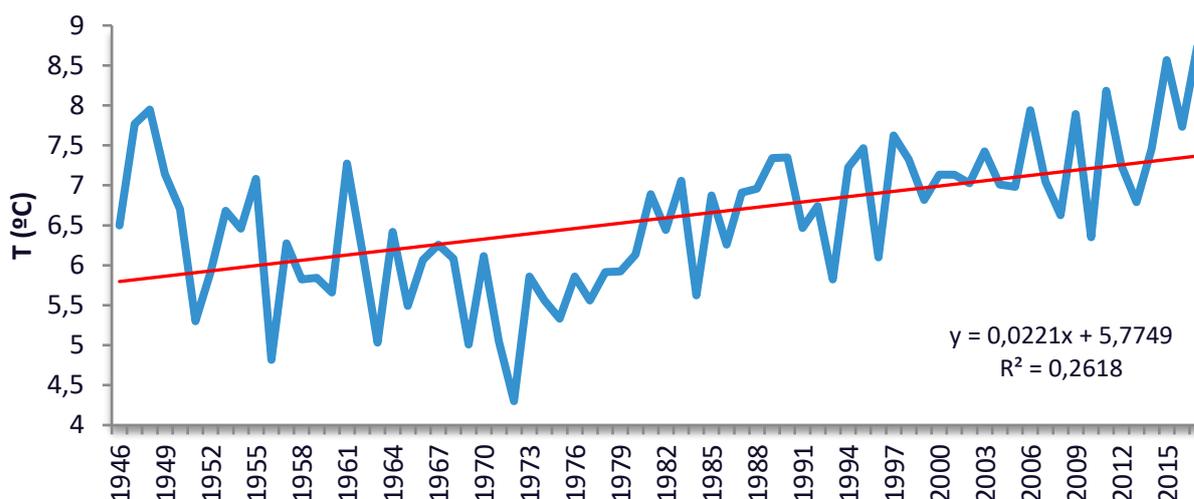


Figura 28: RNF Alto Eresma. Evolución de la temperatura media anual (°C) para la serie histórica 1946-2017 en la estación 2462 Puerto de Navacerrada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

El incremento en la temperatura como consecuencia del cambio climático va a provocar un aumento en la temperatura del agua de los ríos. Asimismo, también va a provocar un aumento de la evapotranspiración potencial (ETP), que puede traducirse a su vez en una disminución de la evapotranspiración real (ETR) si se produce, además, una disminución de las precipitaciones. Otros datos de interés a contemplar es el número de días con heladas, relevante para las cuencas de origen nival (CEDEX, 2017).

5.1.2.- PRECIPITACIÓN

Igualmente, la precipitación es uno de los parámetros de medición más afectados por el cambio climático aunque también la componente sobre la que los diferentes modelos predictivos muestran

un mayor grado de incertidumbre. Algunos modelos predicen un descenso de la precipitación entre el 25 y 35% para el año 2100 para a Cuenca Mediterránea (Giorgi y Lionello, 2007), y la mayor parte de las proyecciones regionalizadas realizadas por el CEDEX para las diferentes cuencas fluviales españolas predicen una disminución de la precipitación media entre el 15 y el 40% dependiendo del escenario de emisiones considerado. Sin embargo, algunas proyecciones regionalizadas (ej. UA) predicen un aumento (CEDEX, 2017).

Basándonos en los modelos del 4º Informe del IPCC, la precipitación media anual puede disminuir entre un 2 y un 27% para las últimas décadas del s. XXI (CEDEX, 2010; Casado y Ramos, 2013). La reducción de la precipitación media anual vendría determinada por una reducción particularmente marcada de las precipitaciones en primavera y otoño. En este sentido, los cambios en las precipitaciones para la Región Mediterránea estimados en el AR5 son consistentes con las previsiones realizadas en el anterior Informe de Evaluación, así como con las proyecciones en alta resolución realizadas por el modelo MRI o en el marco del proyecto ENSEMBLES (AR5; IPCC, 2013)

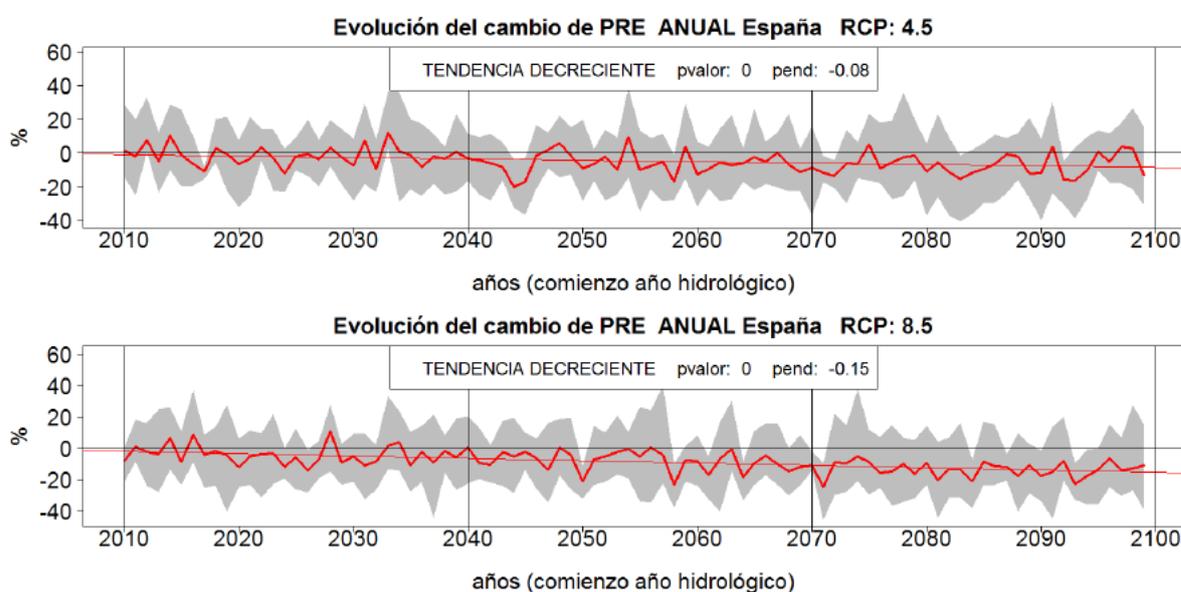


Figura 29: Tendencia del Δ (%) PRE del año 2010 al 2099 para los RCP 4.5 (arriba) y 8.5 (abajo) para el conjunto de España. La banda gris indica el rango de resultados de las proyecciones. La línea gruesa indica su promedio y la recta delgada su pendiente. Se indica su p-valor según el test de Mann Kendall; negra: sin tendencia, roja: decreciente, azul: creciente. Fuente: CEDEX, 2017

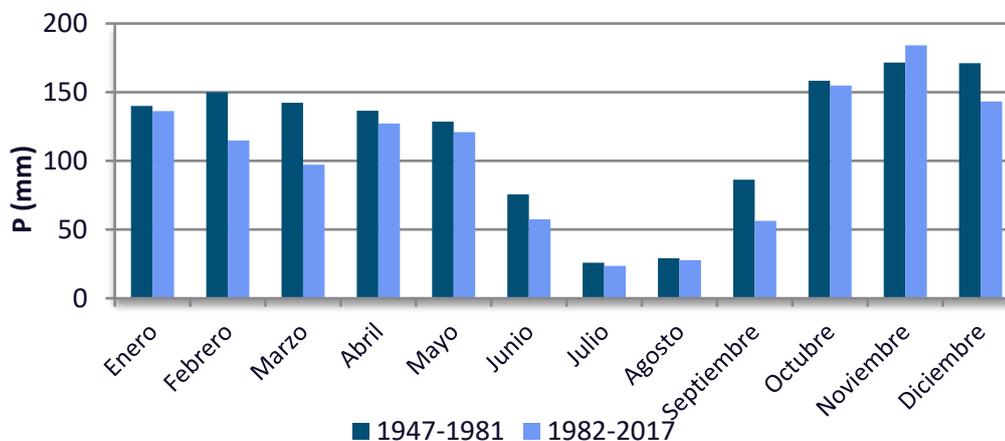


Figura 30: Comparativa entre la precipitación media mensual (mm) entre los periodos 1947-1981 y 1982-2017 en la estación 2462 Puerto de Navacerrada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

Uno de los efectos del cambio climático podría ser el progresivo aumento de las lluvias extremas. Los estudios realizados por AEMET para lluvias extremas muestran una disminución de los días de lluvia en todas las regiones (AEMET, 2016; Mestre *et al.*, 2015), por lo que se espera una mayor concentración de la precipitación que se produciría en unos pocos días a lo largo del año. No obstante, existe una cierta incertidumbre en relación con la evolución futura de la concentración de la precipitación, que es mayor en los escenarios definidos a partir de algoritmos que en las proyecciones regionalizadas, en parte debido a la tendencia de los primeros a suavizar ligeramente los extremos climáticos (Petisco *et al.*, 2012).

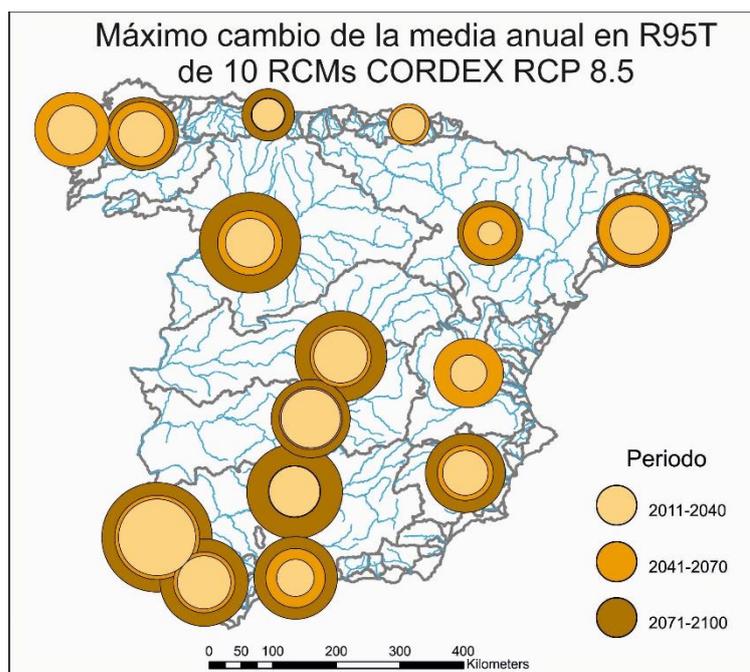


Figura 31: Cambio en precipitaciones intensas respecto al periodo de control (1976-2005) para tres ventanas temporales (2011-2040, 2041-2070, y 2071-2100) en diferentes demarcaciones hidrográficas. Datos AEMET, procedentes del downscaling dinámico de EUROCORDEX.

5.1.3.- NIEVE

Según el IPCC (2013), el área cubierta por la nieve en el hemisferio norte en primavera se estima que decrecerá entre un 7% para el escenario RCP2.6 y un 25% para el RCP8.5 al final del siglo XXI. La acumulación estacional de nieve en las zonas montañosas es una importante fuente de agua en algunas partes de España, contribuyendo a su difusión en el tiempo. A pesar de las incertidumbres acerca de cómo el cambio climático afectará al régimen de precipitaciones, todos los modelos pronostican un incremento de temperaturas a lo largo del siglo XXI. Es previsible que mayores temperaturas supongan varios efectos destacables en la capa de nieve: retrasarán la aparición de la nieve, incrementarán la relación lluvia/nieve, acortarán la época de nieves y adelantarán y acortarán el proceso de fusión, lo que conllevará un cambio en la distribución estacional de la escorrentía (CEDEX, 2017).

En España, el programa de Evaluación de Recursos Hídricos procedentes de la Innivación (ERHIN), es un referente en el estudio de la cuantificación del volumen de agua almacenada en forma de nieve, así como en la previsión de su evolución. ERHIN se puso en marcha en 1984 y lleva cerca de tres décadas realizando un seguimiento de aquellas zonas en las que son frecuentes las precipitaciones en forma de nieve, como la cabecera de los Pirineos, la Cordillera Cantábrica, el Sistema Central y Sierra Nevada. El objetivo del programa es conocer la disponibilidad de recursos hídricos y poder realizar una gestión

óptima de los embalses emplazados aguas abajo, tanto en situación ordinaria, donde la principal finalidad es asegurar el abastecimiento y los caudales ecológicos, como en circunstancias extremas de avenida y sequía. Esta disponibilidad, al verse comprometida por las continuas previsiones futuras sobre los efectos del cambio climático en la región mediterránea, hacen de este parámetro de observación un aspecto fundamental en un sistema de seguimiento a largo plazo para estos sistemas fluviales.



Foto 2: Estación Tormes-Puerto Peones. Sistema Central 2011. Programa ERHIN.

Una de las principales actividades desarrolladas dentro del ámbito de actuación del programa ERHIN se basa en el estudio y control de la evolución del manto nival en los sistemas montañosos más relevantes. Este acometido se realiza fundamentalmente desarrollando tres actividades complementarias: la realización de campañas de campo de medición nival, el seguimiento y control mediante modelos hidrológicos que reproducen el comportamiento nival de las cuencas y por último, el análisis de las imágenes de teledetección proporcionadas por los satélites. Una de las actividades más interesantes por su metodología de realización y por la naturaleza de los resultados obtenidos son las mediciones en campo del espesor y densidad de la nieve acumulada en las pértigas ubicadas a tal efecto.

Por tanto, para el estudio de la cobertura nival se utilizará como referente en las RNF los datos procedentes del programa de Evaluación de Recursos Hídricos procedentes de la Innivación (ERHIN) del Ministerio para la Transición Ecológica y también los de las estaciones meteorológicas de referencia.

5.1.4.- RADIACIÓN SOLAR

La atmósfera, como un sistema abierto, se caracteriza por una serie de transferencias de materia y energía. La radiación solar juega un papel fundamental para caracterizar el clima terrestre y condiciona los procesos físicos que caracterizan las diferentes formas de vida en el planeta. Concretamente, las medidas de la radiación son ampliamente empleadas para (AEMET):

- Estudiar las transformaciones de la energía en sistema Tierra-Atmósfera.
- Analizar las propiedades y distribución de la atmósfera, los elementos que la constituyen, tales como los aerosoles, el vapor de agua, el ozono, etc.

- Estudiar la distribución y variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, de la medicina, de la agricultura, de la arquitectura, de la ingeniería y de la industria relacionadas con la radiación.

Por ejemplo, la radiación solar neta es una variable empleada para estudios de evapotranspiración, balance energético de cubiertas vegetales y estudios de transferencia de agua entre el suelo y la atmósfera. De hecho, en el Programa de Cambio Global de Parques Nacionales han incorporado este tipo de medición, instalando en las estaciones meteorológicas diferentes sensores para medir la radiación neta, radiación difusa, radiación ultravioleta y radiación fotosintética inclinada, entre otros.

5.1.5.- HUMEDAD

En la Región Mediterránea y Oriente Medio, suroeste de EEUU y sur de África se prevé una reducción de la escorrentía (agua disponible) y la humedad del suelo. La humedad del aire es un tipo de parámetro que se interrelaciona directamente con la temperatura y puede describir las variaciones climatológicas de un lugar. Con la medición de la humedad, se pueden establecer modelos de simulación hídrica, como por ejemplo la evapotranspiración, evaporación y determinar cambios en los balances energéticos terrestres, determinación de la influencia en procesos biológicos, la influencia con la permeabilidad del suelo, etc.

En la siguiente figura se presente, a modo de ejemplo, el comportamiento de la humedad relativa media mensual en la estación de referencia para la RNF Río Chícamo:

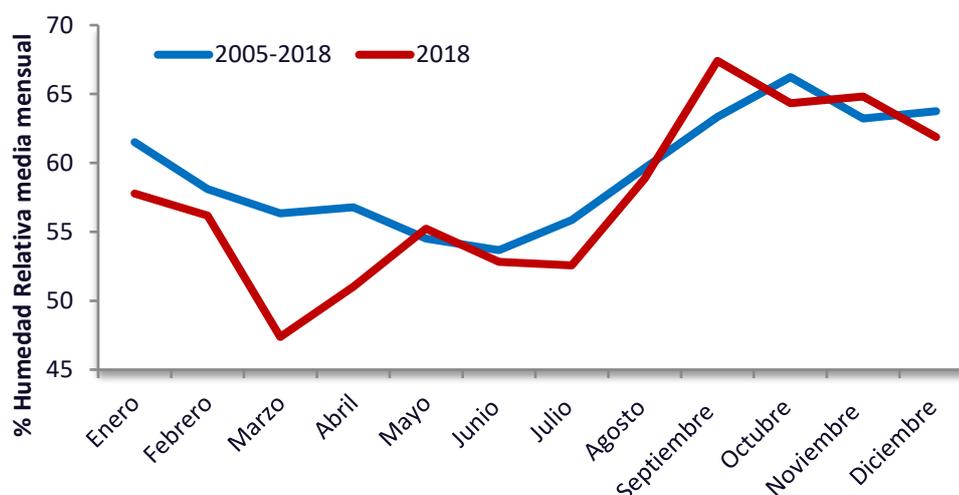


Figura 32: Humedad relativa media mensual (expresada en porcentaje) en el periodo 2005-2018 en la estación agroclimática MO41 La Jaira (Abanilla, Murcia) y datos medios mensuales de 2018. Fuente: Sistema de Información Agrario de Murcia.

5.2.- COMPONENTE HIDROLÓGICA

El análisis de tendencia en las series hidrológicas nos informa de la existencia de cambios en los recursos hídricos a lo largo del tiempo, que van a venir dados fundamentalmente por las variaciones en las características climáticas. Los cambios hidrológicos van a determinar a su vez las características geomorfológicas, fisicoquímicas del sistema fluvial, así como sus hábitats asociados. Para estudiar el impacto del cambio climático sobre el régimen de caudales y aportaciones, es fundamental contar con series que se encuentren en régimen natural, de tal manera que los cambios producidos se puedan

atribuir a las variaciones climáticas y no a otros impactos. En este sentido, se propone que se estudie el régimen de caudales, la permanencia hidrológica y la evolución de las aportaciones superficiales y subterráneas. Estos parámetros quedan reflejados en la siguiente tabla, donde se resumen datos básicos como el ámbito espacial, metodología aplicada para la toma de datos y frecuencia:

COMPONENTE DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO	ÁMBITO ESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
HIDROLOGÍA	Caudal	Sección de control (Nivel 3)	Cudalímetro	Continuo
	Permanencia hidrológica	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Data logger condición hidrológica	Continuo
	Aguas subterráneas	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Piezómetro/ Data logger	Frecuencia a determinar, preferentemente mensuales.

Tabla 8: Propuesta y descripción de parámetros hidrológicos de seguimiento.

Estos parámetros se van a medir en la cuenca de la RNF obteniendo, cuando sea posible, datos continuos de manera automática. La medición de caudales deberá realizarse en la sección de control (coincidente o cercano al punto de cierre); mientras que la permanencia hidrológica y las aportaciones superficiales y subterráneas se medirán a nivel de cuenca libre de presiones.

5.2.1.- CAUDALES

Según el CEDEX (2017, 2010), se predice una reducción de los recursos hídricos en la mayor parte de las demarcaciones hidrográficas, particularmente en los escenarios que suponen mayores emisiones de gases de efecto invernadero (SRES A2 y RCP 8.5) y para las últimas décadas del siglo XXI.

En relación con los cambios estacionales, los datos para España apuntan a que la esorrentía, al igual que la precipitación tiende a concentrarse en invierno, particularmente en febrero, y a reducirse en septiembre. El aumento (o el menor descenso) de la precipitación en los meses de invierno se debe a que es en estos meses cuando van a darse las precipitaciones de origen atlántico. Este hecho puede ocasionar una cierta atenuación en la reducción de los recursos hídricos.

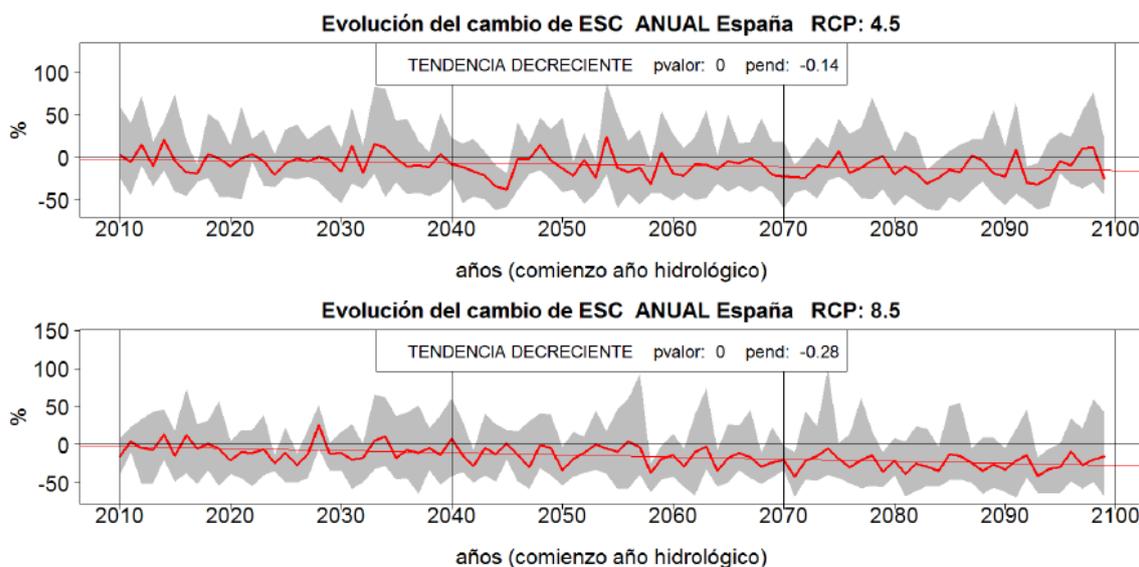


Figura 33: Tendencia de la variación de la escorrentía (%) del año 2010 al 2100 para los RCP 4.5 y 8.5 en la en España. La banda gris indica el rango de resultados de las proyecciones. La línea gruesa indica su promedio y la recta delgada su pendiente. Fuente: CEDEX, 2017.

En cuanto a los eventos extremos, cabe destacar que las proyecciones de los cambios en las inundaciones en Europa no muestran una tendencia robusta y constante. De hecho, en el sur de Europa, y en España en particular, algunos modelos proyectan cambios en aumento, mientras que otros muestran una disminución en la misma región. Esta incoherencia se debe principalmente a diferentes métodos de reducción de escala y corrección de sesgos aplicados en diferentes estudios de cambio climático (Dankers and Feyen, 2009).

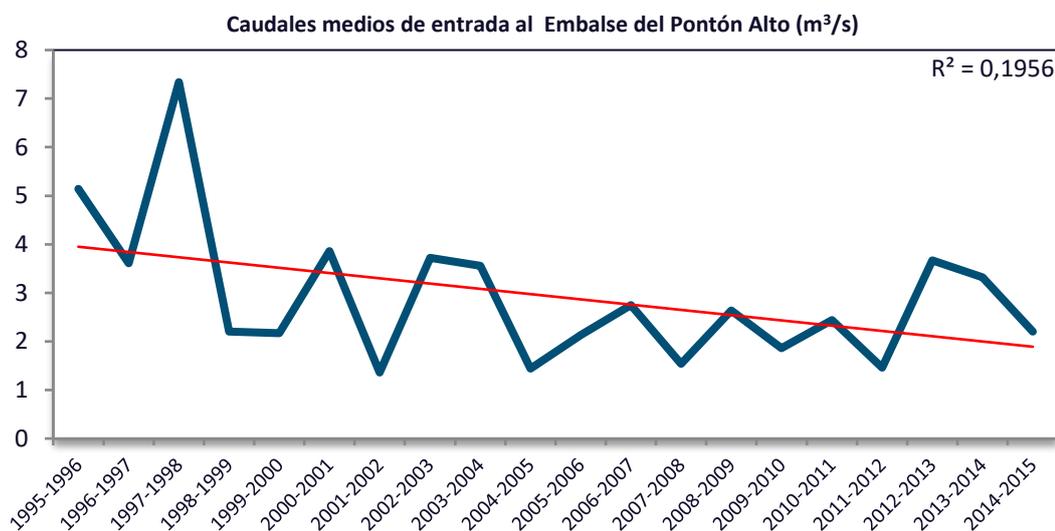


Figura 34: Caudal medio en los distintos años hidrológicos del periodo 1995-2014 en la estación de aforos Embalse del Pontón Alto (Fuente: Confederación Hidrográfica del Duero).

En España, el análisis de las series de caudales máximos anuales registradas en estaciones de aforo apunta a una disminución en los picos de las crecidas ordinarias en los últimos 40 años, aunque esta disminución de los caudales pico se podría deber a la construcción de infraestructuras hidráulicas, que

además dificulta el análisis hidroclimático de las series. Las cuencas del Atlántico Sur (Guadalquivir y Guediana) mostraron una tendencia decreciente en la magnitud y frecuencia de las inundaciones, mientras que en las cuencas del Atlántico central y septentrional (Tajo y Duero) no se observa tendencia significativa en la frecuencia y magnitud de grandes inundaciones (Benito et al., 2005).

5.2.2.- AGUA SUBTERRÁNEAS

El agua subterránea, por su naturaleza y abundancia, constituye un recurso estratégico frente a la previsible disminución de los recursos hídricos superficiales, en función de la profundidad a la que se encuentre el acuífero, el tipo de material por el que circula, y su ubicación geográfica. Sin embargo, los nuevos escenarios de cambio climático introducen algunas incertidumbres de cara al futuro, debido fundamentalmente al aumento de las temperaturas, y a la variación y mayor concentración de las precipitaciones, que van a influir tanto en el volumen de los recursos hídricos subterráneos como en su calidad.

En aplicación al seguimiento de las RNF, se estudiará la existencia de masas de agua subterráneas, presencia de piezómetros y la viabilidad en la instalación de equipos de medición.

Se toma como referencia el trabajo realizado hasta el momento de la Red Oficial de Seguimiento del Estado Cuantitativo: Red Piezométrica (MITECO). Esta Red está compuesta por piezómetros que son sondeos de pequeño diámetro expresamente perforados para medir el nivel del agua en el acuífero (conocido como nivel piezométrico). Habitualmente la periodicidad de las medidas es mensual.



Foto 3: Imagen de un piezómetro. Red Piezométrica Oficial. Fuente. MITECO.

Los piezómetros con series históricas largas, comienzan a medirse aproximadamente en 1985 y eran gestionados y medidos por el Instituto geológico y Minero de España (IGME). Posteriormente, en el año 2000, la competencia sobre estas redes fue transferida a las Organismos de cuenca, los cuales, debido a la entrada en vigor la Directiva Marco del Agua, han adaptado las redes a los nuevos requisitos establecidos en esta Directiva, en especial, con objeto de que cada masa disponga de al menos un punto de control, pasando de existir al inicio unos 1.000 piezómetros en las cuencas intercomunitarias del territorio español a más de 2.700.

También se puede contemplar el análisis de manantiales, pues permite conocer el caudal de salida de agua en los mismos mediante la instalación de sensores.

5.2.3.- PERMANENCIA HIDROLÓGICA

El grado de conectividad o fragmentación del flujo del agua en los ríos también se podría ver modificado como consecuencia del cambio climático. Las características a las que se refiere este factor

a evaluar no son sobre el caudal del río, sino los patrones espaciales y temporales de presencia de agua, que determina la presencia y el estado del hábitat. Por tanto el estudio de la permanencia hidrológica es especialmente relevante en reservas naturales fluviales localizadas en zonas de cabecera, o para tramos temporales (Fritz et al., 2006).

El descenso del caudal y el cambio en los regímenes de caudales (así como posibles aumentos en los picos de caudal) traerá consigo unos efectos en cadena, esto es, la afección a geomorfología, vegetación, especies, caudales ecológicos, etc. Un aumento de la precipitación en determinadas épocas, así como cambios en los patrones de deshielo, llevará asociado un aumento del caudal medio o de caudales puntas. Por el contrario, sequías más frecuentes e intensas, podrían reducir el caudal en otras áreas. Además la variación de caudales condiciona la persistencia y variación del régimen de estacionalidad de los ecosistemas acuáticos, afectando a los ciclos biogeoquímicos y biocenosis.

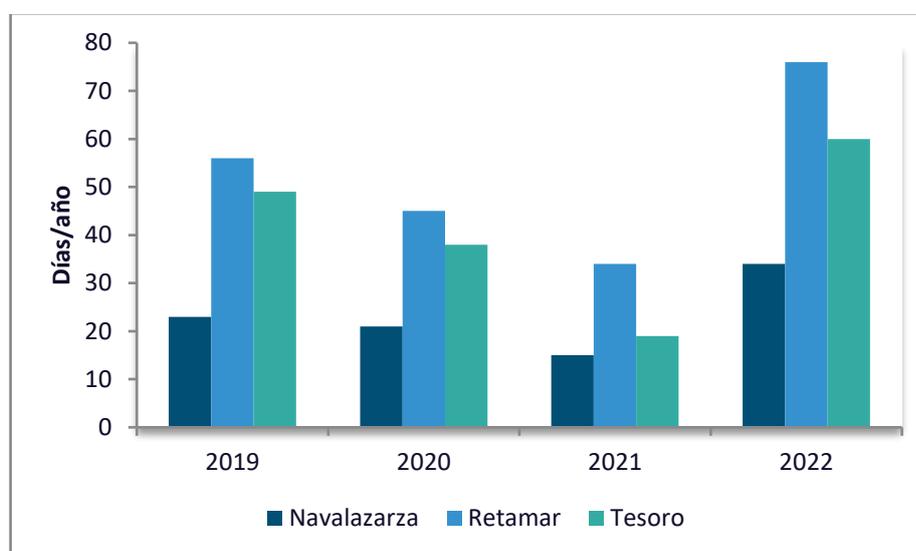


Figura 35: Número de días al año con agua en el lecho de tres arroyos temporales de la RNF Alto Eresma.

5.3.- COMPONENTE GEOMORFOLÓGICA

Como se han expresado en diferentes documentos a nivel nacional e internacional (MIMAM (2005); Comisión Europea (2009), Pascual *et al.*, 2014; CEDEX (2017), IPPC (2014), EEA (2017), Goudie, (2017), el cambio climático también lleva asociado cambios en los procesos geomorfológicos tanto a nivel de cuenca como en el propio sistema fluvial. El cambio de régimen de caudales y de sedimentos producidos por el cambio climático son los que determinan mayormente los cambios en la morfología del río. Un incremento de caudal podría originar una ampliación del cauce e incisión, una tendencia hacia el aumento de sinuosidad, un incremento de la erosión de las márgenes y cambios más rápidos en el trazado del cauce. Un incremento en la magnitud y frecuencia de las inundaciones podría resultar en cambios más repentinos en las características del cauce, aumentando su inestabilidad. Por el contrario, un descenso del caudal podría llevar a un estrechamiento del cauce, un aumento de la vegetación en el cauce y mayor sedimentación en los cauces secundarios, entre otros.

Los cambios en la morfología de los ríos no sólo serán consecuencia del cambio en el régimen hidrológico, sino que también dependerá de la sensibilidad del sistema. Por ejemplo, aquellos ríos que transcurran encajados en roca madre serán menos sensibles al cambio; mientras que ríos en valles abiertos y sobre un sustrato erosionable, será más sensible a experimentar variaciones en su morfología (Goudie, 2017). Asimismo, la morfología del río también dependerá de otros factores, como

los usos del suelo de la cuenca o los incendios, que además de modificar el régimen hidrológico, tienen consecuencias importantes sobre las tasas de erosión.

Detectar y medir cambios morfológicos en cauces fluviales es un tema de trabajo tradicional y muy desarrollado en Geomorfología Fluvial. Sin embargo, la interpretación de dichos cambios identificando y valorando las causas que los originaron constituye una labor muy compleja, especialmente cuando hablamos de cambio climático y cambio global (Ollero, 2011; Ollero et al., 2011, Aparicio et al., 2015; EPA, 2016)

En España, se ha trabajado con diferentes metodologías o índices hidromorfológicos para la caracterización y seguimiento cursos fluviales. Como trabajo fundamental, cabe mencionar el Protocolo de Caracterización Hidromorfológica de las Masas de Agua de la Categoría Ríos desarrollado por Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017), también el protocolo de campo para la evaluación hidromorfológica de cursos fluviales y el empleo del índice Hidrogeomorfológico (Ollero et al., 2007, 2008, 2011). Concretamente, en los trabajos de Ollero et al. (2011), se presentan una decena de indicadores para objetivos de diagnóstico y seguimiento, y muy comunes en estudios geomorfológicos para la detección del cambio, entendida como cambio global. Se propone como indicador fundamental de cambio la morfometría del cauce y como indicadores de diagnóstico de las causas del cambio la dinámica vertical, los caudales geomórficos y la vegetación del cauce.

El Protocolo de Caracterización Hidromorfológica (PHMF) se considera el último documento de referencia sobre indicadores de aplicación para el estudio de la hidromorfología. En él, se consideran los tres grandes bloques de aspectos a analizar como son la “Profundidad y anchura de cauce”, la “Estructura y sustrato del lecho” y la “estructura de la zona ribereña”²². Si bien en este protocolo de caracterización hidromorfológica no tiene por objeto el seguimiento de cambio climático, se entiende que la selección de RNF y secciones de su cuenca con escasa o nula perturbación antrópica favorece la identificación de cambios directamente vinculados al cambio climático. No obstante, del conjunto de indicadores propuestos en el mismo, sólo se han seleccionado aquellos que puedan ser más sensibles al cambio. Para la discriminación y su ajuste al objeto del presente protocolo, se ha tomado como referencia algunas referencias bibliográficas recientes que se explican a continuación. Entre los trabajos internacionales caben destacar los realizados por la EPA, (2013, 2016); Hauer y Lamberti, (2007) y de Kline et al., (2004); en los que se proponen una serie de indicadores y metodologías de muestreo para caracterizar los ecosistemas fluviales.

Atendiendo a los trabajos mencionados, para realizar un seguimiento de posibles cambios geomorfológicos en el sistema fluvial, se propone realizar un análisis de la morfometría en planta, del perfil transversal del río y del tipo y la dinámica de sedimentos. Los parámetros propuestos quedan reflejados en la siguiente tabla, donde se resumen datos básicos como el ámbito espacial, metodología aplicada para la toma de datos y frecuencia:

²² La estructura de la zona ribereña se va a tratar en este protocolo como un grupo de parámetros de observación independientes a los geomorfológicos.

COMPONENTE DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN	ÁMBITO ESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL	Morfometría del cauce en planta	Tramo de control (Nivel 2) Sección de control (Nivel 3)	Tecnología LiDAR Trabajo de campo	6 años
	Perfil transversal del río	Tramo de control (Nivel 2) Sección de control (Nivel 3)	Tecnología LiDAR Trabajo de campo	6 años
	Tipo y dinámica de los sedimentos	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	6 años

Tabla 9: Propuesta y descripción de parámetros sobre la geomorfología fluvial.

Estos parámetros se van a medir en la sección y tramo de control con una periodicidad espaciada que permita detectar cambios, por eso se establece una frecuencia de 6 años. La medición de cada uno de ellos en el caso de la geomorfología fluvial comporta numerosas metodologías y equipamientos, muchos de ellas actualmente en fase experimental pero con un desarrollo exponencial futuro.

Para la medición de la morfometría del cauce en planta, se va a llevar a cabo un levantamiento topobatimétrico que permita la obtención de una cartografía de precisión, en la que quede reflejada la anchura y evolución del cauce en la sección de control, las formas y depósitos del lecho y las estructuras longitudinales. Para la anchura y evolución del cauce activo en la RNF (nivel 1) se propone en análisis de las ortofotografías del PNOA o el uso de LiDAR aéreo o dron. Para el estudio de la evolución del perfil transversal, se propone la obtención de una cartografía de detalle de varios perfiles transversales del río. Por último, para el tipo y dinámica de sedimentos se proponen metodologías más simples, ya que la sensibilidad de estos parámetros para medir cambios relacionados con el cambio climático no es demasiado alta.

En los Anexos II y III se detallan las metodologías propuestas para la toma de datos, las cuales pueden diferir en cuanto a su precisión y esfuerzo técnico y económico. No obstante, se prefiere el uso de nuevas tecnologías, ya que, aunque sean más costosas en la actualidad, es de esperar que se vayan abaratando en el futuro, y permiten además la obtención de datos de gran precisión.

5.3.1.- MORFOMETRÍA DEL CAUCE EN PLANTA

En cuanto a la **morfología del cauce**, se podría decir que los mayores cambios se producen debido a alteraciones antrópicas (construcción de infraestructuras, extracciones, etc.). No obstante, las variaciones producidas en el régimen hidrológico y sedimentario, así como en la vegetación como consecuencia del cambio climático, podría provocar ajustes en la dinámica fluvial y trazado del río. Además de los cambios en el trazado del río, también cabe esperar variaciones en las formas y depósitos del lecho y de las estructuras longitudinales.

La morfometría del cauce es un indicador muy útil para conocer la dinámica o actividad, el modelado de márgenes, la regulación y el dimensionamiento en relación a los caudales, el grado de naturalidad y de la respuesta o el ajuste a impactos y cambios en la cuenca. En el PHMF se analiza la variación de la profundidad y anchura del río a partir del tipo morfológico en planta. En el estudio de Ollero et al. (2011), también se le da importancia a estas características, y a la morfometría del cauce como aspecto fundamental para medir y observar cambios en el río. Asimismo el tipo de estructura longitudinal *a priori* pueden ofrecer mucha información valiosa sobre las características del cauce, pero en menor medida a la sensibilidad al cambio (Ollero et al., 2011). La estructura longitudinal y las formas y depósitos del lecho se evalúan también en el PHMF.

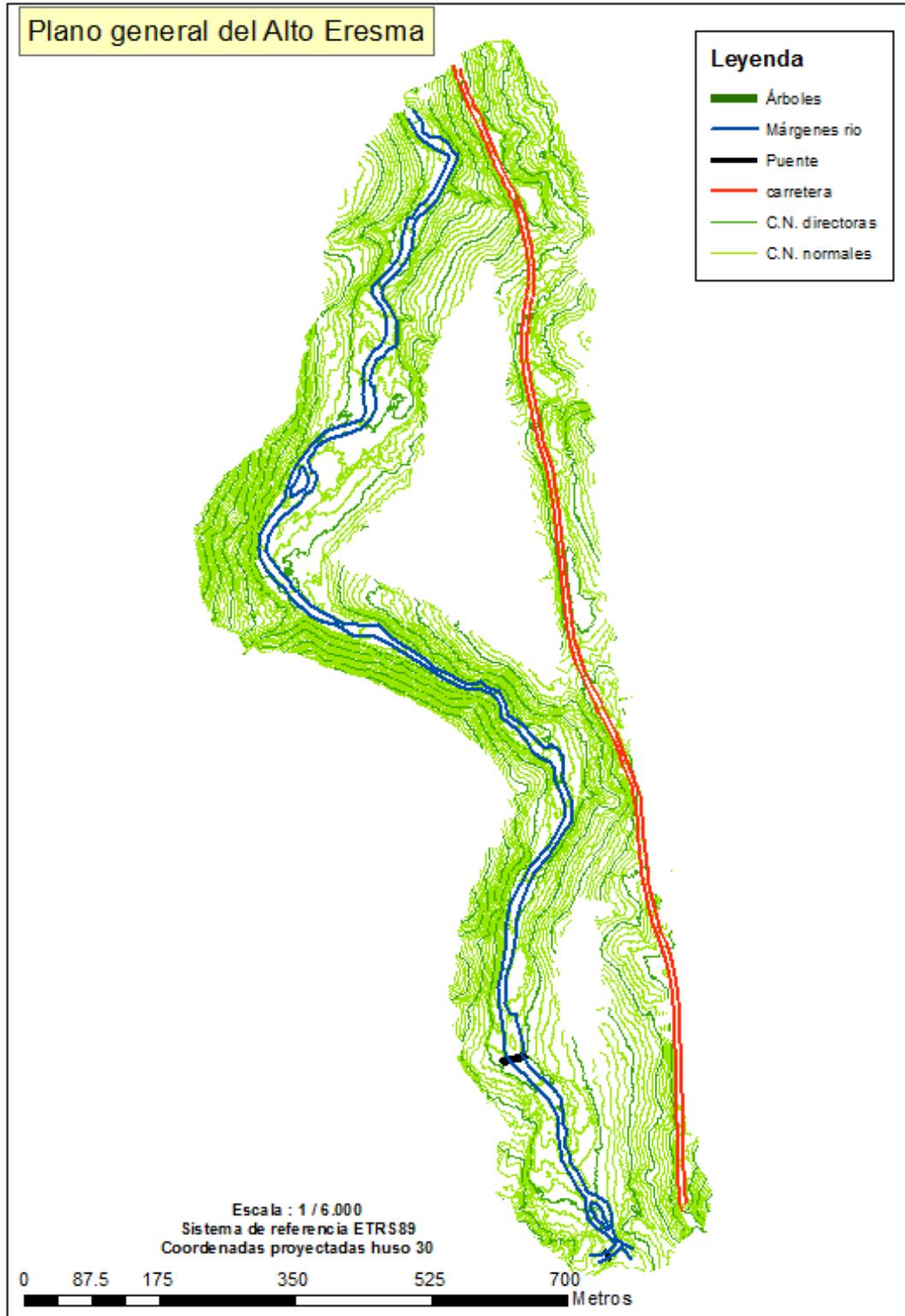


Figura 36: Trazado del cauce activo en el tramo de control adyacente al punto de cierre de la cuenca libre de presiones obtenido por levantamiento LiDAR.RNF Alto Eresma.

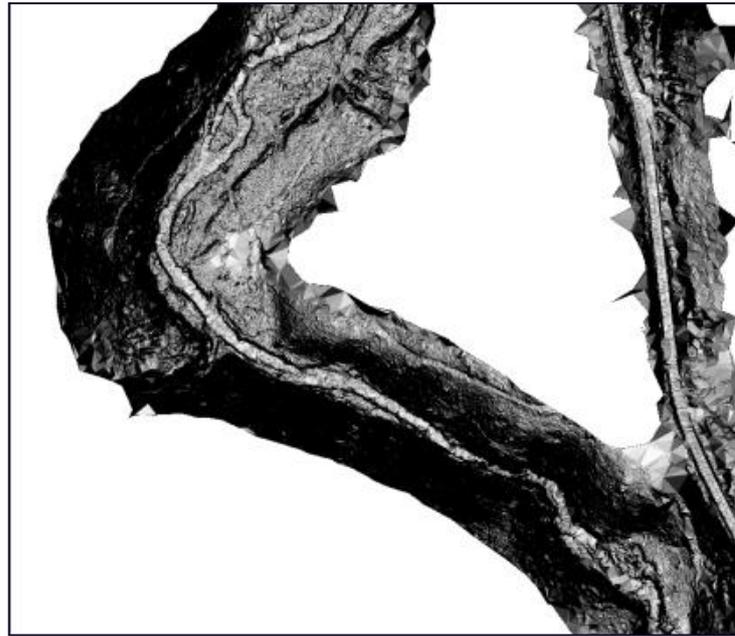


Figura 37: Ejemplo de elementos discriminados bajo el dosel arbóreo en el levantamiento LiDAR de la RNF Alto Eresma.

5.3.2.- PERFIL TRANSVERSAL DEL RÍO

El perfil transversal es otra característica del medio fluvial que aporta información sobre el funcionamiento y evolución del río. El perfil transversal informa sobre la variación de la profundidad y anchura del río en una sección o secciones concretas, pudiéndose evaluar características como la variación en los procesos de acreción o incisión del cauce. El PHMF no contempla la realización de perfiles transversales, pero sí la existencia de síntomas de dinámica vertical acelerada. Los estudios de Ollero por el contrario, sí contemplan la medición de la sección y de los procesos de erosión y sedimentación, justificando que son indicadores de cambio y también pueden servir para identificar las causas. Otros protocolos incluyen también estas mediciones como fundamentales para la observación de cambios en ríos (EPA, (2013); Hauer y Lamberti, (2007)

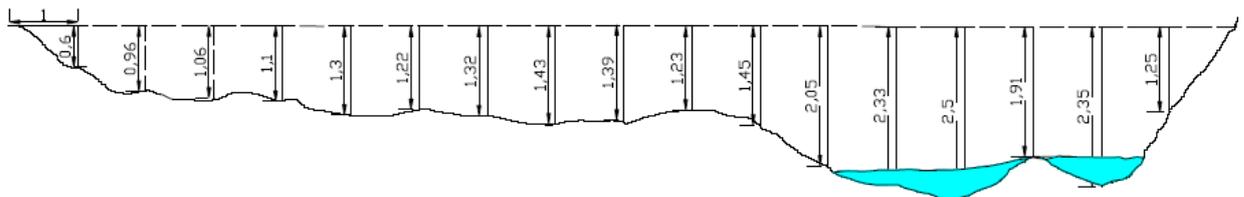


Figura 38: Perfil transversal realizado a partir de los datos tomados en campo indicando distancia al inicio, profundidad y calado. Ejemplo tomado de la RNF Alto Manzanares.

Los procesos de incisión y acreción se estudiarán comparando perfiles transversales obtenidos en el mismo punto durante sucesivas visitas a campo o sucesivos levantamientos de LiDAR, siendo esta la primera observación de la serie.

5.3.3.- TIPO Y DINÁMICA DE SEDIMENTOS

El tipo de sedimentos y su movilidad aporta mucha información en la caracterización, pero su contribución a la identificación del cambio es indirecta. La mayoría de protocolos de caracterización de ríos y evaluación del cambio contemplan estos aspectos a evaluar (PHMF, (2017); Ollero et al.,

(2011); EPA, (2013); Hauer y Lamberti, (2007), si bien se considera una información complementaria y de fácil acceso durante los trabajos de campo. Se expone el ejemplo de la RNF del Alto Manzanares. La siguiente tabla refleja los resultados obtenidos con el muestreo en campo especificando el punto del perfil transversal, el tipo de sedimento, el tamaño del sedimento, si existe acorazamiento, imbricación y movilidad.

PUNTO PERFIL	TIPO SED	TAMAÑO SED (mm)	ACORAZ. (si/no)	IMBR. (si/no)	MOV.SEDS
1	bloque	1000	No	Si	si
2	cantos		No	Si	Si
3	bloque		No	Si	Si
4	cantos		No	Si	Si
5	cantos	150	No	Si	Si
6	arenas		No	No	No
7	arenas		no	No	No
8	arenas		No	No	No
9	arenas	1,5	No	No	No
10	arenas		No	No	No
11	gravas		No	No	No
12	gravas		No	No	No
13	gravas	2	No	No	No
14	arenas		No	No	No
15	arenas		No	No	No
16	gravas		No	No	No
17	arenas	1,5	No	No	No

Tabla 10: Resultados del tipo y estructura de los sedimentos en cada uno de los puntos del perfil transversal realizado en la sección de control de la RNF Alto Manzanares.

5.4.- COMPONENTE VEGETACIÓN DE RIBERA

Como se ha indicado anteriormente en el documento, en el contexto de los escenarios de cambio climático se espera una disminución de precipitaciones como aportaciones anuales, un aumento de temperaturas anuales, así como un aumento de la estacionalidad de los ríos e incremento de eventos extraordinarios. Ello condicionará el balance de agua entendido como la relación de la cantidad de agua que llega al suelo y la que finalmente queda accesible por las plantas. También condicionará las tasas de evaporación y evapotranspiración. De esta manera los bosques verán modificadas sus estructuras y funciones biológicas, la producción de biomasa y la captura de recursos hídricos.

A continuación se desglosa el conjunto de efectos que potencialmente el cambio climático puede afectar a la vegetación de ribera, atendiendo a las incertidumbres de los escenarios y proyecciones diferenciando por territorios dentro del contexto nacional (MIMAM, 2005; González del Tánago y García de Jalón, 2007; Prat & Munné, 2009; ACA, 2009; Peñuelas et al., 2013; IPCC, 2014; MAPAMA, 2017):

- Cambios en el metabolismo de los organismos y la productividad; Cambios en la distribución geográfica de las especies; Cambios en la estabilidad del hábitat; Cambios en la dinámica de los nutrientes y otros elementos químicos.
- Cambios en la fenología/productividad (floraciones/fructificaciones adelantadas, menor productividad o cambios en su estacionalidad, estrés hídrico más prolongado).

- Cambios en la composición de especies (aumento especies más resistentes o con umbrales de tolerancia más amplios, afección a especies más sensibles, aparición de especies alóctonas y generalistas).
- Cambios en la estructura (cambios en la zona ocupada por vegetación de ribera).
- Cambios en el estado sanitario (mayor incidencia de plagas, cambios en la tasa de mortalidad de pies y en grado de defoliación, mayor frecuencia de daños derivados de eventos catastróficos, etc.).
- Cambios en los equilibrios de competencia/adaptación al medio ente especies, extinciones locales de las especies menos adaptadas. Otros cambios en la vegetación para su adaptación: cambios fenológicos, fenotípicos, fisiológicos, reproductivos...
- Cambios en el ecosistema fluvial en general (alteraciones en los ciclos de carbono, nitrógeno, etc., en las características del suelo, descomposición de hojarasca, en la evapotranspiración de la vegetación, cambios en el hábitat para la fauna y otros organismos, etc.).

En la siguiente tabla se propone realizar un análisis de las dimensiones de la zona ribereña en el cauce y la composición específica de la vegetación de ribera en la sección de control. También se incorpora el análisis de la cobertura arbórea a diferentes niveles, la dendrometría, el estado fitosanitario y la fenología. Los parámetros propuestos quedan reflejados en la siguiente tabla, donde se resumen datos básicos como el ámbito espacial, metodología aplicada para la toma de datos y frecuencia:

COMPONENTE DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN	ÁMBITO ESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
VEGETACIÓN DE RIBERA	Dimensiones de la zona ribereña	Tramo de control (Nivel 2)	Ortoimágenes Tecnología LiDAR	Variable según metodología 6 años (LiDAR)
	Composición específica	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	6 años
	Cobertura	Cuenca libre de presiones (Nivel 1) Sección y tramo de control (Nivel 2-3)	Tecnología LiDAR Trabajo de campo LiDAR PNOA	6 años (aproximado en caso PNOA)
	Dendrometría	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	6 años
	Estado fitosanitario	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	6 años
	Fenología	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Teledetección	Anual

Tabla 11: Propuesta y descripción de parámetros sobre la vegetación de ribera.

Estos parámetros se van a medir en la cuenca libre de presiones de la RNF y en el tramo y sección de control con una periodicidad espaciada que permita detectar cambios, por eso se establece una frecuencia en general de 6 años (anual en el caso de la fenología).

5.4.1.- DIMENSIONES DE LA ZONA RIBEREÑA.

Las dimensiones de la zona ribereña (Petersen, 1992; Bjorkland et al. 2001; Ward et al., 2003 en MAPAMA, 2017), atiende a la funcionalidad de las riberas en cuando, conexión y permeabilidad de la vegetación. Para el análisis de las dimensiones de la zona ribereña se plantean a escala de tramo de

control el empleo de la tecnología LiDAR, que será complementada con el análisis de ortoimágenes para análisis históricos.

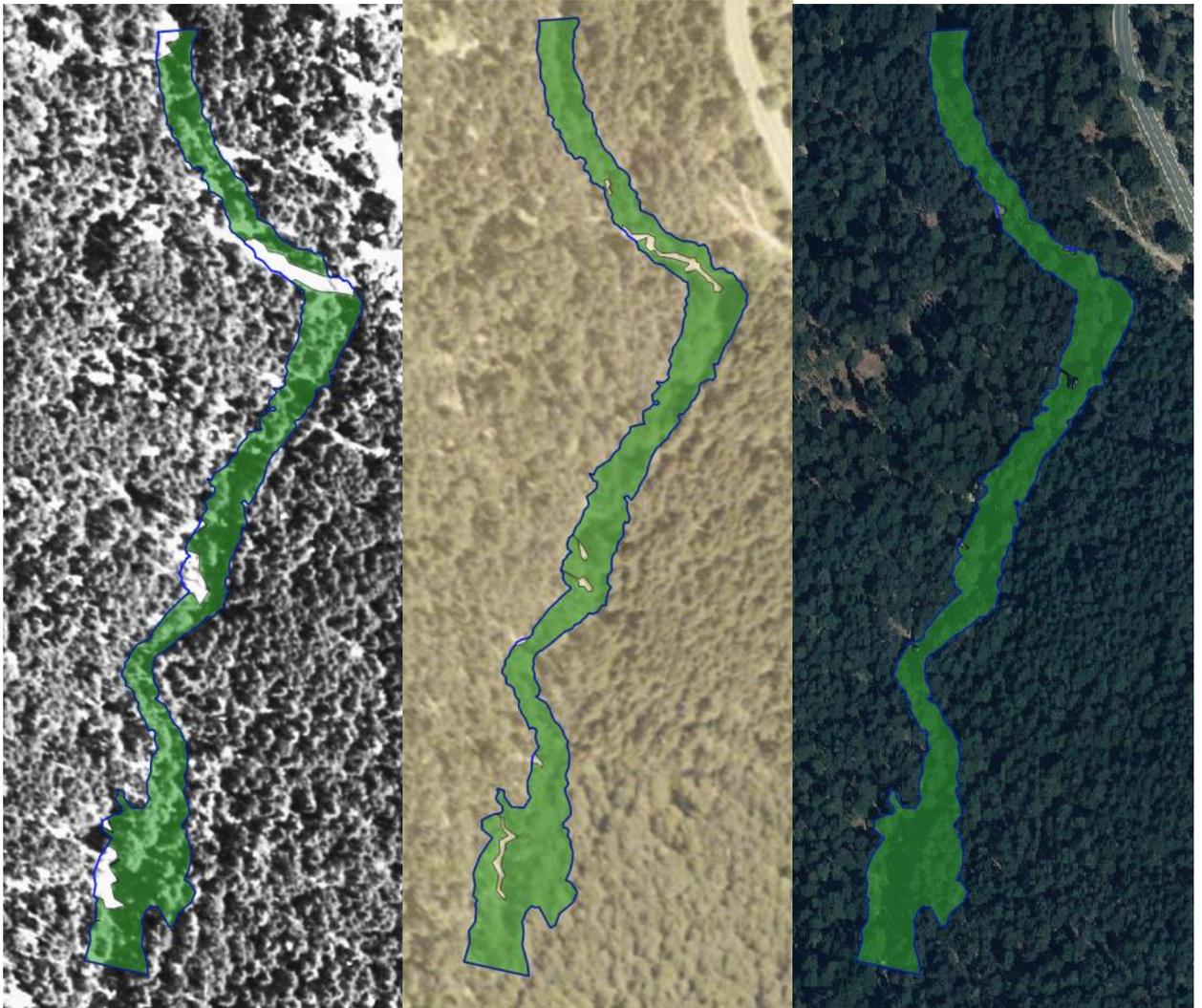


Figura 39: Comparativa de las ortoimágenes de los vuelos de 1973/86, 1997/03 y 2017 en el tramo de 500 de ribera topográfica estudiado en la RNF Alto Eresma.

Con la información obtenida mediante las metodologías anteriores, se podrá evaluar la conectividad transversal y longitudinal de la vegetación de ribera.

La conectividad longitudinal facilita la funcionalidad de la vegetación de ribera como hábitat y corredor fluvial. Su estructura y dimensiones definen por tanto su calidad como su capacidad de acogida. También juega un papel importante en el sombreado del cauce, especialmente importante en tramos de cabecera. Por su parte, la conectividad ecológica transversal de la vegetación de ribera es un indicador clave del funcionamiento del ecosistema fluvial. Cualquier alteración que se produzca va a tener una repercusión sobre la abundancia de especies en la ribera. Evidentemente, cuanto más cerca del río, la vegetación tendrá mayor acceso al agua, mientras que la accesibilidad se va reduciendo a medida que nos alejamos. Si se produce una variación del régimen de caudales y de la morfología del cauce, afectará directamente a la vegetación de ribera asociada. Por lo tanto, el cambio climático va a influenciar el comportamiento y la estructura de las bandas de vegetación de ribera.

5.4.2.- COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

La composición de especies en un aspecto clave a observar para el seguimiento del cambio climático en las zonas forestales, ya que como se ha indicado el cambio climático puede alterar la composición de la comunidad vegetal y su distribución. En este equilibrio se incluyen cambios en especies indicadoras de cambio climático por su sensibilidad a alteraciones y también la aparición de especies alóctonas o invasoras que, en general, se caracterizan por una amplia plasticidad fenotípica y adaptabilidad a ambientes cambiantes que pueden aprovechar de modo oportunista los cambios en las condiciones del ecosistema.

Como se ha indicado, para el estudio de la composición de la vegetación de ribera, se requiere realizar comprobación en campo, mediante observación directa e identificación de especies en la sección de control, de modo que se obtiene el catálogo de especies arbóreas y arbustivas en toda la sección, así como su abundancia.



Foto 4: Panorámica de la vegetación en la sección de control. RNF Alto Eresma.

5.4.3.- COBERTURA

En lo referente a la estructura de la vegetación, existen múltiples redes de seguimiento y métodos de muestreo, si bien se ha atendido a las experiencias existentes en el Inventario Forestal Nacional (IFN), en el Programa de Seguimiento del Cambio Global de la Red de Parques Nacionales y en el Protocolo de Caracterización Hidromorfológica de las masas de agua de la categoría ríos (MAPAMA, 2017). La estructura de la vegetación y sus posibles cambios se pueden medir combinando técnicas de muestreo de campo y de teledetección, de modo que la información obtenida pueda ser complementaria. Las nuevas tecnologías de teledetección, como es la tecnología LiDAR, permite obtener de modo automático algunos parámetros de estructura de la vegetación forestal como es la altura de dosel, a través de un modelo digital de alturas de dosel (Magdaleno et al., 2010).

En el caso de la cobertura arbórea (fracción de cabida cubierta), se puede analizar la misma con distintas escalas y fuentes de información: LiDAR de PNOA a escala de cuenca libre de presiones (en caso de existir dos vuelos distintos), levantamiento LiDAR en el tramo de control y trabajo de campo

en la sección se control. Para el caso de la cobertura arbustiva y de suelo desnudo, se puede realizar una estimación de la misma en la sección de control en la visita a campo. El sombreado del cauce activo se puede estimar en la sección de control en trabajo de campo.



Figura 40: Modelo digital de alturas de vegetación obtenido de levantamiento LiDAR en RNF Alto Eresma en el tramo de control.

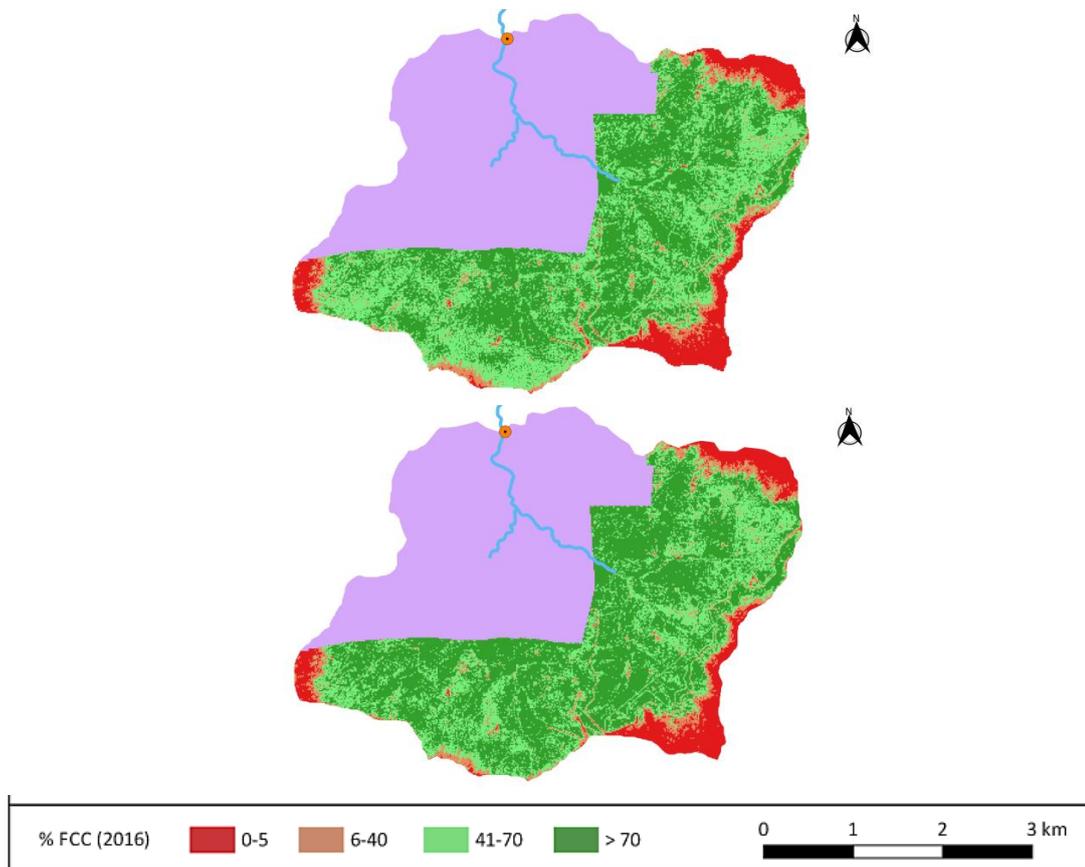


Figura 41: Datos de fracción de cabida cubierta para 2010 y 2016 en la RNF Alto Eresma. Se emplea únicamente la zona comparable para ambas fechas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos LiDAR del PNOA.

5.4.4.- DENDROMETRÍA

El estudio de la dendrometría (diámetros y alturas) se puede abordar en los trabajos de observación directa en la sección de control. El procedimiento para la medición de las alturas y los diámetros de cada uno de los individuos arbóreos se puede realizar según establece el Inventario Forestal Nacional. Adicionalmente, en las RNF con levantamiento LiDAR pueden efectuarse perfiles de vegetación en diferentes puntos de la sección de control para su comparativa en sucesivos años.



Figura 42: Ejemplo de perfiles de vegetación obtenidos con levantamiento LiDAR de alta densidad de pulsos.

5.4.5.- ESTADO FITOSANITARIO

El estado sanitario (defoliación y daños) agrupa una serie de datos clave para el seguimiento del cambio climático en zonas forestales y usadas también en la Red de Seguimiento del Cambio Global de la Red de PPNN, así como IPC-Forest, INF. Elementos como el grado de defoliación nos indican posibles agentes nocivos sobre la vegetación, que pueden ser tanto de tipo biótico (incidencia de determinadas plagas) como abiótico (daños causados por agentes meteorológicos como el granizo, la sequía, el viento, etc.). El diagnóstico se puede abordar a través de observación directa en aquellos individuos arbóreos incluidos en la sección de control.

5.4.6.- FENOLOGÍA

La productividad-fenología es un campo de estudio muy empleado en el seguimiento del cambio climático por su estrecha relación con estos fenómenos. Por ejemplo, en las últimas décadas la liberación de polen se ha adelantado 10 días con respecto a los años 60 (EEA, 2017). Asimismo, el Informe *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report*, lo considera un aspecto clave para el seguimiento del cambio climático en zonas forestales en el contexto de la Unión Europea.

A través de técnicas de teledetección, se pueden estimar de modo sencillo y coste reducido, diferentes parámetros relativos a la fenología y a la producción primaria de la vegetación, como es el caso de los índices de verdor, aplicados también en el seguimiento del cambio global en la Red de PPNN (OAPN, 2015). El seguimiento de campo de la fenología puede ser muy costoso (repetidas visitas), de este modo se realiza de modo mucho más asequible. De modo adicional, pueden calcularse otros índices como el estrés hídrico de la vegetación. Existe información directa de cobertura nacional para la obtención de estos índices a través del satélite MODIS, con una periodicidad cada 16 días. No obstante, los drones o vuelos también pueden obtener estos índices teniendo una resolución espacial mucho más detallada y para el caso de este protocolo se debería evaluar la resolución de las imágenes de satélite para el nivel de análisis espacial (nivel 1, cuenca de la RNF libre de presiones)

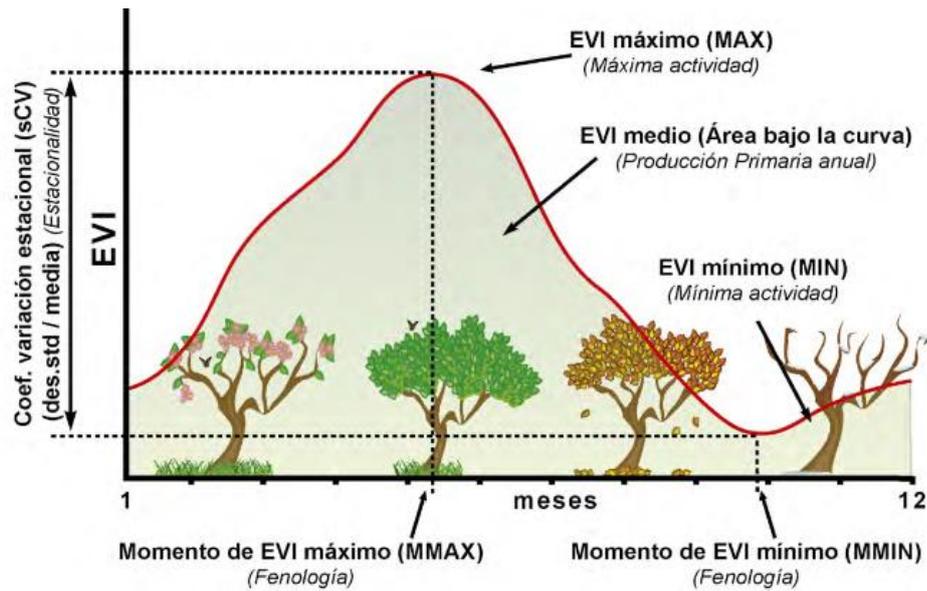


Figura 43: Cambios fenológicos y de productividad detectables a través de teledetección. Fuente: OAPN, 2016.

Un ejemplo aplicado a la RNF para el estudio de la fenología, ha tomado como información de referencia las imágenes que periódicamente son publicadas por los satélites Sentinel-2, dentro del programa Copérnico de la ESA (Agencia Espacial Europea). Estas imágenes tienen una periodicidad y una resolución adecuada (imágenes cada 5 días; píxeles de 10x10 metros) para su aplicación en la cuenca libre de presiones. Se estudia y compara con periodicidad anual la evolución del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que es un estimador bastante fiable de la actividad fotosintética de la vegetación, durante el periodo de mayor actividad fotosintética.

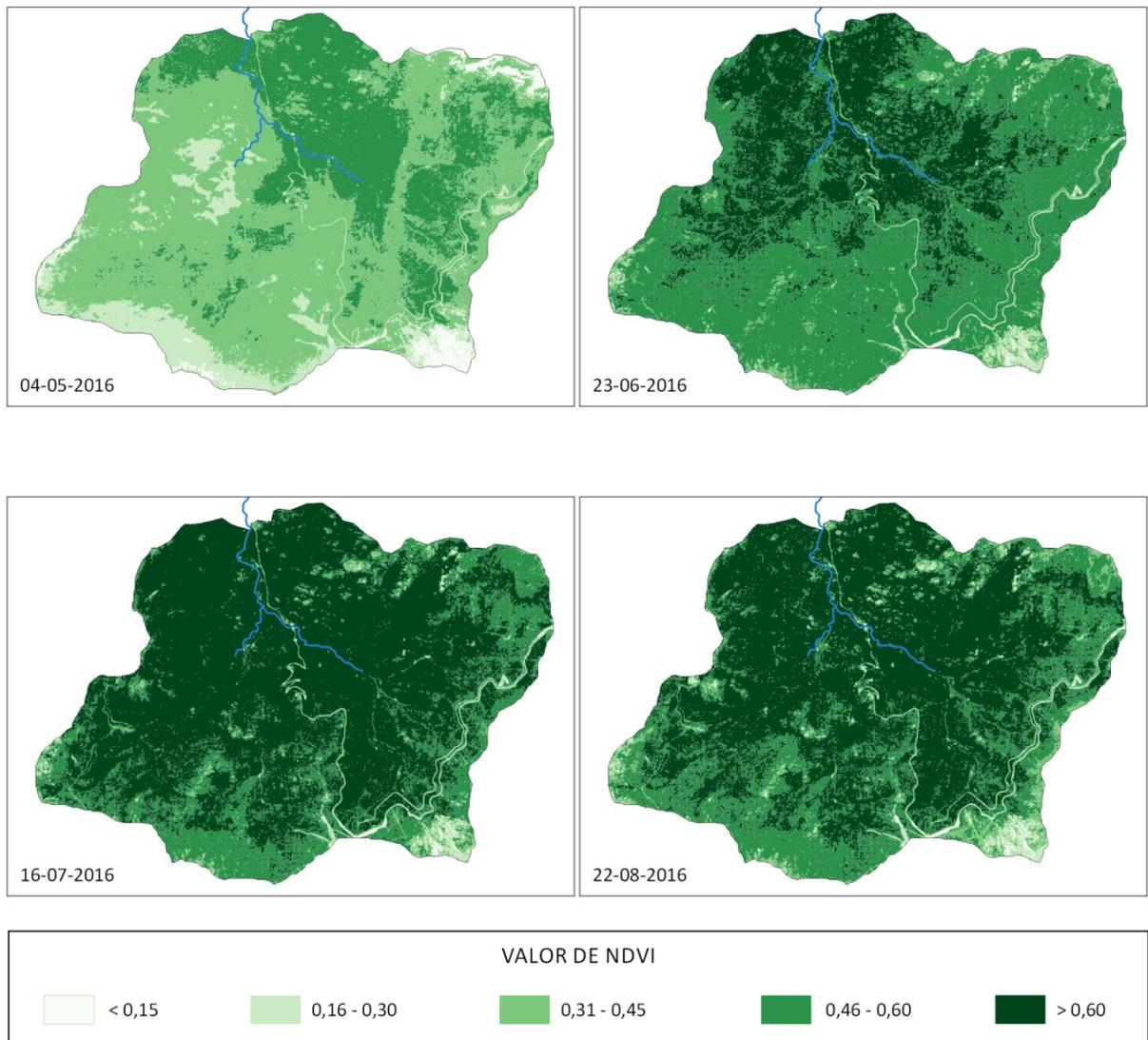


Figura 44: Representación del índice de NDVI con valores reclasificados en cuatro momentos temporales de 2016 para la cuenca libre de presiones de la RNF Alto Eresma. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Sentinel-2.

FECHA	VALOR MEDIO NDVI	% 0,45-0,60	% MAYOR 0,60	% MAYOR 0,45
04-05-2016	0,395	31,53	0,004	31,53
23-06-2016	0,564	58,15	35,14	93,29
16-07-2016	0,620	22,82	72,38	95,20
22-08-2016	0,599	28,63	64,10	92,73

Tabla 12: Comparación de los valores de NDVI entre cuatro momentos temporales de 2016 en cuenca libre de presiones de la RNF Alto Eresma. Fuente: elaboración propia.

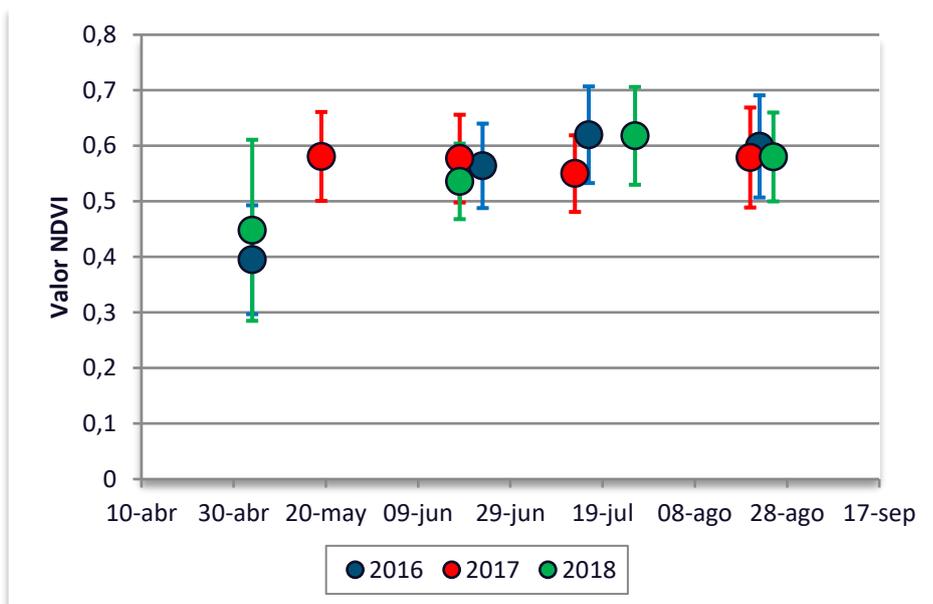


Figura 45: Valores medios de NDVI para la cuenca libre de presiones de la RNF Alto Eresma en las imágenes analizadas para la serie 2016-2018, incluyéndose en cada caso la desviación estándar, representada con las líneas de color. Fuente: elaboración propia.

5.5.- COMPONENTES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA

El artículo 10 del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, determina los elementos de calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico para las masas de agua de la categoría ríos. Diferencia elementos de calidad biológicos y elementos de calidad químicos y físicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:

RD 817/2015. Artículo 10. Elementos de calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico para las masas de agua de la categoría ríos	
Elementos de calidad biológicos:	Composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados. Composición y abundancia de flora acuática. Composición, abundancia y estructura de edades de fauna ictiológica.
Elementos de calidad químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:	Generales: condiciones térmicas y de oxigenación, salinidad, estado de acidificación y nutrientes. Contaminantes específicos vertidos en cantidades significativas.

Tabla 13: Propuesta de elementos determinantes de la calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico para las masas de agua de la categoría ríos.

Desde la Dirección General del Agua, con el fin de normalizar la valoración del estado ecológico, se ha programado la elaboración y aprobación oficial de protocolos sobre muestreo, laboratorio y cálculo de métricas relativos a los indicadores de calidad biológica. Los protocolos vigentes y que afectan a la medición de los aspectos ligados a características biológicas de las aguas son las siguientes:

- Organismos invertebrados bentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables. ML-Rv-I-2013
- Organismos fitobentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos. ML-R-D-2013
- Protocolo de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos. ML-R-M-2015
- Perturbaciones antrópicas y eventos naturales.

Por tanto, atendiendo a lo establecido en la DMA y en el RD 817/2015, se seleccionan como parámetros de observaciones fisicoquímicas del agua y, potencialmente sensibles al cambio climático, la temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. Para el caso de los parámetros biológicos, se seleccionan inicialmente los grupos de macroinvertebrados, macrófitos y diatomeas. También se incluyen la determinación y presencia de especies indicadoras de cambio para el grupo de macroinvertebrados (odonatos y plecópteros) y especies exóticas de carácter invasor para dichos grupos.

COMPONENTES DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO	ÁMBITO ESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
ESTADO FISICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL AGUA	Temperatura del agua	Sección de control (Nivel 3)	Sensor	Continuo
	Oxígeno disuelto	Sección de control (Nivel 3)	Sensor	Continuo
	Macroinvertebrados	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	Añual
	Macrófitos	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	Añual
	Diatomeas	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	Añual
	Especies invasoras	Sección de control (Nivel 3)	Trabajo de campo	Añual

Tabla 14: Propuesta y descripción de parámetros sobre el estado fisicoquímico y biológico del agua.

La medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos se prevén realizar a nivel de sección de control, estableciendo periodos de muestreo anuales o mediciones en continuo mediante la instalación de equipos de medición permanentes.

5.5.1.- TEMPERATURA DEL AGUA Y OXÍGENO DISUELTO

El aumento de la temperatura del agua, podría conllevar a una modificación en los ciclos biológicos y biogeoquímicos, que en el caso de los ecosistemas acuáticos pasaría por un desplazamiento aguas arriba de las especies fluviales, un adelantamiento del ciclo biológico a épocas más tempranas, e incluso la desaparición de especies por la pérdida de sus características del hábitat. La temperatura del agua está correlacionada con otros factores tales como la altitud, espesor y duración de la cubierta nival, deshielo en ríos de carácter pluvionival, periodo vegetativo, concentración de oxígeno disuelto en el agua, emergencia de fases larvarias acuáticas de insectos, temperatura ambiental, etc.

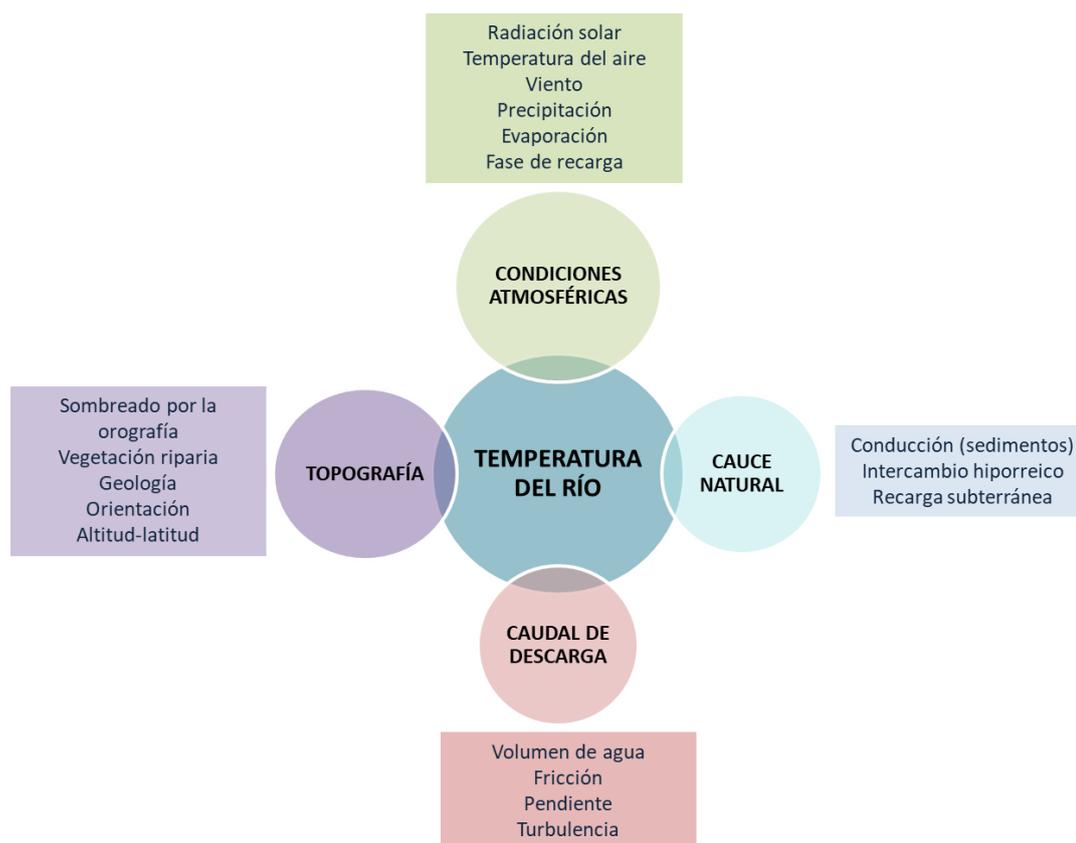


Figura 46: Factores que influyen en la temperatura del agua en ríos y fuertemente relacionados con las condiciones climáticas, y por tanto afectadas por el cambio climático. Fuente: Pletterbauer F., Melcher A., Graf W. (2018)

Por su parte, la concentración de oxígeno disuelto es uno de los datos de observación más importantes para determinar el estado fisicoquímico de los sistemas fluviales. Está muy relacionado con la temperatura del agua. La concentración máxima de oxígeno disuelto en el intervalo normal de temperaturas es de 9 g/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L el agua no es apta para el desarrollo de la vida. Se trata de un parámetro de observación muy afectado por presiones antrópicas relacionadas con vertidos de fuente difusa o puntual, pero que también va a estar muy influenciada por el cambio climático. Así, una disminución de la escorrentía y del caudal de ríos y arroyos, unido a un aumento de las temperaturas, va a provocar un incremento de las proliferaciones de algas y, por tanto, del oxígeno disuelto en el agua.

5.5.2.- PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Los bioindicadores acuáticos, tales como macroinvertebrados y micrófitos, nos permiten valorar y diagnosticar rigurosamente el estado ecológico de acuerdo a unas condiciones óptimas de referencia, y poder establecer así medidas de protección adecuadas.

En este sentido, las riberas forman parte significativa del ecosistema, aplicándose actualmente protocolos estandarizados de valoración. Existen numerosos trabajos e informes de calidad de los cursos fluviales basado en bioindicadores empleando macroinvertebrados acuáticos. En este sentido, destaca la aplicación del índice IBMWP (Alba-Tercedor *et al.*, 2002). Este método se basa en la presencia y ausencia de los organismos que habitan en un determinado curso de agua en función de su tolerancia a la contaminación y perturbación de los ríos. Es por ello que la aplicación de indicadores biológicos es una herramienta fundamental para conocer el estado de la calidad del agua y su estado ecológico.

PROMEDIO ANUAL	2010	2014	2015	2016	2017*
Parámetros biológicos					
Índice IBMWP (macroinvertebrados)	143	120	178	171	153
Índice IPS (diatomeas)	19	19,3	19,7	15,5	16,3
Índice IBMR (macrófitos)	-	-	-	-	18,8
Parámetros fisicoquímicos					
Temperatura del agua (°C)	-	-	-	-	12
Oxígeno disuelto (mg/L)	10,35	8,8	10,03	9,36	9,2

Tabla 17: Resultados de los muestreos de la masa ES020MSPF000000565 (2010-2017). * Muestreo de caracterización realizado en 2017 en las RNF (sólo un punto en la cuenca).

5.6.- PERTURBACIONES

Según se afirma en el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019), el uso de la tierra para fines agrícolas, silvícolas y de otra índole supone el 23 % de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, los procesos naturales de la tierra absorben una cantidad de dióxido de carbono equivalente a prácticamente una tercera parte de las emisiones de dióxido de carbono causadas por la quema de combustibles fósiles y la industria. La degradación de la tierra socava su productividad, limita los tipos de cultivos y merma la capacidad del suelo para absorber carbono. Ello exacerba el cambio climático y el cambio climático, a su vez, exacerba la degradación de la tierra de muchos modos distintos.

Existen factores antrópicos o eventos naturales que de manera indirecta podrían generar cambios en el funcionamiento del sistema fluvial, afectando a la disponibilidad hídrica o al régimen de sedimentos de la cuenca. Entender los efectos que estos factores generan en el río es fundamental para discriminar si los cambios observados (hidrología, morfología, calidad, etc.) se relacionan con un cambio en el clima o con una variación de las condiciones de la cuenca como consecuencia de los cambios de usos del suelo, los fenómenos nivales o los incendios.

Los parámetros seleccionados para identificar las perturbaciones antrópicas y eventos naturales a evaluar son los cambios de usos del suelo e incendios forestales, quedando reflejadas en la siguiente tabla, donde se resumen datos básicos como el ámbito espacial, metodología aplicada para la toma de datos y frecuencia:

COMPONENTE DEL MEDIO FLUVIAL	PARÁMETRO DE OBSERVACIÓN	ÁMBITO ESPACIAL (nivel de seguimiento)	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA
PERTURBACIONES Y EVENTOS	Usos del suelo	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	SIOSE	6 años
	Incendios forestales	Cuenca libre de presiones (Nivel 1)	Base datos MITECO	Variable

Tabla 15: Propuesta y descripción de parámetros sobre el estado fisicoquímico y biológico del agua.

Si bien se contemplan principalmente los posibles cambios de uso del suelo e incendios, se podrán incluir en cada una de las RNF, cualquier otro fenómeno de origen antropogénico que haya podido incidir en la dinámica natural del río. Para el estudio de estas variables se planea como ámbito espacial de seguimiento la cuenca libre de presiones e incluso la RNF al completo.

5.6.1.- USOS DEL SUELO

Los usos del suelo pueden ser la causa y la consecuencia del cambio climático. La naturaleza de los usos del suelo así como su distribución espacial está condicionada por la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos. Asimismo, influyen sobre muchos riesgos como el de inundación, incendios erosión, etc. Por eso mismo, los usos y aprovechamientos del suelo deben ser tenidos en cuenta para comprender el comportamiento de los diferentes parámetros de observación considerados, con el objetivo de discernir la variabilidad producida por el cambio climático o por otro tipo de presiones antrópicas.

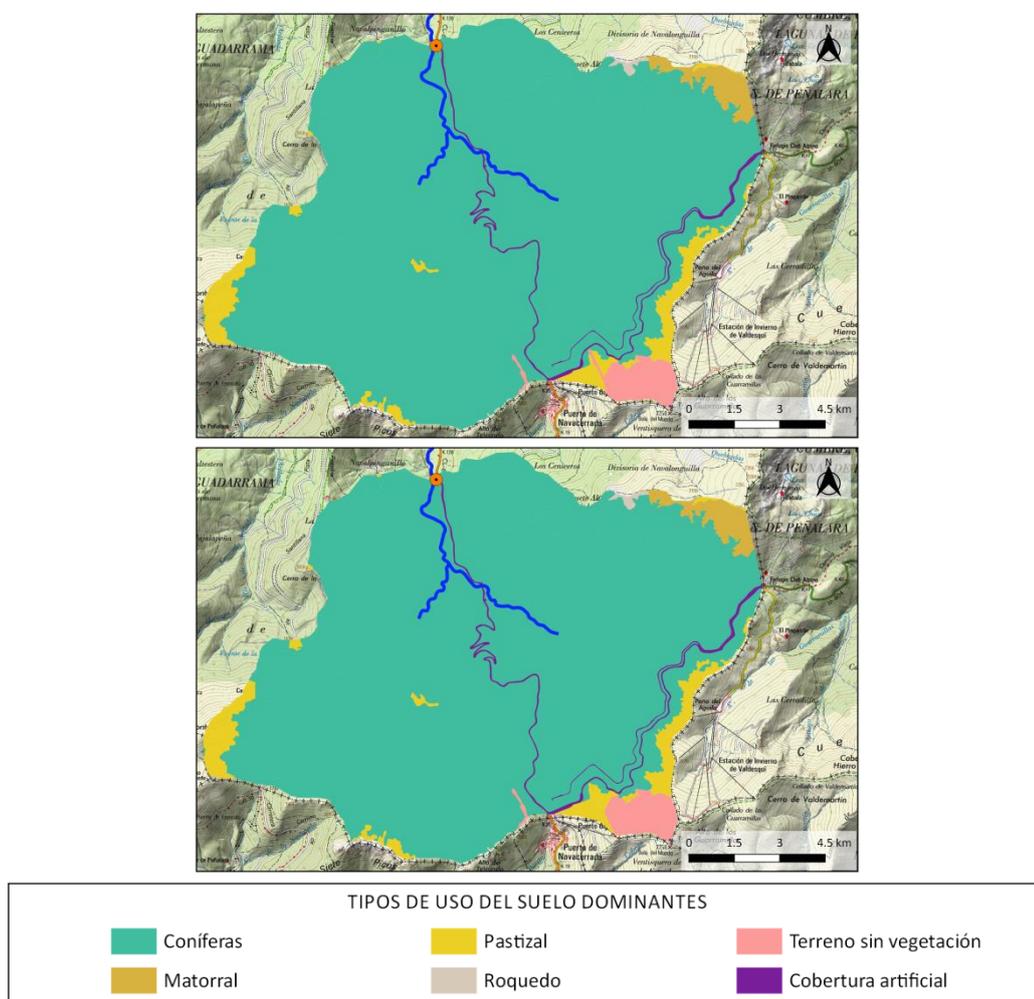


Figura 47: Evaluación de los usos del suelo de la cuenca libre de presiones de la RNF del Alto Eresma en 2005 (arriba) y 2010 (abajo). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIOSE.

Para la evaluación de los usos del suelo se puede emplear la cartografía procedente del SIOSE, que actualmente cuenta con dos series de datos (año 2005 y año 2011) y una actualización sexenal, la cual coincide con la periodicidad de actualización del seguimiento en el estudio del cambio climático en las RNF. De la cobertura SIOSE se ha clasificado la información en las siguientes clases: cultivo; pastizal; coníferas; frondosas; matorral; terreno sin vegetación; roquedo; cobertura artificial; cobertura de

agua. Cabe comentar que la base de datos de SIOSE aporta unas teselas donde se indica el porcentaje de cobertura de distintos usos dentro de la misma, por lo que se trata de teselas con usos mixtos en casi todos los casos. En esta metodología se ha resumido la información de modo que se da el valor a la tesela del uso mayoritario dentro de la misma.

5.6.2.- INCENDIOS FORESTALES

Asimismo, los incendios forestales dependen directamente de las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, viento, humedad atmosférica, vegetación, suelo) así como de los usos del suelo (abandono, prácticas de manejo, acumulación de biomasa, etc.). Muchos de los efectos ambientales asociados con el cambio climático pueden afectar la frecuencia, superficie afectada y la intensidad de los incendios. Evaluar la incidencia de los efectos de los incendios (por ejemplo incremento de las tasas de erosión) sobre el área de la RNF, se considera necesario para correlacionar otros procesos y estados como la calidad de las aguas.

Para el estudio de la incidencia y magnitud de los incendios, se propone emplear la base de datos del MITECO, que tiene un detalle a nivel municipal durante el periodo 2001-2014.

6.- CAPÍTULO VI: ANÁLISIS HISTÓRICO

El presente protocolo de seguimiento de los efectos del cambio climático sobre los sistemas fluviales se plantea en una escala temporal de largo plazo, sin embargo, el análisis de datos pasados puede ser de interés para evaluar posibles tendencias e incorporarlas en los informes de seguimiento. En este sentido, se propone el estudio de la evolución histórica de las principales características fluviales (meteorología, hidrología, geomorfología, etc.) y si se han producido variaciones como consecuencia del cambio climático.

Como posibles análisis previos, se contempla la revisión de iniciativas de seguimiento en el área de estudio de la RNF, análisis de fotografías aéreas históricas y estudios de paleoavenidas.

En primer lugar, en lo que respecta a la recopilación de iniciativas de seguimiento en las RNF a nivel individual, se considera una oportunidad para establecer posibles mecanismos de apoyo logísticos, sinergias y/o complemento de datos-recursos para este análisis previo. En el caso de existir datos, se propone realizar un pequeño análisis con el objetivo de observar tendencias y tratar de identificar las posibles causas de las variaciones encontradas, en especial si se pueden relacionar con posibles efectos del cambio climático. También se podrá realizar una revisión bibliográfica de los principales trabajos técnicos, bibliografía científica, iniciativas o metodologías existentes que guarden relación con los objetivos de este protocolo.

Entre los aspectos a tratar en este análisis histórico, se incorpora también el análisis de fotografías aéreas históricas y fotografías estándar de diferentes periodos temporales de estas reservas. Este análisis permitirá comprobar la evolución del paisaje fluvial en su conjunto (evolución de la vegetación, morfología del cauce, entre otros)

Vuelo	Fecha	Escala (aprox.) o tamaño de píxel (m)	Formato de dispensación y resolución radiométrica	Distributor
Vuelo Americano A	1945	1:45.000	Fotografía digital (escala de grises)	CECAF
Vuelo Americano B	1956-1957	1:30.000 1:35.000		
	Fotografía digital (escala de grises)	CECAF		
Vuelo IRYDA	1977-1983	1:18.000	Fotografía digital o analógica (escala de grises)	CNIG
Vuelo nacional (TRAGSA)	1983-1985	1:30.000	Fotografía digital o analógica (escala de grises)	CNIG
Vuelo catastral	1987-1989	1:20.000	Fotografía digital o analógica (escala de grises)	Gobierno de España
SIG Oleícola	1997-1998	1.0	Ortofotografía (escala de grises)	Gobierno de España
SIGPAC	2002	0.5	Ortofotografía (RGB)	Gobierno de España
PNOA	2006	0.5	Ortofotografía (RGB)	Gobierno de España o CNIG

Tabla 16: Características de las fotografías y ortofotografías en España. Fuente. Úbeda et al. 2010

El material existente para España cubre un período de 61 años, incluyendo un total de 8 vuelos (tabla). Los dos primeros, se corresponden con el denominado vuelo americano, en sus versiones A y B. La primera, desarrollada en 1945 por los Estados Unidos, con una escala aproximada de 1:45.000. La versión B fue desarrollada también por los Estados Unidos en 1956, con una escala variable de 1:30.000 a 1:35.000. Los fotogramas de ambos vuelos son dispensados por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército de Aire (CECAF). Con posterioridad (1977-1983), el antiguo Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) promovió la ejecución de un vuelo nacional a escala 1:18.000, lo que supone la mayor de todas las disponibles. Más tarde, de 1983 a 1985 y de 1987 a 1989 se elaboraron vuelos a escalas inferiores al anterior pero también útiles para su aplicación a los trabajos de índole geomorfológica; 1:30.000 y 1:20.000, respectivamente. Todos estos los fotogramas anteriores se pueden adquirir como copia en formato analógico o previamente digitalizado a diferentes resoluciones.

Por otro lado, también se pueden emplear técnicas de foto análisis con dos imágenes tomadas en las RNF en dos periodos temporales diferentes (por ejemplo, década de los 70 y año 2017) y en perspectiva y plano similar con el objeto de observar cambios.

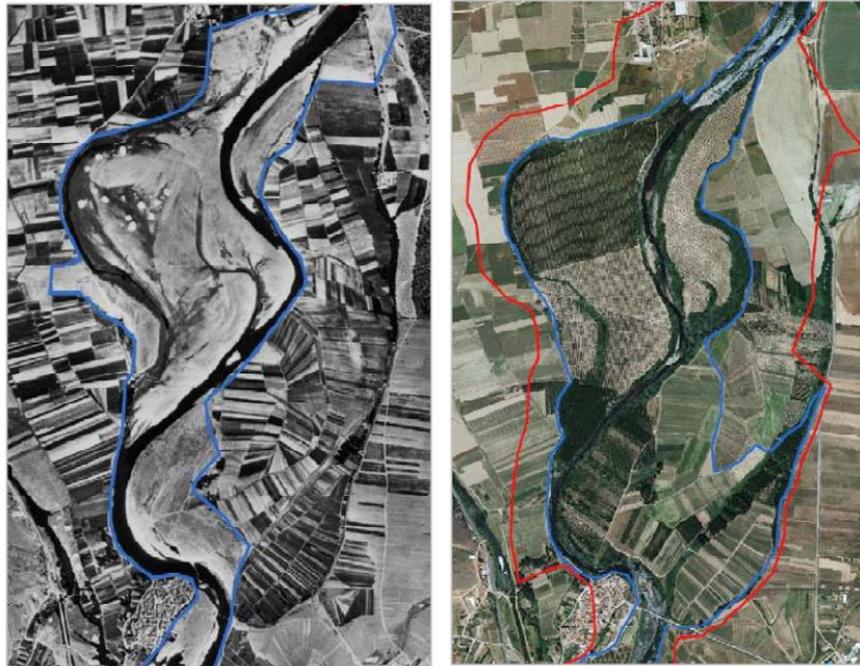


Figura 48: Ejemplo de tramo del río Órbigo a su paso por Alija del Infantado (León). Se analizan las evidencias hidromorfológicas y las presiones en el cauce que dan lugar al cambio del tipo morfológico en planta a partir de las ortofotos del año 1956 y 2013. Fuente: Protocolo de caracterización hidromorfológica de las masas de agua de la categoría ríos. MAPAMA, 2017.

La reconstrucción de avenidas históricas tradicionalmente se hacía a partir de documentación histórica (normalmente incompleta en zonas montañosas), o con criterios geomorfológicos, esto es, de las formas del relieve y depósitos (bancos de arena) que generaron esas avenidas. Y a partir de su disposición, con métodos hidráulicos, se intentaba calcular los caudales que llevaron esas paleoavenidas. Actualmente, se han desarrollado nuevos métodos que permiten profundizar más sobre los efectos de estas paleoavenidas. Por ejemplo, desde el IGME, se está trabajando en un conjunto de metodologías y técnicas para el análisis y prevención de la peligrosidad y riesgo de inundaciones, basadas en la geomorfología y paleohidrología (incluyendo dendrogeomorfología y sedimentología), para la mejora de la estimación de la frecuencia y magnitud de avenidas torrenciales.

La dendrogeomorfología es una disciplina basada en la dendrocronología para datar formas, depósitos y procesos. Para ello, realizan una caracterización morfológica del río, definiendo las formas del lecho (barras, cauces secundarios, cauces abandonados, zonas externas e internas del meandro, etc.). La selección de ejemplares para el muestreo dendrocronológico se basa en la observación de parámetros externos que pueden evidenciar la interferencia entre el ejemplar y la dinámica torrencial (indicios dendrogeomorfológicos). También es necesario muestrear ejemplares que no se encuentren afectados por la dinámica torrencial, ya que éstos servirán de patrón de comparación (series de referencia) de los ritmos de crecimiento, para así poder diferenciar anomalías que no se corresponden con avenidas, sino que puedan ser debidas a la variabilidad climática, plagas, etc. Posteriormente, se realiza un estudio dendrocronológico de los ejemplares y se relacionan con los principales eventos torrenciales. La datación consiste en la transformación de las series de incrementos de crecimiento en secuencias dendrocronológicas, mediante la asignación precisa de fechas, de tal forma que cada valor se corresponda con el año en que fue formado el anillo de crecimiento. Finalmente, se realiza la datación de indicadores y de evidencias dendrogeomorfológicas, en la que se relaciona el estudio dendrocronológico con las formas del cauce y datar los eventos de avenidas pasadas, su magnitud y zona de afección (Ruiz-Villanueva *et al.* 2010)

Destacar por último un nuevo método en el que han participado los investigadores del IGME. Parte de un modelo clásico conocido como “calado crítico”, que busca para hacer cálculos de los lugares donde se produjeron cascadas en el torrente debido a saltos del lecho o bien a estrechamientos bruscos. La innovación consiste en mejorar la estimación de los caudales gracias a cálculos matemáticos repetitivos hasta que se localiza el punto exacto de donde se produjo ese calado crítico, lo que permite tener resultados exactos del caudal de esa avenida, su profundidad, velocidad, etc.; y además permite considerar en el cálculo la presencia de bloques, cantos y arenas que el agua suele arrastrar en este tipo de eventos torrenciales, y que son muchas veces los que producen los daños materiales y las pérdidas de vidas humanas.

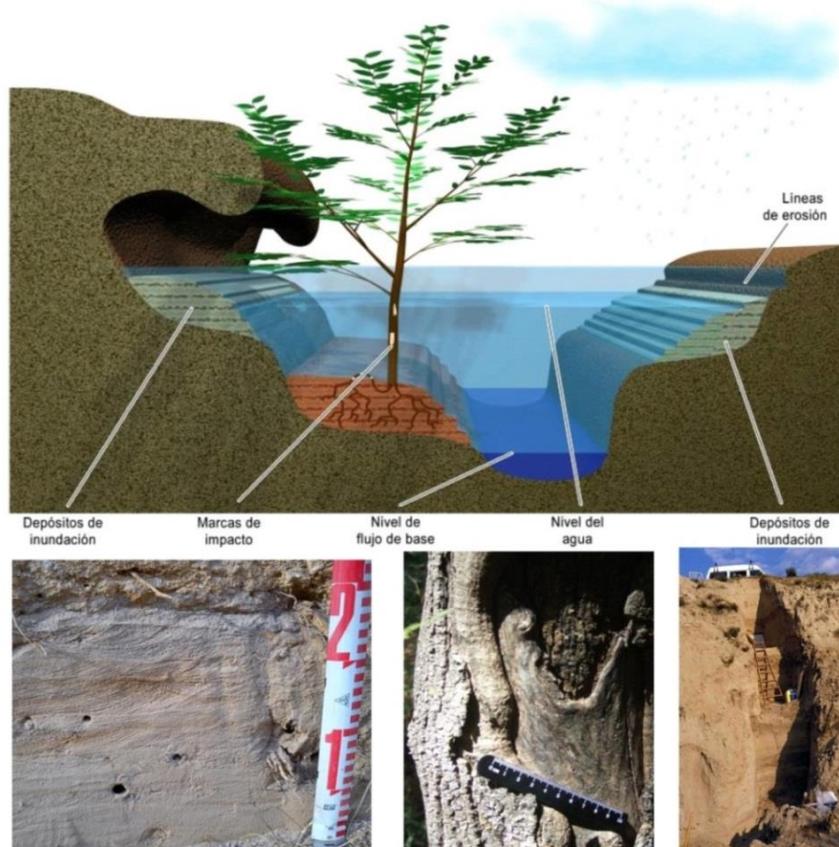


Figura 49: Ejemplo de metodologías para el estudio histórico de las avenidas. Fuente: IGME.

Por último, y como otras posibles fuentes de información de interés cabría mencionar publicaciones antiguas referentes a las RNF, como, por ejemplo, inventarios botánicos-florísticos, tesis doctorales, libros y cartografía antigua.

7.- CAPÍTULO VII: TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El alcance de este protocolo de seguimiento generará gran cantidad de datos brutos y procesados así como una serie temporal de informes a escala de RNF y a escala de red. Todo ese volumen de información requerirá de un sistema de coordinación, almacenamiento, procesamiento de la información y difusión.

Para ello, se podrá valorar la creación de aplicaciones informáticas para la gestión de bases de datos o la organización de bases de datos geográficas. El SIG es una de las principales herramientas en las que apoya se puede apoyar el protocolo, encaminado a favorecer la disponibilidad de la información sobre la evolución de la propia red. Su función básica es la gestión de los datos generados, incluyendo su validación, generación de metadatos, armonización, catalogación, organización, difusión y análisis de la información disponible. De esta manera se facilita además la disponibilidad y el intercambio de información entre los profesionales de las diferentes administraciones a través de aplicaciones comunes.

Los datos registrados automáticamente y tomados en campo también deberán centralizar la información y validarla. Por ejemplo, los datos generados por las estaciones meteorológicas se enviarán vía GSM, GPRS y satélite a un centro de control y éste deberá validar los datos y almacenarlos. Para la toma de datos en campo, el uso de aplicaciones móviles permite agilizar el procesamiento de datos y también deberá centralizarse y validarse.

Toda la información obtenida, tanto de las estaciones de muestreo como de los datos ya tratados y analizados se considera de gran relevancia para ampliar el conocimiento sobre cambio climático en el medio fluvial a gestores, a científicos y al público en general. Esta difusión se debe canalizar a través de diferentes medios. Entre ellos, cabría destacar Adaptecca, plataforma de intercambio y consulta de información en materia de adaptación al cambio climático o el propio portal oficial del actual Ministerio de Transición Ecológica.

ADAPTECCA – Plataforma de intercambio de información en materia de adaptación al cambio climático



Plataforma de intercambio y consulta de información sobre adaptación al Cambio Climático en España

Iniciativa de la Oficina Española de Cambio Climático y la Fundación Biodiversidad que, junto con las unidades responsables en materia de adaptación al cambio climático de las Comunidades Autónomas, identificaron de forma conjunta la necesidad de contar con un instrumento de intercambio de información y comunicación entre todos los expertos, organizaciones, instituciones y agentes activos en este campo, a todos los niveles.

Es una herramienta al servicio de todos aquellos expertos, organizaciones, instituciones y agentes interesados en acceder e intercambiar información, conocimientos y experiencias sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, así como un instrumento para potenciar la comunicación entre todos ellos.

Tabla 16: Información de la iniciativa ADAPTECCA. Fuente: OECC.

Los datos de observación se van a medir en diferentes espacios temporales dependiendo del tiempo necesario para la observación de cambios, así como la viabilidad de la toma de datos. Por ello, se han

establecido diferentes periodicidades. En base a lo anterior se propone la redacción de dos informes, uno anual y otro sexenal.

El informe anual será el informe parcial de resultados básicos para el seguimiento de aquellos parámetros de observación propuestos y cuya toma de datos sea continua-automática o aquellas cuya información se recopila a través de campañas cuya frecuencia sea mensual. El informe sexenal, será el informe completo de resultados, donde se incorporen los informes anuales y aquel conjunto de parámetros de observación cuya escala de cambios requiere una toma de datos más espaciada, como por ejemplo la geomorfología. Este informe será más amplio y exhaustivo y se analizarán las relaciones causa-efecto de variación de los parámetros analizados. Sería interesante hacer coincidir el primer informe sexenal con el ciclo de planificación hidrológica (2015-2021), con objeto de poder tener en cuenta las conclusiones de dicho informe en el Plan Hidrológico correspondiente.

INFORME ANUAL	INFORME DE EVOLUCIÓN SEXENAL
Informe básico de seguimiento de aquellos parámetros de los que se pueden tomar datos de manera automática o aquellas cuya información se recopila anualmente	Informe de evolución a partir del conjunto de boletines anuales y de los siguientes aspectos
Hidrología (básico) Meteorología (básico) Estado fisicoquímico Estado biológico Incendios en la cuenca Evolución de la cobertura nival	Informe anual + Geomorfología Vegetación

Tabla 17: Propuesta de componentes del sistema fluvial a incluir en los diferentes informes de seguimiento.

8.- CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES

España, por su situación geográfica y características socioeconómicas, es muy vulnerable al cambio climático y ya se está viendo ya afectada por los recientes cambios. Los impactos del cambio climático pueden tener consecuencias especialmente graves, entre otras, en lo referente a la disminución de los recursos hídricos, pérdidas de la diversidad biológica y ecosistemas naturales, aumentos en los procesos de erosión del suelo y fenómenos climáticos extremos, tales como inundaciones, incendios forestales y olas de calor.

Las modelizaciones y diferentes escenarios del cambio climático muestran un aumento de temperaturas pero también muestran ciertas incertidumbres en cuanto a las precipitaciones, sequías e inundaciones. En este contexto, cada cuenca hidrográfica mostrará una capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, lo cual definirá la vulnerabilidad de cada una frente a estos impactos.

El cambio climático en ecosistemas fluviales genera un efecto cascada a partir de su impacto sobre el balance hídrico, el cual a su vez incide sobre distintos procesos fluviales (régimen hídrico, estabilidad del canal, estructura del sustrato del lecho fluvial, etc.) y la calidad del agua, afectando en este caso a todos sus descriptores, especialmente a la temperatura. Asimismo, la temperatura regula la concentración de oxígeno disuelto en el agua, disminuyendo ésta según aumenta la temperatura. En su conjunto, los cambios que inducen el cambio climático sobre los distintos procesos fluviales y la calidad del agua condicionan la permanencia de las comunidades biológicas, que los habitan, e introducen cambios en su estructura y dinámica.

En este contexto, la existencia de una red de RNF ofrece la posibilidad de llevar a cabo un seguimiento sobre los efectos del cambio climático en el ecosistema fluvial, de manera que permita monitorizar y detectar cambios para anticiparse a efectos adversos y mitigarlos. Existen a nivel nacional e internacional precedentes en materia de seguimiento ecológico y seguimiento del cambio global y climático que permite nutrir previamente este documento para sentar las bases metodológicas y la selección de los potenciales parámetros de observación. Se entiende que la influencia antrópica en ellas es mínima por lo que los cambios a largo plazo que se observen van a venir determinados por el cambio climático. En algunos casos, sin embargo, será difícil discernir entre los efectos del cambio climático y el cambio global (contaminación, llegada de especies invasoras, etc.)

El protocolo que se presenta se entiende que es una primera propuesta que servirá de documento de discusión para ir consensuando tanto las bases metodológicas y su posterior implementación. Los criterios para la selección de los parámetros de observación son, en última instancia, la precisión, la sensibilidad al cambio y la viabilidad técnica y económica. Paralelamente, se basa en los requerimientos legales en materia de cambio climático, conservación de la naturaleza y recursos hídricos, considerando la normativa nacional y las directivas europeas, así como otros protocolos normalizados y estandarizados.

Pero esta propuesta también debe incorporar sus incertidumbres. Aunque muchos aspectos del cambio climático son bien conocidos por la comunidad científica, sin embargo la detección de tendencias significativas a largo plazo en la componente hidrológica es generalmente difícil debido a la considerable variabilidad interanual y decenal. Además, la atribución de cambios observados es complicada debido a las modificaciones en los flujos de agua naturales que surgen de los cambios morfológicos, las extracciones de agua y el cambio en el uso de la tierra. Así para la componente geomorfológica la complejidad si cabe es mayor en cuanto a que la escala temporal de análisis es limitante y con respecto a otras disciplinas científicas no se ha trabajado hasta el momento tanto en el empleo de geoindicadores de cambio climático.

El marco espacial de análisis se centra en tres niveles que marcarán el tipo de datos a medir y la intensidad de seguimiento. Un nivel previo en la definición de la escala espacial de seguimiento sería la RNF como ámbito geográfico, considerando todo su curso y cuenca vertiente. Para ello, se han seleccionado del conjunto del Catálogo Nacional (135) una serie de RNF que por sus características se configuran como espacios idóneos para el seguimiento. Una vez seleccionadas (36 propuestas), la primera escala de seguimiento espacial quedaría definida por la cuenca vertiente de RNF donde no existan impactos antrópicos y presiones relevantes. En esta escala se podrá observar y realizar un seguimiento de parámetros como los cambios de usos del suelo o la evolución del cauce activo. El siguiente nivel espacial de seguimiento se denomina tramo de control y correspondería a un tramo aguas arriba del punto de cierre de la cuenca definida previamente. En esta escala de seguimiento se podrá observar la evolución de la morfología fluvial y cambios en la vegetación ribereña. El tercer y último nivel, se denomina sección de control y está localizada dentro de la cuenca de la RNF libre de impactos y presiones. Coincidiendo con su punto de cierre se establece una banda transversal en el tramo del río donde poder localizar puntos para el muestro de parámetros ligados a la ecología del agua y a la vegetación ribereña.

El estudio para el seguimiento del cambio climático en las RNF se propone desde una perspectiva a largo plazo. La idea principal es asegurar la realización del seguimiento de forma sostenida en el tiempo, de forma que permita observar patrones y tendencias de variación de las características fluviales y su relación con el cambio climático. La toma de datos tendrá diferente frecuencia en función de la naturaleza de cada parámetro a observar y la instrumentación elegida, pero el tratamiento y emisión de informes de resultados se realizará en dos periodos: anual y sexenalmente.

La selección de dichos parámetros, se ha agrupado en 6 componentes del sistema fluvial como son la meteorología, hidrología, geomorfología, vegetación de ribera, estado físico-químico y biológico del agua y perturbaciones antrópicas. Este conjunto de parámetros propuestos podrán convertirse en variables de seguimiento o indicadores en función de las necesidades futuras a escala de RNF o a escala de red en materia de estandarizar resultados. La información obtenida se podrá complementar con un análisis histórico para establecer los valores de referencia y periodo de control de estas RNF. Asimismo, también se considera relevante establecer en el futuro un sistema de gestión y explotación de la información que permita acceder, controlar y difundir la información de manera coordinada y atendiendo al concepto de gobernanza.

9.- BIBLIOGRAFÍA

ACA (2006). *Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. Agència Catalana de l'Aigua, Barcelona.

AEMET y OECC (2018). *Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C*. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid.

AEMET (2008). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

AEMET (2016). *Proyecciones climáticas para el siglo XXI*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Aguilar, L (2014). *Recogida de datos en campo: del papel a digital, puntos a tener en cuenta*. Artículo de opinión en Nosolosig. Disponible en: <http://www.nosolosig.com/articulos/342-recogida-de-datos-en-campo-del-papel-a-digital-puntos-a-tener-en-cuenta>

Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S. y Zamora-Muñoz, C. (2004). *Caracterización del estado ecológico de los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)*. Limnética 21 (3-4): 175-185.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. Smith, M (1998). *Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage. Paper 56.

Aparicio, M., Ballarín, D., Codorníu, A., Fernández, A., García, J., González, G., García, J.H., Ibisate, A., Magdaleno, F., Manuel, X., Martínez, C., Luis Núñez, J., Ollero, A., Pérez, A., Puig, A., Javier-Sánchez, F. (2015). *Protocolo para la caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos en España*. II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial - RESTAURARIOS 2015.

Barranco, L.M.; Álvarez-Rodríguez, J.; Olivera, F.; Potenciano, Á.; Quintas, L. y Estrada, F. (2014). *Assessment of the expected runoff change in Spain using climate simulations*. J. Hydrol. Eng., 19 (7), 1481–1490.

Benito, G. (2017). *Respuesta de las inundaciones al Cambio Climático: Experiencias en el contexto de la Directiva de Inundaciones*. Presentación Taller sobre inundaciones y cambio climático. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agua/formacion/gri-experiencias-europeas-directiva-inundaciones_tcm7-460466.pdf

Benhamrouche, A.; Martín, J. (2012). *Avances metodológicos en el análisis de la concentración diaria de la precipitación en la España Peninsular*. Anales de Geografía 2012. Vol. 32, núm. 1; 11-27.

Brittain, J.E. (2008). *Mayflies, biodiversity and climate change*. En: F.R. Hauer, J.A. Stanford & R.L. Newell (eds.) *International Advances in the Ecology, Zoogeography, and Systematics of Mayflies and Stoneflies*. pp. 1-14. University of California Press, Berkeley.

Capinha, C., Antastácio, P. y Tenedeiro, J.A. (2012). *Predicting the impact of climate change on the invasive decapods of the Iberian inland waters: an assessment of reliability*. Biological Invasions 14(8): 1737-1751.

Casado, M.J. y Ramos, P. (2013). *Evidencias y escenarios de cambio climático*. Revista de Obras Públicas 3545: 51-62.

CEDEX (2010). Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Ficha 1: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Informe Técnico Centro de Estudios Hidrográficos - CEDEX, Tomo único, clave CEDEX 42-407-1-001. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento.

CEDEX (2012). *Estudio de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y las Masas de Agua. Informe Final*. Encomienda del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Madrid, diciembre de 2012.

CEDEX. (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Informe Técnico Centro de Estudios Hidrográficos - CEDEX, Tomo único, clave 42-425-0-001. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento, Madrid.

Dankers, Rutger & Feyen, Luc. (2009). *Flood hazard in Europe in an ensemble of regional climate scenarios*. J. Geophys. 114. 10.1029/2008JD011523.

Dawson, H. (2002). *Guidance for the field assessment of macrophytes of rivers within the STAR Project*. NERC CEH-Dorset, UK.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

DIRECTIVA 2007/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2007 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Dworak, T. y Leipprand, A. (2007). *Climate Change and the EU Water Policy: Including Climate Change in River Basin Planning*. Support to the CIS working group on Climate change and Water. Ecologic Institute, Viena.

Dudgeon, D., et al. (2006). *Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status and Conservation Challenges*. Biological Reviews, 81, 163-182.
<https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

EC (2009). Guidance document No. 24. *River basin management in a changing climate*. European Communities, Bruselas.

EC (2011). *Climate change impacts and adaptation: reducing water-related risks in Europe*. Proceedings of the EU-ISDR Int. Workshop, Brussels, 6-7 July 2010, EUR Report, EUR 10-620 EN.

EC (2016). *Adapting the management of Water and Environmental Resources in response to Global Change*. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/water/adaptation/index_en.htm

EC (2019). *Impact Assessment and support studies for the Blueprint to safeguard Europe's water resources*. European Commission; *Water-Blueprint*. Available at: https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/ia_en.htm

EEA (2014). Adaptive strategies to mitigate the impacts of climate change on European freshwater ecosystems. AceProject | Climate-ADAPT. European Environment Agency, 2014



EEA, 2015. *Evaluating the Impacts of Global Change on European Freshwater Ecosystems*. AceProject | Climate-ADAPT. European Climate Adaptation. European Environment Agency, 2015.

EEA (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*. EEA Report No 1/2017. European Environment Agency, 2017.

EEA (2018). *Climate impacts on water resources*. European Environment Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/archived/archived-content-water-topic/water-resources/climate-impacts-on-water-resources>

Elguindi, N., Rauscher, S.A. y Giorgi, F. (2013). Historical and future changes in maximum and minimum temperature records over Europe, *Climate Change* 117; 1-2.

EPA (2013). *National Rivers and Streams Assessment 2013-2014: Field Operations Manual – Wadeable*. EPA-841-B-12-009b. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Washington, DC.

EPA (2016). *Regional Monitoring Networks (RMN) to Detect Changing Baselines in Freshwater Wadeable Streams (Final Report)*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/280, 2016.

EUROPARC España. 2018. *Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión*. Segunda edición, revisada y ampliada. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid. 168 págs.

Estela Monreal, T. y Francés Mahamud, M. (2008). *Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. El Programa ERHIN (1984-2008)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Dirección General del Agua.

Fritz, K. M., Johnson, B. R., & Walters, D. M. (2006). Field Operations Manual for Assessing the Hydrologic Permanence and Ecological Condition of Headwater Streams (p. 134). United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.

García, A.; Muñoz, J. (2010): *Modificaciones recientes de la cubierta nival y evolución de la vegetación supraforestal en la Sierra de Guadarrama, España: El puerto de Los Neveros*. Cuadernos de Investigación Geográfica 36(2): 109-143.

García, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E. y Batalle, R.J. (Eds.) (2018): *Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos*. Universitat de les Illes Balears, Sociedad Española de Geomorfología, Palma, 4092 pp.

Giorgi, Filippo & Lionello, P. (2007). *Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change*. 63.90-104. 10.1016/j.gloplacha.2007.09.005.

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, 317 pp.

Gonzalez del Tánago, M.; Criado, R.; Hernández, E.; Arrojo, P.; Ramos, B. (2008). *Inundaciones y cambio climático*. En: "El cambio climático en España y sus consecuencias en el sector del Agua". Universidad Rey Juan Carlos, Aqualia, Madrid, España, pp. 53-66. ISBN 9788469165287.



González del Tánago (2010). *El sistema fluvial formas y procesos los ríos en buen estado ecológico*. Curso sobre restauración de ríos. Curso sobre RESTAURACIÓN DE RÍOS. Sevilla, 15,16 y 23 de Marzo, 2010.

Goudie, Andrew. (2016). *The integration of Human and Physical Geography revisited*. The Canadian Geographer / Le Géographe canadien. 10.1111/cag.12315.

Hauer, F. R., & Lamberti, G. A. (2007). *Methods in Stream Ecology (second edition)*. (Elsevier, Ed.). Amsterdam. Academic Press: Academic Press.

Herrero A & Zavala MA, editores (2015). *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Hidalgo, R. (2016). *La Red Natura 2000 y el Cambio Climático. Seminario 'Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y la gestión de las áreas protegidas en España'* (Valsaín, 4-5 abril 2016). Disponible en: http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Cambioglobal/seminario_1/n2000_y_cambio_climatico.pdf

Horvath, B.; Quevauviller, P. (2010) *Adaptation to climate change in river basin management planning in the EU –policy context and research trends*. WFD Lille 2010. Disponible en: https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework_directive/implementation_convention_management_conference/Mon%201500%20Horvath%20and%20Quevauviller.pdf

Howell, T.A., S.R. Evett, A.D. Schneider, R.W. Todd, and J.A. Tolk (1998). *Evapotranspiration of irrigated, fescue grass in a semi-arid environment*. ASAE Paper no. 982117. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI. 49085-9659 USA.

IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IPCC (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>



Kiffney, P.M. y Clements, W.H. (2003). *Ecological effects of metals on benthic invertebrates*. En: Simon T.P. (ed.) *Biological Response Signatures. Indicator Patterns Using Aquatic Communities*. CRC Press, Boca Raton, pp. 135-154.

Kilsby, C.G., Large, A.R.G., Newson, M.D., Orr, H.G. y Walsh, C.L. (2009). *Incorporating climate change in river typologies for the Water Framework Directive*. Environmental Agency, United Kingdom, Bristol.

Kilsby, C.G.; Tellier, S.S.; Fowler, H.J. y Howels, T.R. (2007). *Hydrological impacts of climate change on the Tejo and Guadiana Rivers*. *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 11: 1175-1189.

Kline, M., Alexander, C., Pomeroy, S., Cahoon, B., & Becker, L. (2004). *Vermont Stream Geomorphic Assessment. Phase 2 Handbook. Rapid Stream Assessment. Field Protocols*, 83.

Luna, Y., López, J.A. y Guijarro, J.A. (2012). *Tendencias observadas en España en precipitación y temperatura*. *Revista Española de Física* 26: 12-17.

Magdaleno, F., Martínez, R. y Roch, V. (2010). *Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera*. *Ingeniería Civil* 157: 85-96.

MAGRAMA (2016). *Cambio Climático: Informe de síntesis Guía Resumida del Quinto Informe de evaluación del IPCC*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

MAGRAMA (2017). *Cuarto Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

MAPAMA (2016). *Seguimiento de la productividad primaria de los ecosistemas de la Red de Parques Nacionales mediante técnicas de Teledetección. Informe técnico*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

MAPAMA (2017). *Líneas estratégicas para la gestión de las Reservas Naturales Fluviales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 36 pp.

MAPAMA (2017). *Plan de Seguimiento y Evaluación de la Red de Parques Nacionales*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Fecha de actualización: Enero 2016.

MAPAMA (2017). *Taller sobre inundaciones y cambio climático: Constitución del grupo de I+D+i de inundaciones. PIMA Adapta*. Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación Y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente Dirección General del Agua Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Madrid. 21 de junio de 2017.

Martín-Vide, J. (2004). *Spatial distribution of daily precipitation concentration index in Peninsular Spain*. *International Journal of Climatology*, 24: 959-971.

Martín-Vide, J.; Olcina, J. (2001). *Climas y tiempos de España*. *Revista de geografía*, ISSN 1132-1202, Nº 14, 2004, págs. 208-213

Mestre, I., Casado, M. J., y Rodríguez, E. (2015). *Tendencias observadas y proyecciones de cambio climático sobre España*. Capítulo 2: 87-98. En Herrero A & Zavala MA, editores (2015) *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.



MIMAM (2005). *Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Oficina española de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España.

MIMAM (2006). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático- Marco para la coordinación entre Administraciones Públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*. Oficina Española de Cambio Climático. Secretaria General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente.

MITECO (2018). *Caracterización de las Reservas Naturales Fluviales y propuesta de medidas de gestión*. Informe inédito.

MITECO (2019). *Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/Catalogo-Nacional-de-Reservas-Hidrologicas/Default.aspx>

MITECO (2019). *ERHIN- Evaluación de recursos hídricos procedentes de la innivación*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/ERHIN/>

MITECO (2019). *Plan PIMA Adapta Agua (2015-2020)*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/plan-pima-adapta-agua.aspx>

MITECO (2019). *Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos.M-R-HMF-2019*. Edita. Ministerio para la Transición Ecológica. 119 pp. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protocolo-caracterizacion-hmf-abril-2019_tcm30-496596.pdf

Morata-Gasca, A. (2014). *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPPC-AR4*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología. Madrid, 2014. Disponible en: http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Guia_IPCC/Guia_IPCC.pdf

Moreno, J.L., Navarro, C. y de las Heras, J. (2005). *Índice Genérico de Vegetación Acuática (IVAM): propuesta de evaluación rápida del estado ecológico de los ríos ibéricos en aplicación de la Directiva Marco del Agua*. Tecnología del Agua, 261: 48-53.

Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N. y Rieradevall, M. (2003). *A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13: 147-164.

Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G. y Ullerstig, A. (2011). *Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations*. Tellus A, 63; 41–55.

OAPN (2015). *Red de Seguimiento del Cambio Global en la Red de Parques Nacionales Informe de resultados para el periodo: 1 de enero de 2008 - 30 de junio de 2015*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/red-parques-nacionales/red-seguimiento/resultados-2014-rscg_tcm30-377618.pdf

OECC. (2012). *Evidencias de los impactos del cambio climático en España. Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Oficina Española de

Cambio Climático. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/CC_Efectos_evidencias_tcm30-101271.pdf

OECC. (2014). *Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Mitigación. Guía resumida del Quinto informe de Evaluación del IPCC*. Grupo de Trabajo II. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 2014. 58 pp.

OECC. (2018). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Cuarto Informe de Seguimiento*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Transición Ecológica, 2018. 185 pp.

OECD, 2013. *Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters*. OECD Studies on Water, OECD Publishing. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200449-en>.

Ollero, A.; Ballarín, D.; Díaz Bea, E.; Mora, D.; Sánchez Fabre, M.; Acín, V.; Echebarría, M.T.; Granado, D.; Ibisate, A.; Sánchez Gil, L.; Sánchez Gil, N. (2007) *Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales*. Geographicalia, 52: 113-141.

Ollero, A.; Ballarín, D.; Díaz, E.; Mora, D., Sánchez, M.; Acín, V.; Echeverría, M.T.; Granado, D.; Ibisate, A.; Sánchez, L.; Sánchez, N. (2008). *IHG: un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales*. Limnetica, 27(1): 171-188.

Ollero, A., Ibisate, A., García, J.H., Ferrer i Box, C., Martín-Vide, J.P., Acín, V., Ballarín, D., Díaz-Bea, E., Granado, D., Mora, D., Sánchez, M. (2011). *Indicadores geomorfológicos para el seguimiento de la restauración fluvial*. Comunicación escrita. I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial. León, 18-20 de octubre 2011.

Ollero, Alfredo. (2011). *Los cauces fluviales como indicadores de cambio global: propuesta metodológica*. Zubía. Monográfico 23. 200.

Pascual, D., López-Bustins, J.A., Pla, E. y Terradas, J. (2014). *Impacts of climate change on water resources in the Mediterranean Basin*. Hydrological Sciences Journal. DOI: 10.1080/02626667.2014.947290.

Peñuelas, J., Sardans, J., Estiarte, M., Ogaya, R., Carnicer, J., Coll, M., Barbeta, A., Rivas-Ubach, A., Llusia, J., Garbulsky, M., Filella, I., Jump, A. (2013). *Evidence of current impact of climate change on life: A walk from genes to the biosphere*. Global change biology. 19 (8); January 2013. 10.1111/gcb.12143.

Petisco, E., Ramos, P. y Martín, J.M. (2012). *Extremos de temperatura y precipitación para el siglo XXI en España. Cambio Climático; extremos e impactos*. Actas del 8º Congreso de la Asociación Española de Climatología.

Pletterbauer F., Melcher A., Graf W. (2018). *Climate Change Impacts in Riverine Ecosystems*. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham

Quevauviller, Philippe. (2011). *WFD River Basin Management Planning in the Context of Climate Change Adaptation -Policy and Research Trends*. European Water. 34.

Red de Seguimiento del Cambio Global (2017). *Observar de cerca el cambio global en los parques nacionales españoles*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.



Ruza-Rodríguez, J. (2008). *El concepto de estado ecológico: indicadores biológicos utilizados. Proceso de establecimiento de objetivos ambientales: Las condiciones de referencia y el ejercicio de intercalibración europea*. Jornada sobre estado ecológico y gestión del agua. Nuevas reglas del juego en la gestión del agua. 15 de Octubre de 2008.

Simón, J.C., García, R., Del Barrio, G., Ruiz, A., Márquez, S., Sanjuán, M.E (2013). *Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 318 pp.

Suárez, M.L., Mellado, A., Sánchez-Montoya, M.M. y Vidal-Abarca, M.R. (2005). *Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura*. *Limnética*, 24(3-4): 305-318.

Úbeda, X., Vericat, D., Batalla, R.J. (eds.). *Avances de la Geomorfología en España 2008-2010*. XI Reunión Nacional de Geomorfología, Solsona, 2010. SEG, Solsona.

Woodward, Guy & Perkins, Daniel & Brown, Lee. (2010). *Climate change and freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organization*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365. 2093-2106. 10.1098/rstb.2010.0055.



ANEXOS



ANEXO I: LISTA DETALLADA DE LAS RNF INICIALMENTE PROPUESTAS PARA INCORPORARLAS A LA RED DE SEGUIMIENTO



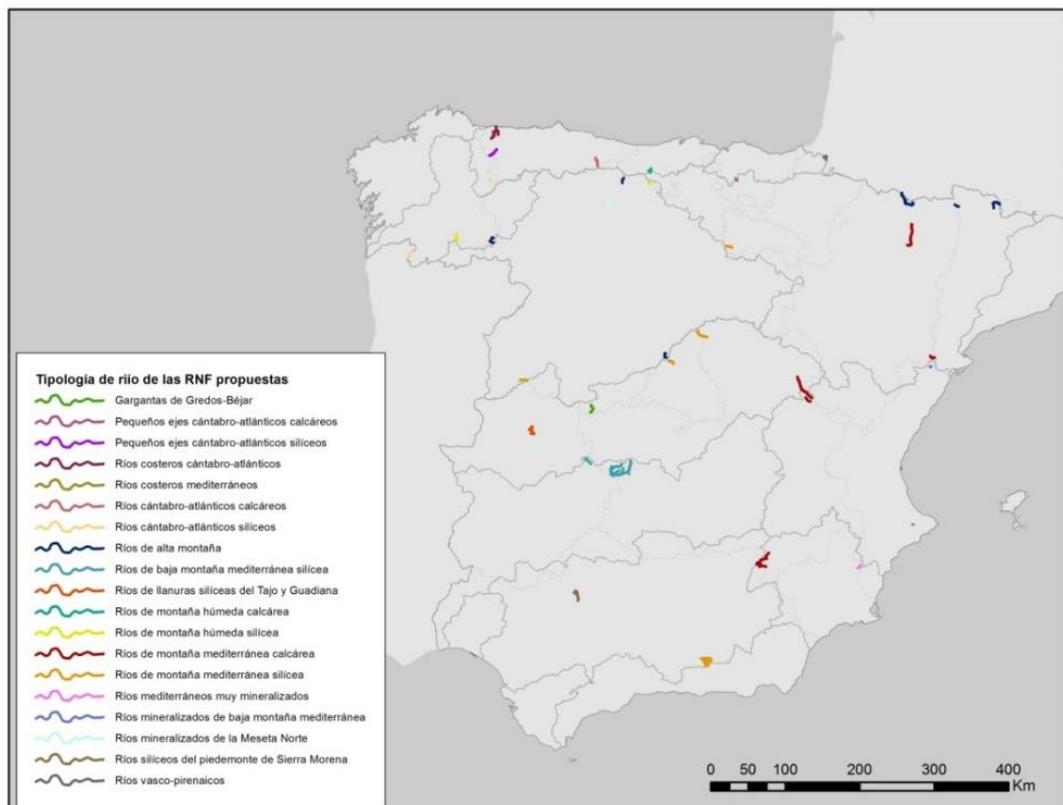
I.1. LISTADO DE RESERVAS NATURALES FLUVIALES PROPUESTAS

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN
<i>ES010RNF001</i>	Río Burbia I	Miño-Sil
<i>ES010RNF003</i>	Rego da Ribeira Grande	Miño-Sil
<i>ES010RNF004</i>	Río Laboreiro	Miño-Sil
<i>ES016RNF014</i>	Tramo medio del río Agüeira	Cantábrico Occidental
<i>ES016RNF015</i>	Cabecera del río Ponga	Cantábrico Occidental
<i>ES016RNF016</i>	Río Porcia desde su nacimiento hasta su desembocadura	Cantábrico Occidental
<i>ES016RNF022</i>	Cabecera del Saja	Cantábrico Occidental
<i>ES016RNF028</i>	Río Moia hasta la población de Moia	Cantábrico Occidental
<i>ES017RNF008</i>	Ríos Urrizate-Aritzacun	Cantábrico Oriental
<i>ES017RNF010</i>	Cabecera del río Altube	Cantábrico Oriental
<i>ES020RNF033</i>	Alto Eresma	Duero
<i>ES020RNF037</i>	Alto Agadón	Duero
<i>ES020RNF041</i>	Fluvioglaciares de Cardaño de Arriba	Duero
<i>ES020RNF044</i>	Arroyo Rebedul	Duero
<i>ES020RNF050</i>	Alto Rubagón	Duero
<i>ES030RNF055</i>	Río Jarama	Tajo
<i>ES030RNF061</i>	Río Manzanares	Tajo
<i>ES030RNF063</i>	Río Tajo	Tajo
<i>ES030RNF079</i>	Río Arbillas	Tajo
<i>ES030RNF082</i>	Río Barbaón	Tajo
<i>ES040RNF093</i>	Río Guadarranque	Guadiana
<i>ES040RNF140</i>	Ríos Estena, Estenilla y Estomiza	Guadiana
<i>ES050RNF096</i>	Nacimiento del Genil	Guadalquivir
<i>ES050RNF100</i>	Río Guadalentín	Guadalquivir
<i>ES070RNF143</i>	Río Tus desde su cabecera hasta el balneario de Tus	Segura
<i>ES070RNF147</i>	Arroyo de la Espinea	Segura
<i>ES070RNF149</i>	Río Chícamo (desde su nacimiento hasta El Partidor)	Segura
<i>ES080RNF102</i>	Río Cenia	Júcar
<i>ES080RNF107</i>	Arroyo de Almagrero	Júcar
<i>ES080RNF109</i>	Río Jalón	Júcar
<i>ES091RNF113</i>	Río Cambrones desde su nacimiento hasta su entrada en el embalse de Mansilla	Ebro
<i>ES091RNF124</i>	Río Vellós desde su nacimiento hasta el río Aso	Ebro
<i>ES091RNF127</i>	Río Matarraña desde su nacimiento hasta el azud del túnel del trasvase al embalse de Pena	Ebro
<i>ES091RNF130</i>	Río Salenca desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Baserca	Ebro
<i>ES091RNF132</i>	Río Isuala desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Alcanadre	Ebro
<i>ES091RNF134</i>	Río Tor desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Valfarrera	Ebro

I.2. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO



Red completa de Reservas Naturales Fluviales



Tipología de río de las RNF incluidas en la propuesta de red de seguimiento del cambio climático.



RNF con al menos 5 km en cabecera en régimen natural y sin impactos antrópicos importantes en su cuenca.



RNF con al menos 5 km en cabecera en régimen natural, sin impactos de entidad en su cuenca e incluido en Parque Nacional, Natural o Regional.



RNF en régimen natural, sin presiones antrópicas de entidad en la cuenca, en Parque nacional, Natural o Regional y con un muy buen estado de conservación-



Selección adicional de RNF, por criterios de representatividad geográfica y de tipología de río.



Propuesta de selección final.

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES010RNF001	Río Burbia I	Miño-Sil	Sí		Sí	SI	Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvial oceánico	Permanente	Representatividad geográfica	
ES010RNF002	Río Bibey I	Miño-Sil	Sí	Parque Natural	Sí	Sí	Ríos de alta montaña		Pluvial oceánico	Permanente		
ES010RNF003	Rego da Ribeira Grande	Miño-Sil	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvial oceánico	Permanente	Buen estado	
ES010RNF004	Río Laboreiro	Miño-Sil	Sí	Parque Natural			Ríos cántabro-atlánticos silíceos		Pluvial oceánico	Permanente	Buen estado	
ES010RNF005	Río Navea I	Miño-Sil	Sí		Sí		Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvial oceánico	Permanente		
ES010RNF006	Río Lor I	Miño-Sil	No				Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvial oceánico	Permanente		
ES010RNF007	Río Trancoso	Miño-Sil	Sí			Sí	Ríos cántabro-atlánticos silíceos		Pluvial oceánico	Permanente		
ES016RNF014	Tramo medio del río Agüeira	Cantábrico Occidental	Sí		Sí		Pequeños ejes cántabro-atlánticos silíceos		Pluvial oceánico	Permanente	Tipología de río	
ES016RNF015	Cabecera del río Ponga	Cantábrico Occidental	Sí	Parque Natural	Sí	Sí	Ríos cántabro-atlánticos calcáreos		Nivo-pluvial	Permanente	Buen estado	
ES016RNF016	Río Porcia desde su nacimiento hasta su desembocadura	Cantábrico Occidental	Sí		Sí	Sí	Ríos costeros cántabro-atlánticos		Pluvial oceánico	Permanente	Tipología de río	Existencia de azudes. Importancia migración salmón
ES016RNF017	Cabecera del río Cibe y Arroyo de la Serratina	Cantábrico Occidental	No	Parque Natural			Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF018	Nacimiento del río Naviego	Cantábrico Occidental	No	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF019	Cabecera del río Somiedo y río Saliencia	Cantábrico Occidental	No	Parque Natural	Sí	Sí	Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF020	Río Bullón	Cantábrico Occidental	No				Ríos cántabro-atlánticos calcáreos		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF021	Nacimiento del río Nansa	Cantábrico Occidental	Sí				Ríos de montaña húmeda calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF022	Cabecera del Saja	Cantábrico Occidental	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña húmeda calcárea		Pluvio-nival	Permanente	Buen estado	
ES016RNF023	Río Argonza y Río Queriendo	Cantábrico Occidental	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos cántabro-atlánticos calcáreos		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF024	Arroyo de Viaña	Cantábrico Occidental	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos cántabro-atlánticos calcáreos		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF026	Río de Ortigal hasta la junta con el río das Pontes	Cantábrico Occidental	Sí				Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF027	Río de Murias hasta la junta con el río Balouta	Cantábrico Occidental	Sí				Ríos cántabro-atlánticos silíceos		Pluvio-nival	Permanente		
ES016RNF028	Río Moia hasta la población de Moia	Cantábrico Occidental	Sí				Ríos cántabro-atlánticos silíceos		Pluvio-nival	Permanente	Tipología de río	Dificultad acceso (barranco)

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES017RNF008	Ríos Urrizate-Aritzacun	Cantábrico Oriental	Sí		Sí		Ríos vasco-pirenaicos		Nival	Permanente	Tipología de río	
ES017RNF009	Cabecera del río Añarbe	Cantábrico Oriental	No	Parque Natural			Ríos vasco-pirenaicos		Nivo-pluvial	Permanente		
ES017RNF010	Cabecera del río Altube	Cantábrico Oriental	Sí	Parque Natural			Pequeños ejes cántabro-atlánticos calcáreos		Pluvio-nival	Permanente	Buen estado	
ES020RNF029	Rio Negro y afluentes	Duero	Sí				Ríos de montaña húmeda silíceo		Nivo-pluvial	Permanente		
ES020RNF030	Cabecera del río Pedroso	Duero	Sí		Sí		Ríos de alta montaña		Pluvio-nival	Permanente		
ES020RNF031	Alto Omaña	Duero	No				Ríos de montaña húmeda silíceo		Nivo-pluvial	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF032	Alto Duerna	Duero	Sí			Sí	Ríos de montaña húmeda silíceo	Ríos de alta montaña	Nivo-pluvial	Permanente		
ES020RNF033	Alto Eresma	Duero	Sí	Parque Natural			Ríos de alta montaña		Pluvio-nival	Permanente	Buen estado	
ES020RNF034	Alto Carrión	Duero	Sí	Parque Natural			Ríos de alta montaña		Pluvio-nival	Permanente		
ES020RNF035	Alto Arlanza (hasta Quintanar de la Sierra) y afluentes	Duero	No				Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Permanente		
ES020RNF036	Alto Duero (hasta Duruelo de la Sierra)	Duero	No		Sí		Ríos de alta montaña		Pluvio-nival	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF037	Alto Agadón	Duero	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nival	Temporal o estacional	Buen estado	Tramo cabecera mejor conservado. Aguas abajo hay pequeños azudes para baño. A partir Monsagro existen vertidos
ES020RNF038	Alto Arlanzón	Duero	Sí		Sí	Sí	Ríos de alta montaña		Pluvio-nival	Permanente		
ES020RNF039	Alto Porma y río Isoba	Duero	Sí	Parque Regional			Ríos de montaña húmeda silíceo	Ríos de alta montaña	Pluvio-nival	Permanente		
ES020RNF040	Alto Razón	Duero	Sí		Sí		Ríos de montaña húmeda silíceo	Ríos de alta montaña	Nivo-pluvial	Permanente		
ES020RNF041	Fluvioglaciares de Cardaño de Arriba	Duero	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de alta montaña		Glacial	Permanente	Buen estado	Presencia ganado (escaso) y pequeño pueblo
ES020RNF042	Hoces de Muriel de la Fuente	Duero	No			Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF043	Río Mataviejas, Desfiladeros de La Yecla y Peña Cervera	Duero	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES020RNF044	Arroyo Rebedul	Duero	Sí		Sí		Ríos mineralizados de la Meseta Norte		Pluvio-nival	Intermitente o fuertemente estacional	Tipología de río	

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES020RNF045	Arroyo de Riocamba	Duero	Sí		Sí	Sí	Ríos mineralizados de la Meseta Norte		Pluvio-nival	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF046	Río Lechada	Duero	Sí	Parque Regional			Ríos de alta montaña		Glacial	Permanente		
ES020RNF047	Alto Pisuega	Duero	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de montaña húmeda calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES020RNF048	Arroyo Resoba	Duero	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña húmeda calcárea		Nivo-pluvial	Permanente		
ES020RNF049	Río Riosequino	Duero	Sí		Sí		Ríos mineralizados de la Meseta Norte		Nivo-pluvial	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF050	Alto Rubagón	Duero	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña húmeda silíceo		Nivo-pluvial	Permanente	Buen estado	
ES020RNF051	Alto Turienzo y afluentes	Duero	Sí				Ríos de montaña húmeda silíceo		Pluvial oceánico	Intermitente o fuertemente estacional		
ES020RNF052	Río Corneja	Duero	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente		
ES030RNF054	Río Jaramilla	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES030RNF055	Río Jarama	Tajo	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente	Buen estado	Existencia con ganado. Existen estudios cambio climático
ES030RNF057	Arroyo Vallosera	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente		
ES030RNF058	Río Dulce	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF059	Ríos Riato y Puebla	Tajo	Sí				Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF061	Río Manzanares	Tajo	Sí	Parque Nacional			Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente	Buen estado	Existencia ganado tramo bajo
ES030RNF063	Río Tajo	Tajo	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente	Buen estado	Alteración hidromorfológica en nacimiento
ES030RNF064	Arroyo Ompolveda	Tajo	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF065	Río Francia	Tajo	Sí	Parque Natural	Sí	Sí	Gargantas de Gredos-Béjar		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF066	Río Hozseca	Tajo	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Intermitente o fuertemente estacional		
ES030RNF067	Río Batuecas	Tajo	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvial mediterráneo	Permanente		

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES030RNF068	Rambla de la Sarguilla	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Temporal o estacional		
ES030RNF069	Río Cuervo	Tajo	No	Parque Natural		Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES030RNF070	Arroyo los Huecos	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Temporal o estacional		
ES030RNF072	Río Escabas	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES030RNF074	Garganta Iruelas	Tajo	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF075	Río Navahondilla	Tajo	Sí				Ríos de montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF078	Garganta de los Infiernos	Tajo	Sí				Gargantas de Gredos-Béjar		Pluvio-nival	Permanente		
ES030RNF079	Río Arbillas	Tajo	Sí	Parque Regional	Sí		Gargantas de Gredos-Béjar		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	Tramo alto bien (T1). Impactos a partir de T2 (agricultura, vertidos, etc)
ES030RNF080	Río Muelas	Tajo	Sí	Parque Regional			Gargantas de Gredos-Béjar		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF081	Garganta Mayor	Tajo	No				Gargantas de Gredos-Béjar		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF082	Río Barbaón	Tajo	Sí	Parque Nacional			Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional	Buen estado	
ES030RNF083	Río Malvecino	Tajo	No	Parque Nacional			Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF084	Río Almonte	Tajo	No		Sí	Sí	Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana	Ríos de baja montaña mediterránea silíceas	Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF085	Río Gévalo	Tajo	No		Sí		Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF086	Río Gualija	Tajo	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF087	Río Viejas	Tajo	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF088	Río Mesto	Tajo	Sí				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES030RNF089	Arroyo Cabrera	Tajo	Sí				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES030RNF090	Garganta de las Lanchas	Tajo	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES030RNF092	Río Pelagallinas	Tajo	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea silíceas		Pluvio-nival	Permanente		
ES040RNF093	Río Guadarranque	Guadiana	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente	Representatividad geográfica	Únicamente arroyo de las truchas
ES040RNF137	Riveras de Albarragena, del Fraile y del Alcorneo hasta el río Gévora	Guadiana	No				Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana	Ríos de baja montaña mediterránea silíceas	Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional		
ES040RNF139	Gargáligas alto	Guadiana	No		Sí		Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional		
ES040RNF140	Ríos Estena, Estenilla y Estomiza	Guadiana	No	Parque Nacional		Sí	Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente	Representatividad geográfica	Únicamente Estomiza
ES040RNF141	Río Milagro	Guadiana	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES040RNF142	Rivera Grande de la Golondrina	Guadiana	No				Ríos silíceos del piedemonte de Sierra Morena		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES050RNF094	Rivera de Huelva	Guadalquivir	No	Parque Natural	Sí		Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES050RNF095	Río Guadalora	Guadalquivir	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos silíceos del piedemonte de Sierra Morena	Ríos de baja montaña mediterránea silíceas	Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES050RNF096	Nacimiento del Genil	Guadalquivir	Sí	Parque Nacional	Sí	Sí	Ríos de montaña mediterránea silíceas		Nival	Permanente	Buen estado	
ES050RNF097	Arroyo Bejarano	Guadalquivir	No				Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES050RNF098	Cabecera de los ríos Salobre y Arjonilla (o Angorrilla)	Guadalquivir	Sí				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES050RNF099	Río Montoro	Guadalquivir	Sí	Parque Natural			Ríos de baja montaña mediterránea silíceas		Pluvial mediterráneo	Permanente		

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES050RNF100	Río Guadalentín	Guadalquivir	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	
ES070RNF101	Río Segura desde cabecera hasta embalse de Anchuricas	Segura	No	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES070RNF143	Río Tus desde su cabecera hasta el balneario de Tus	Segura	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	
ES070RNF144	Arroyo de Los Collados y arroyo Escudero	Segura	Sí	Parque Natural			Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES070RNF145	Río Zumeta (desde su nacimiento hasta el Embalse de la Novia)	Segura	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional		
ES070RNF146	Arroyos de los Endrinales y de Las Hoyas	Segura	Sí				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES070RNF147	Arroyo de la Espinea	Segura	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	Descartar parte baja (población)
ES070RNF148	Arroyo del Puerto (tributario por la izquierda del río Tus)	Segura	Sí	Parque Natural			Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES070RNF149	Río Chícamo (desde su nacimiento hasta El Partidor)	Segura	Sí				Ríos mediterráneos muy mineralizados		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional	Tipología de río	
ES080RNF102	Río Cenia	Júcar	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	Temporal. Agua subterránea. Realización jornadas educación ambiental y cambio climático
ES080RNF103	Río Mijares	Júcar	No				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES080RNF104	Río Villahermosa	Júcar	Sí		Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES080RNF105	Río Alfambra	Júcar	No				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Nivo-pluvial	Permanente		
ES080RNF106	Río Guadalaviar	Júcar	Sí			Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES080RNF107	Arroyo de Almagrero	Júcar	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Nivo-pluvial	Permanente	Representatividad geográfica	
ES080RNF108	Cabriel	Júcar	Sí		Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES080RNF109	Río Jalón	Júcar	Sí				Ríos costeros mediterráneos		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional	Tipología de río	

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES080RNF150	Río Ebrón	Júcar	Sí				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES080RNF151	Río Noguera	Júcar	Sí				Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente		
ES091RNF110	Río Tirón desde su nacimiento hasta la población de Fresneda de la Sierra	Ebro	No				Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES091RNF111	Río Najerilla desde su nacimiento hasta el río Neila	Ebro	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES091RNF112	Río Gatón desde su nacimiento hasta su entrada en el embalse de Mansilla	Ebro	Sí				Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES091RNF113	Río Cambrones desde su nacimiento hasta su entrada en el embalse de Mansilla	Ebro	Sí				Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente	Representatividad geográfica	
ES091RNF114	Río Calamantio desde su nacimiento hasta desembocadura en el río Najerilla	Ebro	Sí				Ríos de montaña mediterránea silíceo		Pluvio-nival	Permanente		
ES091RNF115	Río Urbión desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Najerilla	Ebro	No		Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF116	Río Iregua desde su nacimiento hasta el azud del canal de trasvase al Embalse de Ortigosa (incluye río Mayor)	Ebro	No	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea silíceo		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF117	Río Rudrón desde 2 kilómetros aguas abajo del río Valtierra hasta su confluencia con el río San Antón	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF118	Río Arba de Luesia en su cabecera	Ebro	Sí		Sí	Sí	Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Temporal o estacional		
ES091RNF119	Río Ulldemó en cabecera	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional		
ES091RNF120	Río Estarrún en su cabecera	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña húmeda calcárea		Nivo-pluvial	Intermitente o fuertemente estacional		
ES091RNF121	Río Arga en su cabecera	Ebro	No				Ríos de alta montaña		Nival	Permanente		
ES091RNF122	Río Vallfarrera desde su nacimiento hasta el río Tor	Ebro	No	Parque Natural		Sí	Ríos de alta montaña		Nival	Permanente		
ES091RNF123	Río Irués y afluente Garona en cabecera	Ebro	Sí				Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Intermitente o fuertemente estacional		
ES091RNF124	Río Vellós desde su nacimiento hasta el río Aso	Ebro	Sí	Parque Nacional			Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Permanente	Buen estado	

CÓDIGO	NOMBRE	DEMARCACIÓN	RÉGIMEN NATURAL Y SIN PRESIONES	ESPACIO PROTEGIDO	RED DE REFERENCIA	ESTACIÓN DE AFORO	TIPO DE RÍO	SEGUNDO TIPO DE RÍO	ORIGEN DE APORTACIONES	TEMPORALIDAD	RAZONAMIENTO	OBSERVACIONES
ES091RNF125	Río Ara desde su nacimiento hasta río Arazas (incluye río Arazas)	Ebro	Sí	Parque Nacional	Sí		Ríos de alta montaña		Nival	Intermitente o fuertemente estacional		
ES091RNF126	Río Santa Engracia en cabecera	Ebro	No	Parque Natural			Ríos de montaña húmeda calcárea		Pluvio-nival	Permanente		
ES091RNF127	Río Matarraña desde su nacimiento hasta el azud del túnel del trasvase al embalse de Pena	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Permanente	Buen estado	
ES091RNF128	Río Urbelcha desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Irabia	Ebro	Sí		Sí		Ríos de montaña húmeda calcárea		Nival	Permanente		
ES091RNF129	Río Noguera Ribagorzana desde su nacimiento hasta la cola del Embalse de Baserca (incluye río Bizberri)	Ebro	Sí				Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF130	Río Salenca desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Baserca	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Permanente	Buen estado	Existencia estudios de cambio climático (Universidad .Barcelona)
ES091RNF131	Río Vallibierna desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Ésera	Ebro	Sí	Parque Natural			Ríos de alta montaña		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF132	Río Isuala desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Alcanadre	Ebro	Sí	Parque Natural	Sí		Ríos de montaña mediterránea calcárea		Pluvial mediterráneo	Intermitente o fuertemente estacional	Buen estado	
ES091RNF133	Río Veral desde la población de Ansó hasta el río Majones	Ebro	Sí			Sí	Ríos de montaña húmeda calcárea		Nivo-pluvial	Permanente		
ES091RNF134	Río Tor desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Valfarrera	Ebro	Sí	Parque Natural		Sí	Ríos de alta montaña		Nival	Permanente	Representatividad geográfica	



ANEXO II: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Para el estudio y seguimiento del cambio climático en las RNF, se puede hacer uso de diferentes tipos de plataformas (satélite, avión, helicóptero, dron) que, combinadas con diferentes sensores (multiespectrales, hiperespectrales, térmicos, LiDAR) sirvan para extraer información temática y de precisión. Constituye, de hecho, una oportunidad para desarrollar una línea de investigación y desarrollo aplicado a la gestión y seguimiento del medio fluvial. En el Anexo III se hace referencia con mayor grado de detalle al uso de diferentes tecnologías para el estudio del medio natural fluvial.

PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA) ²³

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) tiene como objetivo la obtención de ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 ó 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 ó 3 años, según las zonas. Se trata de un proyecto cooperativo y cofinanciado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas

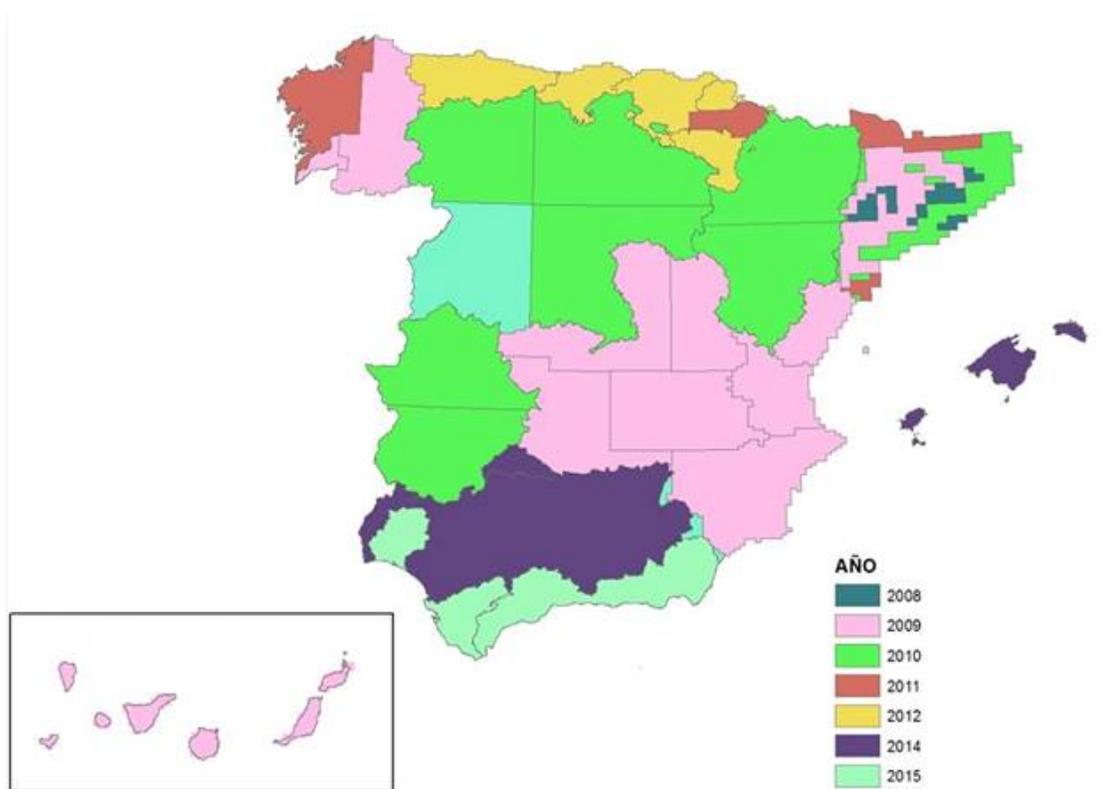
Se realiza un vuelo fotogramétrico único y un tratamiento riguroso de los datos cumpliendo con unas especificaciones técnicas consensuadas entre todas las Administraciones Públicas participantes. Este planteamiento de producción descentralizada y cooperativa entre las distintas administraciones es acorde con el espíritu de la Directiva Inspire para el establecimiento de una Infraestructura de datos geográficos en Europa, que persigue que el nivel de detalle máximo de la información geográfica se capture una sola vez y que se comparta abiertamente entre los distintos agentes sociales que tengan necesidad de la misma. Tanto los recubrimientos de ortoimágenes como los Modelos Digitales de Elevaciones forman parte de los "datos básicos de referencia" recogidos en dicha Directiva.



La fotografía aérea es la base para la realización de cartografía y la información geográfica en general, ocupación del suelo, urbanismo y ordenación del territorio, catastro, gestión forestal, hidrografía, etc. Utilizando los mismos datos fotogramétricos de partida, se consigue además una perfecta coherencia geométrica y temporal de las bases de datos cartográficos y geográficos existentes en todas las administraciones. Las características de los productos obtenidos en el PNOA, satisfacen las necesidades de todas las administraciones implicadas.

El proyecto PNOA-LiDAR pretende cubrir todo el territorio de España mediante nubes de puntos con coordenadas X, Y, Z obtenidas mediante sensores LiDAR aerotransportados, con una densidad de 0,5 puntos/m. La precisión altimétrica obtenida es mejor de 20 cm RMSE Z. Estas nubes de puntos tienen múltiples aplicaciones: obtención de modelos digitales del terreno y de superficies (con edificios y vegetación), estudios de zonas inundables, detección automática de edificaciones nuevas, cálculo del coeficiente de admisibilidad de pastos de la PAC, estudios de visibilidad y cobertura de antenas, entre otras muchas.

²³ <http://pnoa.ign.es/presentacion-y-objetivo>



Proyecto PNOA 2008-2015: Cobertura LiDAR

Estas coberturas se han realizado mediante colaboración y cofinanciación entre el Ministerio de Fomento (por medio del IGN y el CNIG), el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (por medio de la Dirección General del Agua, las Confederaciones Hidrográficas y el FEAGA) y el Ministerio de hacienda y Administraciones Públicas (por medio de la Dirección General del Catastro), además de las Comunidades Autónomas.

Los datos se distribuyen a través del Centro de Descarga del CNIG en ficheros digitales de 2x2 km de extensión. El formato de descarga es LAZ (formato de compresión de ficheros LAS). En la información auxiliar se ofrece una herramienta de descompresión y visualización de ficheros LAZ y LAS. Las nubes de puntos han sido capturadas mediante sensores LiDAR y posteriormente clasificadas de forma automática y coloreada en RGB a partir de las ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con tamaño de pixel de 25 o 50 cm. El sistema geodésico de referencia es ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84) y proyección UTM en el huso correspondiente a cada fichero. Las coordenadas Z son altitudes ortométricas.

TÉCNICAS LIDAR

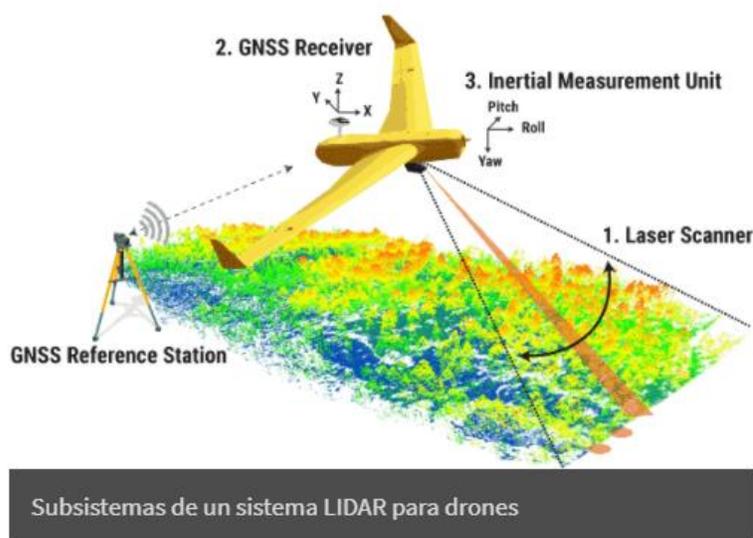
Un LiDAR (Light Detection And Ranging) es un sensor activo que permite medir la distancia entre el dispositivo y un determinado objeto mediante la emisión de un haz láser pulsado. Para conseguir medir la distancia se calcula el tiempo de retraso entre el momento de emisión del pulso láser y la posterior detección del reflejo o rebote de dicho pulso.

En el caso de un sistema LiDAR aerotransportado (ALS) se realiza el barrido de una superficie determinada emitiendo impulsos regularmente y registrando los rebotes o ecos que se producen sobre la superficie para posteriormente generar una nube de puntos de coordenadas tridimensionales xyz.



Los sistemas LiDAR permiten obtener un elevado número de puntos con una gran homogeneidad espacial. Sin embargo, los sistemas no permiten identificar fácilmente el objeto sobre el cual han impactado los pulsos de haz de luz, por lo que se suelen capturar imágenes fotogramétricas junto con la captura de datos LiDAR. Estos sistemas pueden llegar a generar hasta 150.000 pulsos láser por segundo y por lo general operan en la región visible, ultravioleta o infrarroja del espectro electromagnético. Los subsistemas que componen un sistema ALS para drones son los siguientes:

- Escáner láser: emisor de haz de luz y receptor electro-óptico.
- Receptor GNSS: posición y altura del sistema.
- Sistema inercial (IMU): determina los giros y trayectorias de la aeronave.
- Receptor GNSS en tierra: funciona como referencia para corregir las medidas de posicionamiento generadas por el receptor GPS embarcado en el dron.



Las aplicaciones del LiDAR en la actualidad están muy extendidas y están evolucionando a gran velocidad por lo que están siendo cada vez más empleadas para estudios de geomorfología fluvial, estructura y composición de la vegetación, análisis de las interacciones cauce-sistema fluvial y modelización hidrológica y sedimentaria, entre otros (Magdaleno y Martínez, 2006).

El uso de LiDAR, con una densidad de información de 0,5 pulsos/m², y de las imágenes Sentinel-2, con 10 m de resolución espacial, puede permitir analizar pequeñas superficies y la localización de hábitats con escasa extensión superficial. Además, el uso de la tecnología LiDAR es muy eficaz para la localización de láminas de agua, ya que sobre estas superficies se produce una absorción total del pulso láser, de forma que facilita la identificación de hábitats ligados a la presencia de láminas de agua.

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

Los drones o también denominados vehículos aéreos no tripulados existen de distintos tipos, tamaños y formas. Aunque primeramente se desarrollaron para fines militares, hoy en día se emplean para el estudio y gestión del territorio. En el contexto de este protocolo, la tecnología dron puede emplearse para la realización de cartografías de cobertura forestal. Los mapas generados, además de proporcionar información detallada del tamaño y desarrollo de cada árbol, permiten estudiar sus relaciones geo-espaciales con factores ambientales de su entorno, como las propiedades del suelo o la presencia de malas hierbas. Igualmente, la capacidad de captación de imágenes permite otros usos importantes a los drones, como el control hídrico o del suelo. El uso de dron también puede ser interesante para obtener cartografía de calidad como por ejemplo para evaluar posibles cambios en las formas del lecho y vegetación de ribera.

El uso de drones reduce el tiempo dedicado a la recolección de datos precisos. Con la adquisición de datos de trama del cielo – en forma de imágenes aéreas digitales georreferenciados, se reúnen millones de puntos de datos en un vuelo corto, en lugares que son a menudo remotos, difíciles o peligrosos para el acceso. Ofreciéndole herramientas de edición integradas necesarias para producir resultados visualmente perfectos en cuestión de horas, en modelos 2D ortomosaicos (mapas) y 3D. Obras en carreteras, puentes, rampas, canales y zonas de inundación ahora pueden inspeccionar fácilmente desde el aire.



La adquisición de imágenes a través de drones abre las puertas a nuevas soluciones de mapeo y modelado que eran imposibles de alcanzar o demasiado costoso y requerían mucho tiempo para producir en el pasado. Gracias a esta tecnología se producen ortomosaicos altamente precisos, DSM, DTM y modelos 3D de una manera accesible y eficiente. Los productos obtenidos son útiles para los arqueólogos en la identificación de los elementos arqueológicos para que puedan dirigir los esfuerzos de investigación y conservación. Y generar datos globales SIG topográfica para apoyar topografía arqueológica y las fases posteriores de la excavación, o para documentar sitios del patrimonio cultural a la vez que el uso de herramientas de edición integradas para evaluar los modelos 3D creados, entonces anotar objetos vectoriales para importarlos a la perfección en paquetes CAD o de software SIG.

Un ejemplo de aplicación de drones en el ámbito fluvial es la realización de batimetrías (el volumen de agua embalsado por la Confederación Hidrográfica del Segura, en colaboración con el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). Este proyecto ha utilizado drones y tecnología en procesamiento de imágenes, reduciendo los costes en un 75%, mejorando la calidad del dato y posicionando a la misma a la cabeza en innovación hidrológica a nivel internacional. En este sentido, se han podido procesar, casi en tiempo real, los datos obtenidos por los drones, convirtiéndolos en información lista para usar desde cualquier lugar, dispositivo, así como en cualquier momento.

SISTEMAS LIDAR PARA DRONES – SENSORES LIDAR (FUENTE XDRONES)²⁴

Hasta hace muy pocos años, los trabajos de campo con sistemas LiDAR aerotransportados solo era posible de llevar a cabo mediante el empleo de avionetas o helicópteros debido a las enormes dimensiones y al elevado peso de estos sistemas de escaneo láser. Pero como se ha visto en otros sectores, como el de la fotografía o el de la telefonía móvil, el continuo desarrollo tecnológico ha hecho posible reducir notablemente las dimensiones de los sensores LiDAR, hasta el punto de poder aerotransportarlos empleando drones comerciales con un peso menor de 25 kg.

El sector de los sensores LiDAR para drones está creciendo rápidamente en el último par de años. En un corto período de tiempo, los fabricantes han ido mejorando las prestaciones de dichos sensores mientras tratan de cada vez más reducir sus dimensiones. Gracias a este avance en los próximos 5 años seremos testigos como la mayoría de los trabajos con sistemas LiDAR se realizarán con la ayuda de los drones.

Los sistemas LiDAR para drones son especialmente empleados en las siguientes aplicaciones: Agricultura y silvicultura, modelación hidrodinámica, y modelos de elevación digital.

²⁴ <http://www.xdrones.es/sistema-lidar-para-drones/>
<https://leddartech.com/drones-uas/#>



UN DRON PARA AUSCULTAR EL FONDO DE LOS RÍOS²⁵

La aplicación de los drones en el sector hidrológico es una de las líneas que actualmente sigue abierta, y, en su opinión, es la que más impacta por su novedad y complejidad. Pero dentro del mundo agroforestal, los drones y la capacidad de portar numerosos sensores están dando resultados y aplicaciones directas para mejorar la eficiencia de la gestión y la maquinaria actual empleada en este sector. «Si confirmamos que los resultados son tan competitivos como parece hasta ahora, trataremos de escalar el proyecto tanto al ámbito nacional como internacional.

El Grupo de Ecohidrología Fluvial de la Universidad de Valladolid ha diseñado, construido, calibrado y validado un dron para la medición de profundidad y velocidad en ríos, así como para la inspección mediante cámara del hábitat acuático.

El equipo ha sido diseñado para incorporar sensores adicionales para registrar variables fisicoquímicas complementarias para la diagnosis de la condición ecológica de una masa de agua cuando se necesiten: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, etc. Proyecto finalista del Premio Innovación Tecnológica 2017 YUZZ impulsado por INDRA.

En la actualidad, para recabar estos datos un grupo de profesionales, con la instrumentación necesaria a la espalda, se sumerge y realiza las mediciones con todos los riesgos y costes laborales que conlleva, antes de añadir que también se pueden obtener instalando equipos fijos dentro del río o desplazándoles con barcas neumáticas. Por el contrario, esta herramienta es capaz de monitorizar diferentes parámetros de un mismo ecosistema y al mismo tiempo, teniendo la posibilidad de dirigirla a zonas de difícil acceso como son todas aquellas ocultas bajo la lámina de agua. La tecnología que incorpora va desde un sensor de profundidad por ultrasonidos hasta un sensor de velocidad mecánico, pasando por un sensor de temperatura y turbidez de baja inercia, así como algunos módulos de concentración de químicos como el oxígeno disuelto en el agua. Toda esta información y puntos de medición, según sostiene, va georreferenciada con un sistema GPS y almacenada en una tarjeta de memoria microSD.

²⁵ <https://www.gef-ecohidrologia.org>



ANEXO III: FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN PROPUESTOS.



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
TEMPERATURA	METEOROLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>A consecuencia del cambio climático, las temperaturas máximas van a sufrir un pronunciado aumento a lo largo del s. XXI en toda la Península (CEDEX, 2012; 2017). Nikulin <i>et al.</i>, (2011) han precedido incrementos de hasta 4 y 6 °C en el sur de Europa, especialmente en España. El incremento de las temperaturas máximas anuales va a ser especialmente elevadas en las regiones del centro y sur peninsular, así como en el Pirineo, y menor en las regiones costeras, las Islas Baleares y el Valle del Ebro (Morata-Gasca, 2014). Este incremento en la temperatura media anual va a venir determinado por el incremento de la temperatura media mensual durante los meses de verano (Elguindi <i>et al.</i>, 2013). El incremento en la temperatura máxima anual a consecuencia del cambio climático va a provocar un aumento en la temperatura del agua de los ríos. Asimismo, también va a provocar un aumento de la evapotranspiración potencial, que puede traducirse a su vez en una disminución de la evapotranspiración real si se produce, además, una disminución de las precipitaciones. Todo ello va a generar una pérdida de vigor en la vegetación de ribera, especialmente en los meses estivales.</p> <p>El número de días de heladas está muy relacionado con otras variables meteorológicas, principalmente con la temperatura mínima anual. Sin embargo, a diferencia de esta última, que va a aumentar debido principalmente al incremento de las temperaturas mínimas diarias en los meses de verano (Mestre <i>et al.</i>, 2015), el número de días de heladas va a disminuir y refleja el efecto del cambio climático en la rigurosidad invernal. Un menor número de días de heladas anual va a tener un impacto muy negativo en el mantenimiento de la cobertura de la nieve en las montañas, lo que reducirá el caudal de los ríos en sus tramos altos y medios, así como la recarga de los acuíferos (CEDEX, 2012; 2017).</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: cuencia libre de presiones	Estación meteorológica	Continua
METODOLOGÍA		
<p>Se propone evaluar la existencia de estaciones meteorológicas existentes de otras redes, como la de AEMET, cuyos datos puedan ser representativos del comportamiento meteorológico de la RNF en base a criterios de diferencia altitudinal, distancia a la sección de control u orientación.</p> <p>En el caso de no disponer de una estación meteorológica en el entorno de la RNF cuyos datos puedan considerarse representativos para la misma, se propone la instalación de una nueva en las proximidades de la sección de control, lo que facilitará la correlación con otros parámetros de observación y la recogida de datos. Los criterios para el emplazamiento de la UNE 500520:2002 son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lugar con libre circulación de aire y visibilidad en todas las direcciones. - Terreno alejado de obstáculos, edificaciones y árboles para evitar que su influencia pueda modificar las observaciones. - Es recomendable que el terreno sea horizontal, con césped o cubierta vegetal. - Superficie no inferior a 10 x 10 m y vallado permeable al aire. - Se evitarán lugares donde las condiciones meteorológicas estén fuertemente influenciadas por factores locales, tales como hondonadas, vertientes de gran inclinación o proximidad a estanques o lagos, de forma que las observaciones sean representativas del área circundante. 		
INTERPRETACIÓN		
<p>La variación inter-anual de la temperatura máxima anual es una de las expresiones más importantes del cambio climático antropogénico debido a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La temperatura máxima anual, al igual que otras variables meteorológicas y de temperaturas, afecta enormemente a los demás componentes analizados (hidrología, vegetación de ribera, estado fisicoquímico y biológico de las aguas). Un aumento en la temperatura máxima anual en la RNF mayor de lo predicho por los distintos escenarios (IPCC, 2014) o proyecciones de cambio climático regionalizadas para España (CEDEX, 2012; 2017), puede indicar que los efectos del cambio climático en la RNF en cuestión van a ser particularmente adversos. Si dicho aumento se observa en todas las RNF de una Demarcación Hidrográfica (DH) en particular, ello podría obligar a redefinir las proyecciones de cambio climático regionalizadas para dicha demarcación.</p>		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
PRECIPITACIÓN	METEOROLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>La precipitación es uno de los aspectos más afectados por el cambio climático, aunque en los diferentes modelos predictivos muestran un mayor grado de incertidumbre. Algunos modelos predicen un descenso de la precipitación entre el 25 y 35% para el año 2100 para la cuenca Mediterránea (Giorgi y Lionello, 2007), y la mayor parte de las proyecciones regionalizadas realizadas por el CEDEX para las diferentes cuencas fluviales españolas predicen una disminución de la precipitación media entre el 15 y el 40% dependiendo del escenario de emisiones considerado. Sin embargo, algunas proyecciones regionalizadas (ej. UA) predicen un aumento (CEDEX, 2017). Basándonos en los modelos del 4º Informe del IPCC, SRES A1 y A2, la precipitación media anual puede disminuir entre un 2 y un 27% para las últimas décadas del s. XXI (CEDEX, 2010; Casado y Ramos, 2013). La reducción de la precipitación media anual vendría determinada por una reducción particularmente marcada de las precipitaciones en primavera y otoño.</p> <p>Es bien conocida la alta concentración temporal de la precipitación en climas mediterráneos, en los que en pocos días, e incluso en unas horas, se recoge un elevado porcentaje del total anual. Esto da lugar a que el carácter pluviométrico, lluvioso o seco, de un año dependa de unos pocos días particularmente lluviosos. No es raro que tras varios meses con escasas precipitaciones, conformando una secuencia de indigencia pluviométrica o una auténtica sequía, el carácter pluviométrico del año en curso cambie radicalmente con dos o tres episodios de precipitaciones torrenciales (Martín-Vide y Olcina, 2001). De esta manera, el año podría calificarse de seco, por este carácter predominante durante varios o muchos meses, y, al tiempo, de lluvioso, si sólo se atiende al total anual, que, gracias a los referidos episodios torrenciales, pudo sobrepasar con holgura el promedio anual (Benhamrouche y Martín, 2012).</p> <p>La concentración de la precipitación dificulta, asimismo, la gestión de los recursos hídricos. Uno de los efectos más plausibles del cambio climático va a ser no solo la reducción de la precipitación media anual en regiones como la cuenca Mediterránea (IPCC, 2013), sino también el progresivo aumento de su concentración en unos eventos catastróficos que se producen en unos pocos días a lo largo del año hidrológico mientras, al mismo tiempo, aumentan los días sin precipitación (Mestre <i>et al.</i>, 2015). Por otra parte, existe una cierta incertidumbre en relación con la evolución futura de la concentración de la precipitación, que es mayor en los escenarios definidos a partir de algoritmos que en las proyecciones regionalizadas, en parte debido a la tendencia de los primeros a suavizar ligeramente los extremos climáticos (Petisco <i>et al.</i>, 2012).</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: cuenca libre de presiones	Estación meteorológica	Continua
METODOLOGÍA		
<p>Se propone evaluar la existencia de estaciones meteorológicas existentes de otras redes, como la de AEMET, cuyos datos puedan ser representativos del comportamiento meteorológico de la RNF en base a criterios de diferencia altitudinal, distancia a la sección de control u orientación. En el caso de no disponer de una estación meteorológica en el entorno de la RNF cuyos datos puedan considerarse representativos para la misma, se propone la instalación de una nueva en las proximidades de la sección de control, lo que facilitará la correlación con otros parámetros de observación y facilitará la recogida de datos. Los criterios para el emplazamiento de la UNE 500520:2002 son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lugar con libre circulación de aire y visibilidad en todas las direcciones. - Terreno alejado de obstáculos, edificaciones y árboles para evitar que su influencia pueda modificar las observaciones. - Es recomendable que el terreno sea horizontal, con césped o cubierta vegetal. - Superficie no inferior a 10 x 10 m y vallado permeable al aire. - Se evitarán lugares donde las condiciones meteorológicas estén fuertemente influenciadas por factores locales, tales como hondonadas, vertientes de gran inclinación o proximidad a estanques o lagos, de forma que las observaciones sean representativas del área circundante. 		



INTERPRETACIÓN

Interpretar la variación de la precipitación es difícil dado que su gran variación decenal hace que puedan aparecer tendencias sobre varios decenios que difícilmente son extrapolables a periodos más largos (Luna *et al.*, 2012). Por ello, la aparición de una clara tendencia a la disminución a lo largo del periodo de estudio podría interpretarse como un claro indicio de que las predicciones realizadas a través de los distintos escenarios de cambio climático, así como de las proyecciones de tipo RA utilizadas por el CEDEX (2017), son ciertas.

La concentración de la precipitación tiene importantes efectos sobre los procesos geomorfológicos que se dan en las cuencas hidrológicas, aumentando la erosión, la escorrentía superficial, y el caudal de los ríos, así como el riesgo de avenidas e inundaciones.



PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE			
NIEVE		METEOROLOGÍA			
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO					
<p>Según el IPPC (2013), el área cubierta por la nieve en el hemisferio norte en primavera se estima que decrecerá entre un 7% para el escenario RCP2.6 y un 25% para el RCP8.5 al final del siglo XXI. La acumulación estacional de nieve en las zonas montañosas es una importante fuente de agua en algunas partes de España, contribuyendo a su difusión en el tiempo. A pesar de las incertidumbres acerca de cómo el cambio climático afectará al régimen de precipitaciones, todos los modelos pronostican un incremento de temperaturas a lo largo del siglo XXI. Es previsible que mayores temperaturas supongan varios efectos destacables en la capa de nieve: retrasarán la aparición de la nieve, incrementarán la relación lluvia/nieve, acortarán la época de nieves y adelantarán y acortarán el proceso de fusión, lo que conllevará un cambio en la distribución estacional de la escorrentía (CEDEX, 2017).</p>					
ESCALA ESPACIAL		TOMA DE DATOS		FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 1: cuenca libre de presiones		Programa ERHIN		Según campañas	
METODOLOGÍA					
<p>Se propone evaluar la evolución de la cobertura de nieve tomando como referencia los datos procedentes del programa de Evaluación de Recursos Hídricos procedentes de la Innivación (ERHIN) del Ministerio para la Transición Ecológica y también los de las estaciones meteorológicas de referencia (Estela et al., 2008).</p> <p>La red de telenivómetros proporciona datos en tiempo real de temperatura, precipitación y densidad del manto nival. Asimismo, mediante teledetección se obtiene información de la superficie innivada en las diferentes cuencas estudiadas.</p> <p>Las posibilidades que ofrece el análisis y aplicación de esta información a la gestión de los recursos hídricos ha llevado al desarrollo de una metodología para la cuantificación de las reservas nivales y su evolución a lo largo del tiempo, y de los caudales fluyentes generados por su fusión a una escala temporal diaria o incluso inferior, lo que se concreta en el modelo hidrológico ASTER.</p>					
INTERPRETACIÓN					
<p>Interpretar la variación de la cobertura nival en aquellas reservas de origen nival y donde el programa ERHIN ofrezca posibilidad de realizar un seguimiento.</p>					



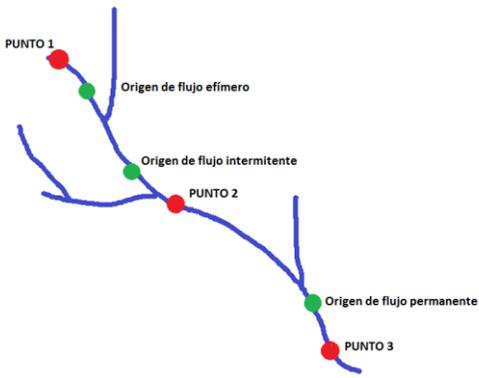
PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE			
HUMEDAD		METEOROLOGÍA			
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO					
<p>La relación entre el vapor de agua en el aire y su temperatura es determinante para que se produzca evaporación o precipitación. Por tanto, en el ciclo del agua resulta fundamental el concepto de humedad relativa del aire, que se entiende por tal la razón (r) de la humedad absoluta (h) por la humedad de saturación (H): $R=h/H$</p> <p>La humedad está directamente relacionada con la temperatura. La medición de la humedad permite establecer por ejemplo la evapotranspiración, evaporación, determinar cambios en los balances energéticos terrestres, determinación de la influencia en procesos biológicos, la influencia con la permeabilidad del suelo, etc. Si la temperatura del aire aumenta y el contenido de humedad permanece constante, la humedad relativa disminuye. Por tanto, la medición de la temperatura y humedad relativa puede indicar las tendencias climatológicas en las RNF.</p>					
ESCALA ESPACIAL		TOMA DE DATOS		FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 1: cuenca libre de presiones		Estación meteorológica		Continua	
METODOLOGÍA					
Medición en continuo mediante la instalación del sensor correspondiente en estación meteorológica.					
INTERPRETACIÓN					
Para expresar el grado de saturación de una masa de aire, se mide lo que se conoce como humedad relativa, la cual relaciona la cantidad de vapor de agua presente en una masa de aire, con la que podría estar presente en esa cantidad de aire, si éste estuviera saturado totalmente. El índice de humedad es un indicador expresivo de las relaciones existentes entre la precipitación o aporte de agua y la evapotranspiración potencial, como expresión de la demanda de agua ejercida por el medio. Por tanto, la medición de la humedad relativa del aire, es empleada entre otros casos, para la determinación evapotranspiraciones y balances hídricos.					



PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE			
RADIACIÓN SOLAR		METEOROLOGÍA			
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO					
<p>La relación entre el vapor de agua en el aire y su temperatura es determinante para que se produzca evaporación o precipitación. Por tanto, en el ciclo del agua resulta fundamental el concepto de humedad relativa del aire, que se entiende por tal la razón (r) de la humedad absoluta (h) por la humedad de saturación (H): $R=h/H$</p> <p>La radiación solar está directamente relacionada con la temperatura. La medición de la humedad permite establecer por ejemplo la evapotranspiración, evaporación, determinar cambios en los balances energéticos terrestres, determinación de la influencia en procesos biológicos, la influencia con la permeabilidad del suelo, etc. Si la temperatura del aire aumenta y el contenido de humedad permanece constante, la humedad relativa disminuye. Por tanto, la medición de la radiación solar temperatura y humedad relativa puede indicar las tendencias climatológicas en las RNF.</p>					
ESCALA ESPACIAL		TOMA DE DATOS		FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 1: cuenca libre de presiones		Estación meteorológica		Continua	
METODOLOGÍA					
<p>La radiación solar se medirá si existe alguna estación meteorológica completa en el entorno de la RNF que contemple este parámetro. En caso de no haberla, se podrá estudiar la posibilidad de instalar la instrumentación de medida adecuada en la estación meteorológica que se instale en la RNF en el marco del programa de seguimiento del cambio climático en las RNF.</p>					
INTERPRETACIÓN					
<p>La radiación solar neta es una variable empleada para estudios de evapotranspiración, balance energético de cubiertas vegetales y estudios de transferencia de agua entre el suelo y la atmósfera. Podría ser una de las variables a seleccionar para el parámetro "radiación solar". Cambios en la radiación solar puede relacionarse directamente con cambios en la condición climática de la RNF y también se puede relacionar con otros aspectos ligados al estado de la vegetación o condición fisicoquímica del río.</p>					



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
CAUDAL	HIDROLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>El régimen de caudales de un sistema fluvial, y especialmente en ambientes mediterráneas se basan en la variabilidad y estacionalidad en buena parte de ellos. El cambio climático puede afectar a ese régimen y al aumento de la estacionalidad y la permanencia hidrológica de la lámina de agua, y como consecuencia la afección en el recurso hídrico y en el hábitat de las riberas. Por tanto, se propone hacer un seguimiento del régimen de caudales registrando los datos medios, máximos y mínimos.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Estación de medición Caudalímetro/sensor de nivel	Continua
METODOLOGÍA		
<p>Se propone, cuando esto resulte posible, bien utilizar los datos de caudal que ya se estén siendo tomados por caudalímetros ya existentes y cuyos datos puedan ser considerados representativos de lo que ocurre en la sección de control, o bien la instalación de nuevos instrumentos de medida, como, por ejemplo, sondas de nivel de agua, a partir de cuyos datos calcular caudal (m³/s). Estos aparatos registran datos de temperatura, presión barométrica, nivel de aguade bajo coste para medir en continuo.</p> <p>La localización de estos instrumentos se realizará preferentemente en la sección de control, ya que servirá para la correlación con otros parámetros. Sería necesario el cálculo de la curva de gasto en esa sección (manual) y relacionarlo con la altura del agua que proporciona el aparato, con el objetivo de obtener los caudales.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>El caudal se interpretará en función del grado de cambio que pueda aparecer en la condición hidrológica de la sección seleccionada de la cuenca de la RNF. La causa del cambio puede relacionarse con otros parámetros incluidos, como las precipitaciones, temperaturas y caudales.</p>		

PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE	
PERMANENCIA HIDROLÓGICA		HIDROLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO			
<p>La condición hidrológica se refiere al grado de conectividad o fragmentación del flujo de agua. Las características que se pretenden estudiar no son sobre el caudal del río, sino los patrones espaciales y temporales de presencia de agua. El estudio es especialmente relevante en RNF localizadas en zonas de cabecera, o para tramos temporales. La presencia de agua es un factor limitante en estos ríos ya que determina la presencia y el estado del hábitat; además el cambio climático podría limitar la permanencia de agua, por lo que el estudio de la presencia y ausencia de agua es fundamental para conocer los posibles efectos del cambio climático en los ríos (Fritz et al., 2006).</p>			
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 1: cuenca libre de presiones	Estación de medición Data logger / condición hidrológica	Continua	
METODOLOGÍA			
<p>Para estudiar la permanencia hidrológica se instalarán unos sensores a lo largo de la cuenca de la RNF libre de presiones de tal manera que sea posible medir en continuo los cambios de estado de presencia/ausencia de agua en esos puntos. Esta técnica es económica, ligera y fácil de instalar. Este sensor informa sobre el tiempo, duración y frecuencia de la sequía en el cauce. Cuando hay presencia de agua, este aparato completa un circuito y manda la señal "cerrada" al sensor; mientras que cuando no hay agua, el datalogger manda una señal abierta, indicando la inexistencia de agua en el río. Esto es especialmente interesante para ríos intermitentes en los que es difícil registrar las fluctuaciones de existencia de agua, las cuales resultan muy interesantes para valorar el efecto del cambio climático en los ríos.</p> <p>El estudio de la localización de esta instrumentación debe realizarse en primavera o verano y los puntos se deben localizar: En un punto donde exista un flujo permanente (aguas abajo de la zona donde comienza el flujo permanente); en un punto donde exista un flujo temporal (aguas arriba de la zona donde comienza el flujo), y por último, se seleccionará una ubicación donde la presencia de agua sea efímera (aguas arriba de la zona donde comienza el flujo intermitente). Así se tendrá un punto donde siempre exista agua, otro donde de vez en cuando, y otro donde casi nunca exista agua; por lo que será posible estudiar los cambios de la presencia/ausencia de agua en un rango altitudinal.</p>			
			
<p><i>Croquis de selección de los puntos para la ubicación de la instrumentación para medir la continuidad hidrológica. Fuente: adaptado de Fritz, 2006.</i></p>			
<p>Por otro lado, y cuando sea posible, se podrán utilizar técnicas de teledetección, con el objetivo de observar en planta posibles variaciones de permanencia de agua en el río. Esto será posible cuando sea posible observar el cauce activo en planta y si se pueden obtener imágenes con una frecuencia suficiente.</p>			
INTERPRETACIÓN			
<p>Este parámetro puede expresarse en diferentes variables (caudal máximo, caudal mínimo, caudal medio) y podrá interpretarse en conjunto con el régimen de precipitaciones y aumentos en las temperaturas. Podrá vincularse el cambio del régimen de caudales a cambios morfológicos en la cuenca y en la vegetación.</p>			

PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
AGUAS SUBTERRÁNEAS	HIDROLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>El agua subterránea, por su naturaleza y abundancia, constituye un recurso estratégico frente a la previsible disminución de los recursos hídricos superficiales, en función de la profundidad a la que se encuentre el acuífero, el tipo de material por el que circula, y su ubicación geográfica. Sin embargo, los nuevos escenarios de cambio climático introducen algunas incertidumbres de cara al futuro, debido fundamentalmente al aumento de las temperaturas, y a la variación y mayor concentración de las precipitaciones, que van a influir tanto en el volumen de los recursos hídricos subterráneos como en su calidad.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: cuenca libre de presiones	Piezómetros	Frecuencia pendiente de estimar. Preferiblemente mensual o trimestral.
METODOLOGÍA		
<p>Se toma como referencia el trabajo realizado hasta el momento de la Red Oficial de Seguimiento del Estado Cuantitativo: Red Piezométrica (MITECO). Esta Red está compuesta por piezómetros que son sondeos de pequeño diámetro expresamente perforados para medir el nivel del agua en el acuífero (conocido como nivel piezométrico). Habitualmente la periodicidad de las medidas es mensual.</p>		
		
<p>Imagen de un piezómetro. Red Piezométrica Oficial. Fuente. MITECO.</p>		
<p>En aquellas RNF donde existan masas de agua subterránea, se primará el empleo de piezómetros existentes y cuya localización pueda ser la adecuada para el objeto de seguimiento. En casos donde no existan piezómetros de referencia se podrá contemplar o bien la instalación de algún equipo de medición o también se podrá contemplar el análisis de manantiales, pues permite conocer el caudal de salida de agua en los mismos mediante la instalación de sensores.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>El control piezométrico de sondeos tiene un gran interés para la caracterización cuantitativa de las masas de agua subterránea. Entre sus aplicaciones más importantes destaca el conocer el estado cuantitativo inmediato de las masas de agua subterránea, respuesta de los acuíferos a la recarga y el agotamiento y también el análisis estadístico de las lecturas que se hayan hecho con anterioridad.</p>		

PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
MORFOMETRÍA DEL CAUCE EN PLANTA	GEOMORFOLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>El ecosistema fluvial tiene dos dimensiones, terrestre y acuática, en íntima relación. Además los sistemas fluviales tienen tres dimensiones espaciales: longitudinal, transversal y vertical. La morfología de la corriente es sensible a cambios en las magnitudes de descarga de sedimentos y caudal. Aunque en la mayoría de los casos los cambios en la morfología en planta de los ríos vienen determinados por la acción humana (presas, abstracciones, etc.), también se espera una afección en el régimen de caudales y sedimentos por como consecuencia del cambio climático, que provocaría ajustes en la dinámica fluvial y el trazado del río.</p> <p>Mediante la medición de este parámetro se va a poder observar la variación en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anchura y evolución del cauce activo - Formas y depósitos del lecho - Estructuras longitudinales 		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 2-3: Tramo de control Sección de control	Tecnología LiDAR Trabajo de campo	6 años.
METODOLOGÍA		
<p>La metodología consiste en la realización de un levantamiento topo-batimétrico de alta precisión de toda la sección de control, de manera que sea posible obtener, a partir de dicho levantamiento, una cartografía precisa de las formas del lecho en planta. Este producto va a permitir comparar la evolución morfológica del río a lo largo de los años.</p> <p>Para este estudio se proponen diferentes metodologías. Por un lado, la metodología depende de la escala, por ejemplo, las dimensiones del cauce activo se deben estudiar tanto en la sección de control como a nivel de cuenca libre de presiones; mientras que las formas y depósitos del lecho así como las estructuras longitudinales se analizan a nivel de sección de control. Por otro lado, se han contemplado diferentes metodologías en función de la precisión (y normalmente coste asociado). Se contemplan las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fotografías aéreas: Las fotografías aéreas (PNOA u otras) pueden servir para observar cambios en la morfología en planta (evolución del cauce activo) a nivel de cuenca libre de presiones. Sin embargo, en muchas ocasiones esta metodología no es efectiva debido a la baja resolución o la imposibilidad de diferenciar el cauce activo a causa de la cubierta vegetal. - Croquis en planta manual: Este método consiste en la realización de un croquis a mano alzada de la sección de control con la ayuda de papel milimetrado. Esta metodología puede carecer de precisión suficiente para la observación de cambios. - Levantamiento topo-batimétrico tradicional: el levantamiento topo-batimétrico con estación total de todo el ámbito de la sección de control permite la obtención de una cartografía precisa de la morfología del terreno (tanto en planta, como en alzado para una o varias secciones transversales). El inconveniente de la realización de este estudio es el transporte de material hasta la sección de control - Tecnología LiDAR aérea: Los vuelos LiDAR pueden dar información muy precisa y detallada tanto de la morfometría de la sección de control, como de las alturas de los diferentes pisos de la vegetación de ribera. Los vuelos tradicionales se realizan con avión y, en zonas pequeñas, como es el caso de las RNF, pueden requerir bastantes pasadas del avión para obtener una densidad de puntos suficiente. En este sentido, puede resultar más interesante el uso de helicópteros con transportín, en el que pueda montarse el sensor LiDAR, ya que el helicóptero puede mantenerse fijo en una posición tomando una alta densidad de puntos. Además, mediante estos vuelos con sensor LiDAR también es posible obtener ortofotos. El inconveniente más importante es su coste y que no permiten el estudio batimétrico en el cauce. Con el fin de abaratar costes, es importante llevar a cabo una buena planificación de los vuelos, de manera que en el menor plazo posible pueda levantarse el mayor número de RNF. Además, es 		



interesante en este sentido, la coordinación para realizar vuelos en estas zonas con diferentes objetivos, por ejemplo, el seguimiento de la cobertura nival que se está planteando en el marco del Plan PIMA Adapta.

- **Tecnología LiDAR terrestre:** Este procedimiento se basa en el uso de una estación LiDAR terrestre de tal manera que se permita extraer una cartografía del terreno.

INTERPRETACIÓN

Cambios en la morfología del cauce en unos pocos años indican variaciones en el agua y/o en la descarga de sedimentos. Por ejemplo, el incremento del ancho indica un aumento en la descarga y/o un aumento en la carga de sedimento grueso y una disminución indica lo opuesto. La relación ancho/profundidad tiende a incrementarse con la erosión de los márgenes y con cargas más gruesas. Los cambios a corto plazo podrían ser una respuesta a inundaciones, mientras que los cambios a largo plazo dentro de una secuencia de eventos pueden reflejar modificaciones fundamentales en la descarga y/o carga de sedimentos.

La causa del cambio puede relacionarse con otros parámetros contemplados en el protocolo como por ejemplo los caudales y movilidad de los sedimentos, entre otras.



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
PERFIL TRANSVERSAL DEL RÍO	GEOMORFOLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>El ecosistema fluvial tiene dos dimensiones, terrestre y acuática, en íntima relación. Además los sistemas fluviales tienen tres dimensiones espaciales: longitudinal, transversal y vertical. La sección transversal del cauce activo permite obtener importante información sobre el comportamiento hidromorfológico del río. Aporta información sobre la variación de la anchura y profundidad del cauce, así como de la existencia de fenómenos de erosión y sedimentación en el cauce y márgenes. Estas características se van a ver probablemente modificadas por el cambio climático. Por ejemplo, la anchura del cauce varía en función de la frecuencia e intensidad de inundaciones, del régimen de sedimentos, además de los materiales del lecho y márgenes. Estos cambios están directamente relacionados con los procesos de ajuste verticales (procesos incisión y agradación)</p> <p>Mediante el estudio del perfil transversal se va a poder obtener información referente a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dimensiones del cauce (profundidad, anchura, sección mojada, etc.)• Procesos de acreción/incisión		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 2-3: Tramo de control Sección de control	Tecnología LiDAR Trabajo de campo	6 años.
METODOLOGÍA		
<p>La metodología va a consistir en obtener una cartografía de detalle del perfil transversal del río, de tal manera que sea posible medir cambios en los muestreos posteriores. La observación y tendencias en la estructura transversal se pueden medir a través de diferente instrumentación y equipamiento. En principio, se realizará una batimetría o varias batimetrías por cada unidad de observación. Se proponen los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none">- <u>Batimetría manual</u>: La batimetría manual se realiza midiendo distancias y profundidades con cuerda y jalón. Este procedimiento aunque es sencillo, de bajo coste y no requiere un transporte importante de material, podría no ser replicable en un futuro, ya que un mínimo cambio en la ubicación del perfil podría llevar a conclusiones erróneas- <u>La batimetría tradicional con estación</u>. Este tipo de batimetría solo se puede utilizar en aguas poco profundas, obteniendo un error muy pequeño.- <u>La batimetría por procedimientos fotográficos</u>. Este tipo de batimetría se debe utilizar también aguas con poca profundidad, y consiste en estudiar la variación del espectro visible con fotografías en diversas condiciones desde aeroplanos. Actualmente, se están utilizando los drones para realizar este tipo de batimetrías.- <u>La batimetría con láser</u>. En este tipo de batimetría se obtienen los datos a través de un sonar que posee láser. Con este método se puede acceder a aguas un poco más profundas, ya que puede determinar profundidades de 2 a 30 metros. Posee un error de solo un metro (menos indicado para ríos con poco caudal)- <u>Tecnología LiDAR aérea</u>: Los vuelos LiDAR pueden dar información muy precisa y detallada de la morfología de la sección de control. Los vuelos tradicionales se realizan con avión si bien para zonas pequeñas, como es el caso de las RNF, puede resultar más interesante el uso de drones en los que pueda montarse el sensor LiDAR. Además, mediante estos vuelos con sensor LiDAR también es posible obtener ortofotos. El inconveniente más importante es su coste y que no permiten el estudio batimétrico en el cauce. Con el fin de abaratar costes, es importante llevar a cabo una buena planificación de los vuelos, de manera que en el menor plazo posible pueda levantarse el mayor número de RNF. Además, es interesante en este sentido, la coordinación para realizar vuelos en estas zonas con diferentes objetivos, por ejemplo, el seguimiento de la cobertura nival que se está planteando en el marco del Plan PIMA Adapta.- <u>Tecnología LiDAR terrestre</u>: Este procedimiento se basa en el uso de una estación LiDAR terrestre de tal manera que se permita extraer una cartografía del terreno.		

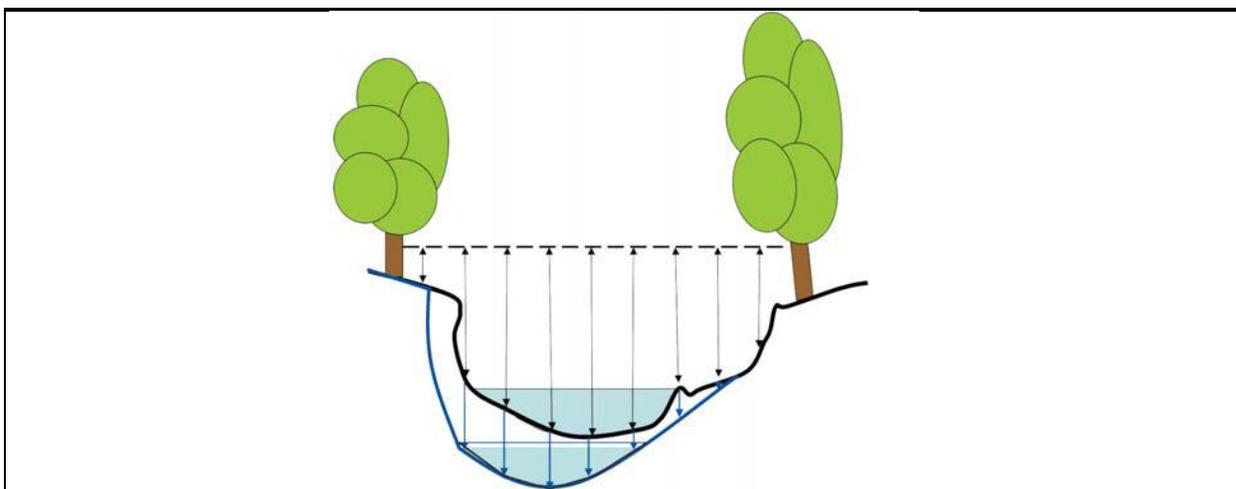


Figura: Representación de la sección transversal. En negro queda representadas las mediciones iniciales y en azul aquellas realizadas en el muestreo posterior

INTERPRETACIÓN

El perfil transversal del río se interpretará en función del grado de cambio que realice su estructura transversal con el paso de los periodos de evaluación. La causa del cambio puede relacionarse con otros factores como los caudales máximos, movilidad de los sedimentos, régimen de precipitaciones o recurrencia de eventos naturales extremos.



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
TIPO Y DINÁMICA DE LOS SEDIMENTOS	GEOMORFOLOGÍA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
La estructura y sustrato del lecho son elementos esenciales en el ecosistema fluvial, puesto que de ellos depende el desarrollo de una gran parte de los ciclos biológicos asociados al cauce. Por tanto, realizar un seguimiento del comportamiento mostrará información sobre la funcionalidad y dinámica del sistema fluvial (transporte y clasificación), su naturalidad, el grado de respuesta-ajuste ante un evento puntual o un proceso más a largo plazo.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	6 años.
METODOLOGÍA		
Para el estudio del tipo y dinámica de sedimentos se propone la realización de mediciones rápidas y prácticas, ya que la variación del régimen de sedimentos a esta escala, no es demasiado sensible al cambio climático en comparación con los esfuerzos de muestreo que requerirían métodos más elaborados. Se han contemplado las siguientes metodologías:		
<ul style="list-style-type: none">- <u>Caracterización en el perfil transversal</u>: Este método consiste en señalar el tipo de sedimento en cada uno de los puntos realizados en el perfil transversal de acuerdo con las categorías enunciadas en el Protocolo de Caracterización Hidromorfológica. Además, se propone medir el tamaño de los sedimentos (media anchura y altura) en el comienzo del perfil, a una distancia del 25% a una distancia del 50%, 75% y al final del perfil. Para ello se deberá coger y medir aquel sedimento sobre el que se ha colocado el jalón, volviéndolo a depositar en el mismo lugar tras la medición. También se debe señalar si en cada punto existe acorazamiento del sedimento, imbricación o movilidad (según el Protocolo de Caracterización Hidromorfológica de las Masas de Agua de tipo Ríos).- <u>Realización de curva granulométrica</u>: En el caso de desear datos más detallados, se propone la realización de una curva granulométrica mediante la separación de las diferentes partículas mediante el uso de tamices.		
INTERPRETACIÓN		
El tipo y dinámica del sedimento se interpretará en función del grado de cambio que realice el tipo de sedimentos en el periodo de evaluación sexenal. La causa del cambio puede relacionarse con otros parámetros contemplados en el protocolo como por ejemplo los caudales o precipitaciones. También existirán otros fenómenos que se vinculen con el cambio global, como el cambio de usos del suelo, que intentarán contrastar si los procesos cambiantes pueden asociarse a cambio climático o algunos procesos pueden ser determinados por usos del suelo en toda la cuenca.		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
DIMENSIONES DE LA ZONA DE RIBERA	VEGETACIÓN DE RIBERA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>Las dimensiones de la vegetación de ribera podrían sufrir variaciones como consecuencia del cambio climático. La distribución espacial de la vegetación se va a ver condicionada por la variación de precipitación, temperatura y sus repercusiones sobre el régimen de caudales y sedimentos. Además de las dimensiones es importante considerar el volumen, ya que puede ocurrir que el área ocupada por la vegetación de ribera se mantenga más o menos constante en el tiempo, mientras al mismo tiempo, el volumen ocupado por la misma se reduce debido a un deterioro progresivo de la vegetación de ribera; mortalidad de árboles viejos, ocupación del espacio por vegetación propia de áreas degradadas (ej. <i>Rubus</i> sp.), o la dominancia del cañaveral de <i>Arundo donax</i> frente a otras especies arbóreas y arbustivas (González del Tánago y García de Jalón, 2007).</p> <p>El estudio de las dimensiones de la zona ribereña va a aportar información sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superficie de ocupación y volumen de la vegetación de ribera - Conectividad ecológica longitudinal - Conectividad ecológica transversal 		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 2: Tramo de control	Ortoimágenes Tecnología LiDAR	Variable según metodología
METODOLOGÍA		
<p>Existen diferentes metodologías en función de la precisión que se quiera obtener y del presupuesto. Para el seguimiento de la superficie y volumen de la vegetación se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>PNOA</u>: Digitalización de la mancha de vegetación a lo largo de la cuenca libre de presiones. Esta metodología podría no ser del todo viable debido que la resolución de la imagen no permite diferenciar la vegetación de ribera de la colindante. - <u>Vuelo ortofotogramétrico más detallado</u>: los vuelos con dron permitirían obtener unas mediciones de mayor detalle, de tal manera que se pudiera medir de manera más precisa las dimensiones de la vegetación de ribera a partir de ortofotos. - <u>Técnicas LiDAR</u>: se calcularía el volumen de la nube de puntos en el área ocupada por la vegetación de ribera, calculada a través de imágenes de satélite mediante el NDVI (<i>Normalized Vegetation Index</i>) 		
INTERPRETACIÓN		
<p>Si la superficie o el volumen ocupado por la vegetación de ribera disminuyen, como estamos considerando tramos de río relativamente inalterados, se podría deber a la muerte de árboles y arbustos debido a la reducción de los caudales medios y el incremento de fenómenos extremos como avenidas y sequías a consecuencia del cambio climático. Consecuentemente, la conectividad longitudinal y transversal de la vegetación también se verá afectadas.</p> <p>Con la información obtenida mediante las metodologías anteriores, se podrá evaluar la conectividad transversal y longitudinal de la vegetación de ribera.</p> <p>La conectividad longitudinal facilita la funcionalidad de la vegetación de ribera como hábitat y corredor fluvial. Su estructura y dimensiones definen por tanto su calidad como su capacidad de acogida. También juega un papel importante en el sombreado del cauce, especialmente importante en tramos de cabecera. La conectividad ecológica transversal de la vegetación de ribera es un indicador clave del funcionamiento del ecosistema fluvial. Cualquier alteración que se produzca va a tener una repercusión sobre la abundancia de especies en la ribera. Evidentemente, cuanto más cerca del río, la vegetación tendrá mayor acceso al agua, mientras que la accesibilidad se va reduciendo a medida que nos alejemos. Si se produce una variación del régimen de caudales y de la morfología del cauce, afectará directamente a la vegetación de ribera asociada. Por lo tanto, el cambio climático va a influenciar el comportamiento y la estructura de las bandas de vegetación de ribera</p>		



PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE			
COMPOSICIÓN ESPECÍFICA		VEGETACIÓN DE RIBERA			
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO					
<p>El cambio climático va a alterar enormemente las condiciones del hábitat para muchas de las especies que forman parte de la vegetación de ribera, provocando un desplazamiento de las mismas, normalmente a cotas altitudinales más altas. Asimismo, el cambio climático también va a provocar la entrada de especies exóticas invasoras. Estos cambios pueden provocar variaciones importantes e la riqueza de especies de la vegetación de ribera, lo que hace imprescindible el seguimiento en las RNF. Mediante el estudio de la composición se va a obtener información con respecto a:</p> <ul style="list-style-type: none">- Riqueza de especies- Abundancia de especies- Especies indicadores de cambio- Especies exóticas invasoras- Regenerado					
ESCALA ESPACIAL		TOMA DE DATOS		FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 3: Sección de control		Muestreos de campo (parcelas vegetación) Ortoimágenes Tecnología LiDAR		Variable según metodología 6 años	
METODOLOGÍA					
<p>En una primera etapa se propone como metodología para el estudio de la composición de la vegetación de ribera la identificación de las diferentes especies en campo pie a pie, en las parcelas de seguimiento de la vegetación de la sección de control. Para ello, se tomará como referencia las metodologías del Inventario Forestal Nacional.</p> <p>Asimismo, se estudiará mediante bibliografía aquellas especies que pudieran ser indicadoras de cambio climático u otras especies vulnerables. Las especies exóticas invasoras se identificarán en base al <u>Catálogo español de especies exóticas invasoras</u> del MITECO.</p> <p>En fases posteriores, cuando el desarrollo de las tecnologías lo permitan, es posible que con este fin puedan llegar a emplearse ortoimágenes en combinación con datos LiDAR.</p>					
INTERPRETACIÓN					
<p>Una disminución de la riqueza y diversidad de especies puede deberse a que los cambios en las condiciones ambientales presentes en el bosque de ribera (el. disminución de las precipitaciones y la escorrentía, desplazamiento del nivel freático a cotas más bajas), han comprometido la supervivencia de muchas especies.</p>					



PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE			
COBERTURA		VEGETACIÓN DE RIBERA			
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO					
<p>La disminución de la escorrentía y de la cota del nivel freático que va a tener lugar en muchos ríos y arroyos a consecuencia del cambio climático va a afectar a la supervivencia de muchas especies leñosas. Dichos cambios, sin embargo, también pueden favorecer la colonización de otras especies de arbustos de cotas más bajas, o habituadas a condiciones más xéricas (menor precipitación y mayor temperatura), así mismo, puede producirse la colonización de especies arbustivas procedentes de la vegetación climatófila propia de la localidad concreta en la que se desarrolla la RNF. También es importante estudiar el sombreado del cauce, ya que influye sobre la temperatura del agua y los fenómenos asociados, condicionando la disponibilidad del hábitat.</p> <p>Específicamente se va a observar:</p> <ul style="list-style-type: none">- Cobertura especies arbóreas.- Coberturas especies arbustivas.- Cobertura del suelo- Sombreado del cauce					
ESCALA ESPACIAL		TOMA DE DATOS		FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 1: Cuenca libre de presiones. Nivel 2: Tramo de control Nivel 3: Sección de control		Tecnología LiDAR LiDAR-PNOA Trabajo de campo		6 años (aproximado en caso de PNOA)	
METODOLOGÍA					
<p>Los métodos propuestos variarán ligeramente en función del tipo de información En el caso de la cobertura arbórea (fracción de cabida cubierta), se analiza la misma con distintas escalas y fuentes de información: LiDAR de PNOA a escala de cuenca libre de presiones (en caso de existir dos vuelos distintos, se analiza su dinámica), levantamiento LiDAR en el tramo de control y trabajo de campo en la sección de control. Para el caso de la cobertura arbustiva y de suelo desnudo, se realiza una estimación de la misma en la sección de control en la visita a campo. El sombreado del cauce activo se ha estimado también en la sección de control en trabajo de campo que se quiera tomar (cobertura arbórea, arbustiva, suelo, etc.).</p> <p>Para la evaluación de la cobertura arbórea, arbustiva o el sombreado del cauce, se contemplan las siguientes metodologías:</p> <ul style="list-style-type: none">- <u>Método tradicional</u>: Según la metodología del Inventario Forestal Nacional. se va realiza una estimación de la fracción de cabida cubierta de los árboles presentes en la sección de control mediante el cálculo de la proyección de la copa de cada uno de ellos. Posteriormente se realiza la suma de proyecciones verticales de todos los individuos descontando el solapamiento.- <u>LiDAR</u>: Mediante el uso de tecnología LiDAR puede ser posible conocer la cobertura del dosel vegetal.- <u>Dron</u>: Mediante el uso de dron se podría obtener la cobertura de la vegetación arbórea.- <u>Tecnología LiDAR aérea</u>: Los vuelos LiDAR pueden dar información muy precisa y detallada de la morfología de la sección de control. A partir de la nube de puntos obtenida de un vuelo LiDAR (preferiblemente sobre dron) es posible conocer la cobertura del dosel vegetal.- <u>Tecnología LiDAR terrestre</u>: Este procedimiento se basa en el uso de una estación LiDAR terrestre de tal manera que se permita extraer una cartografía del terreno/la vegetación. Puede resultar complementaria con la anterior.- <u>Densiómetro</u>: utensilio por un espejo y una cuadrícula sobre la cual resulta más sencillo y preciso la estimación del porcentaje de cobertura. Para esta estimación se deben observar las intersecciones de la malla (en total 37). El porcentaje de cobertura de las intersecciones es el equivalente al número de cuadrados que tienen intersecciones.- <u>Fotografías</u>: este método consiste en la realización de fotografías en diferentes puntos a lo largo de la sección de control (en los muestreos sucesivos deben ser los mismos), de tal manera que una vez en gabinete, se superpongan y se estime el porcentaje de sombreado.					



La cobertura de suelo puede evaluar como la superficie de suelo cubierto por un determinado tipo según el inventario forestal nacional (roca madre, vegetación inferior, vegetación herbácea, etc), en relación a la superficie total de la sección de control.

INTERPRETACIÓN

Una disminución de la cobertura de especies arbóreas y arbustivas a lo largo del tiempo puede interpretarse como consecuencia de la muerte de algunos ejemplares de árboles por ejemplo a consecuencia de la disminución de la escorrentía y el desplazamiento del nivel freático hacia cotas más bajas o un aumento de temperatura. También podría producirse un aumento de la cobertura de especies arbóreas a consecuencia de la llegada de nuevas especies de árboles procedentes de cotas más bajas.



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
DENDROMETRÍA	VEGETACIÓN DE RIBERA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
La distribución de clases diamétricas de especies arbóreas nos aporta datos valiosos sobre el estado de salud de las mismas. Un bosque de ribera en el que la abundancia de árboles es similar en las diferentes clases diamétricas, es un bosque estructurado en el que, posiblemente, existen diferentes clases de edad, y en el que se están dando de forma más o menos simultánea los procesos básicos relacionados con la dinámica forestal; germinación, establecimiento, crecimiento, competencia, facilitación, mortalidad.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	6 años
METODOLOGÍA		
El estudio de la dendrometría (diámetros y alturas) se realiza para cada uno de los ejemplares arbóreos identificados en la sección de control. El procedimiento para la medición de las alturas y los diámetros de cada uno de los individuos arbóreos se realiza según establece el Inventario Forestal Nacional. Adicionalmente, en las RNF con levantamiento LiDAR pueden efectuarse perfiles de vegetación en diferentes puntos de la sección de control para su comparativa en sucesivos años.		
INTERPRETACIÓN		
Un descenso del crecimiento general de los individuos arbóreos o un aumento de la heterogeneidad de alturas podrían asociarse con un empeoramiento de las condiciones ecológicas.		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
ESTADO FITOSANITARIO	VEGETACIÓN DE RIBERA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>La presencia de daños en la vegetación de ribera es muy importante para evaluar el estado de los sistemas fluviales. El aumento de las temperaturas provocado por el cambio climático puede incrementar las proliferaciones de insectos fitófagos, y otras especies exóticas invasoras de moluscos, roedores e incluso aves que pueden provocar cuantiosos daños en la vegetación de ribera desde un punto de vista fitosanitario.</p> <p>La presencia de individuos muertos de árboles y arbustos hace referencia tanto a posibles incidencias antrópicas (talas) como a cambios en las condiciones del hábitat en el que se desarrolla la vegetación de ribera. La disminución de la escorrentía y el descenso del nivel freático que van a tener lugar a consecuencia del cambio climático pueden tener un efecto muy negativo sobre la supervivencia de ciertas especies propias de la vegetación de ribera de muchos ríos y arroyos, especialmente árboles, por lo que la evaluación de la presencia de vegetación muerta resulta imprescindible para estudiar los efectos del cambio climático en los sistemas fluviales.</p> <p>Mediante el seguimiento del estado sanitario se va a estudiar la presencia de daños en la vegetación y la presencia de vegetación muerta.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	6 años
METODOLOGÍA		
<p>El seguimiento de la presencia de daños o vegetación muerta se ha basado en las metodologías contempladas en el Inventario Forestal Nacional. Para evaluar la presencia de daños en la vegetación de ribera se va a seguir la metodología del Inventario Forestal Nacional. Por lo tanto, para cada uno de los pies, se deberá señalar si tiene algún daño y en ese caso el tipo de daño en función a las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none">- Biológicos (hongos, insectos, muérdago y afines, plantas epífitas, fauna, ganado, maquinaria, saca madera, hombre en general)- Abióticos (nieve, viento, sequía, rayo, helada, granizo, fuego, desprendimiento, erosión). <p>Para evaluar la presencia de vegetación muerta, también se van a seguir los procedimientos citados en el inventario forestal nacional, en la que se hace un conteo de la madera muerta en función de las siguientes clases:</p> <ul style="list-style-type: none">- Árboles (o arbustos) muertos en pie y árboles (o arbustos) muertos caídos.- Pies menores (arbóreos o arbustivos) en pie y caídos.- Ramas o leñas gruesas (diámetro en base mayor a 7,5 cm)- Tocones y tocones de brotes de cepa.		
INTERPRETACIÓN		
<p>Un aumento del % afectado por daños en la vegetación de ribera puede ser consecuencia de los efectos adversos del cambio climático, principalmente los desperfectos provocados por la ocurrencia de grandes avenidas y la ocurrencia de proliferaciones de especies invasoras. Un aumento del % de la parcela en el que se registra la presencia de vegetación muerta puede ser consecuencia de los efectos adversos del cambio climático también.</p>		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
FENOLOGÍA	VEGETACIÓN DE RIBERA	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>La fenología informa de la respuesta de las diferentes especies a la variación estacional del clima (insolación, precipitación y temperatura). Aporta detalles sobre los ciclos vitales de los organismos: duración período vegetativo, energía, materiales y agua dedicada al crecimiento, migraciones, estadios de desarrollo, fechas reproducción, etc. Igualmente afecta a especies parásitas y exóticas. La presencia de individuos muertos de árboles y arbustos hace referencia tanto a posibles incidencias antrópicas (talas) como a cambios en las condiciones del hábitat en el que se desarrolla la vegetación de ribera. La disminución de la escorrentía y el descenso del nivel freático que van a tener lugar a consecuencia del cambio climático pueden tener un efecto muy negativo sobre la supervivencia de ciertas especies propias de la vegetación de ribera de muchos ríos y arroyos, especialmente árboles, por lo que la evaluación de la presencia de vegetación muerta resulta imprescindible para estudiar los efectos del cambio climático en los sistemas fluviales.</p> <p>Mediante el seguimiento del estado sanitario se va a estudiar la presencia de daños en la vegetación y la presencia de vegetación muerta.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: Cuenca libre de presiones	Teledetección	Anual
METODOLOGÍA		
<p>Para el estudio de la fenología se propone la utilización de técnicas de teledetección para estimar de sencillo y coste reducido, diferentes parámetros relativos a la fenología y a la producción primaria de la vegetación, como es el caso de los índices de verdor.</p> <p>Para ello se utilizará la información procedente de los satélites MODIS, Landsat o Sentinel. Se ha tomado como información de referencia las imágenes que periódicamente son publicadas por los satélites Sentinel-2, dentro del programa Copérnico de la ESA (Agencia Espacial Europea). Estas imágenes tienen una periodicidad y una resolución adecuada (imágenes cada 5 días; píxeles de 10x10 metros) para su aplicación en la cuenca libre de presiones. Se estudia y compara con periodicidad anual la evolución del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que es un estimador bastante fiable de la actividad fotosintética de la vegetación, durante el periodo de mayor actividad fotosintética.</p> <p>También y como metodología experimental se propone tal y como lo están haciendo el Picos de Europa, la instalación de una cámara de video que grabe en continuo un punto fijo del río de manera que sea posible observar estas tendencias de la vegetación a lo largo del tiempo.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>Una disminución de NDVI nos indica que la vegetación está perdiendo vigor. Este patrón puede ser uno de los primeros efectos del cambio climático en ser detectados a lo largo del periodo de tiempo que vamos a analizar. La pérdida de vigor de la vegetación se advertirá posiblemente antes que la presencia de daños en la vegetación ó vegetación muerta, y mucho antes que los cambios en la riqueza y la diversidad de especies, o la frecuencia de clases diamétricas y alturas. Un aumento del NDVI, por el contrario, nos va a indicar que el vigor de la vegetación está aumentando. Podemos observar este patrón en algunos tramos altos de río en los que aumente la cobertura arbórea y arbustiva por un desplazamiento de especies desde cotas más bajas.</p>		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
TEMPERATURA DEL AGUA	ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
La temperatura del agua está correlacionada con otros parámetros tales como la temperatura del aire, o la altitud, espesor y duración de la cubierta nival y deshielo en ríos de carácter pluvionival. La temperatura del agua condiciona el ambiente en el que se desarrollan los procesos ecológicos de los ecosistemas fluviales: velocidad y cantidad de producción de biomasa, respiración, reciclado de materia, solubilidad de oxígeno y CO ₂ . Asimismo, incide en los ciclos biológicos de los seres vivos. En el caso de los ecosistemas acuáticos podría suponer un desplazamiento aguas arriba de las especies fluviales, un adelantamiento del ciclo biológico a épocas más tempranas, e incluso la desaparición de especies por la pérdida de sus características del hábitat.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Sensor	Continua
METODOLOGÍA		
La temperatura del agua hace referencia a la temperatura de la masa de agua de ríos y arroyos. Se mide en grados centígrados (°C). La temperatura del agua se registrará en continuo en las RNF seleccionadas, mediante el uso de sensores que serán instalados en las secciones de control.		
INTERPRETACIÓN		
En tramos fluviales exentos de perturbaciones y presiones antrópicas de distinto tipo, un cambio de la temperatura del agua de forma continua en el tiempo podrían correlacionarse con el cambio climático.		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
OXÍGENO DISUELTO	ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>La concentración de oxígeno disuelto es uno de los aspectos a considerar más importantes para determinar el estado físicoquímico de los sistemas fluviales y está muy relacionado con la temperatura del agua. La concentración máxima de oxígeno disuelto en el intervalo normal de temperaturas es de 9 g/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L el agua no es apta para el desarrollo de la vida. Se trata de un parámetro muy afectado por presiones antrópicas relacionadas con vertidos de fuente difusa o puntual, pero que también va a estar muy influenciada por el cambio climático. Así, una disminución de la escorrentía y del caudal de ríos y arroyos, unido a un aumento de las temperaturas, va a provocar un incremento de las proliferaciones de algas y por tanto, del oxígeno disuelto en el agua.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Sensor	Continua
METODOLOGÍA		
<p>El oxígeno disuelto expresa la concentración de oxígeno libre en el agua. Se expresa como mg/L de oxígeno disuelto en muestra de agua. El oxígeno disuelto en el agua se registrará en los diferentes tramos fluviales seleccionados en las RNF, <i>in situ</i>, mediante la instalación de un sensor de medición del oxígeno disuelto en continuo en la sección de control que vaya unido al registrador de temperaturas.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>En tramos fluviales exentos de perturbaciones y presiones antrópicas de distinto tipo, un cambio en el oxígeno disuelto de forma continua en el tiempo podría relacionarse con determinados efectos del cambio climático, como puede ser un cambio de las temperaturas, de la precipitación, etc.</p>		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
MACROINVERTEBRADOS	ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>Los macroinvertebrados bentónicos son invertebrados visibles al ojo humano que viven en el fondo de los cauces fluviales. Dentro de estos se incluyen principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos), pero también oligoquetos, hirudíneos, moluscos, celentéreos, briozoos y platelmintos (Ruza-Rodríguez, 2008).</p> <p>Los macroinvertebrados bentónicos tienen una enorme diversidad y son relativamente fáciles de identificar, por lo que han sido muy utilizados para medir el estado ecológico de los ríos y arroyos. Se han utilizado particularmente para detectar contaminación de tipo orgánico, pero también por metales pesados (Kiffney y Clements, 2003). Asimismo, tienen una movilidad limitada, por lo que son muy buenos indicadores de las condiciones locales (ACA, 2006). Cualquier cambio en las mismas se traduce casi automáticamente en un cambio en la composición de macroinvertebrados bentónicos.</p> <p>El cambio climático va a provocar, precisamente, una alteración de las condiciones ambientales locales de los sistemas fluviales, por lo que hacer un seguimiento de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos resulta crucial para evaluar los cambios a largo plazo en estos sistemas.</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	Campañas anuales
METODOLOGÍA		
<p>El muestreo de invertebrados bentónicos es sencillo y requiere de pocos recursos materiales y de personal. Se tomarán muestras en el tramo fluvial considerado utilizando una malla de muestreo del tipo de las que se utilizan en arroyos y ríos de pequeño tamaño, con 500 µm de luz y un diámetro de entrada de 20-30 cm (ACA, 2006). La riqueza de macroinvertebrados bentónicos se determinará, en primer lugar, identificando los taxones presentes en el nivel más concreto posible, que en muchos casos será el de <i>Familia</i>. Para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos se utilizarán como metodología de referencia las normas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ISO 5667-3:1995 <i>Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras</i> - EN 27828:1994 <i>Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo manual con red de macroinvertebrados bénticos.</i> - EN 28265:1994 <i>Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Concepción y utilización de los muestreadores de macroinvertebrados bénticos sobre sustrato rocoso en aguas dulces poco profundas.</i> - EN ISO 9391:1995 <i>Calidad del agua. Muestreo de macroinvertebrados en aguas profundas. Guía de utilización de aparatos de toma de muestra de colonización cualitativos y cuantitativos.</i> - EN ISO 8689-1:1999 <i>Clasificación biológica de los ríos, parte I: Guía para la interpretación de los datos de calidad biológica obtenidos de estudios de macroinvertebrados bénticos en cursos de agua.</i> - EN ISO 8689-2:1999 <i>Biological Classification of Rivers PART II: Guidance on the Presentation of Biological Quality Data from Surveys of Benthic Macroinvertebrates in Running Waters.</i> <p>Una vez se haya determinado la composición de macroinvertebrados bentónicos presentes en el tramo de río en cuestión se analizará el cambio ($\Delta\%$) en la composición de los mismos a lo largo del periodo considerado.</p> <p>Otro aspecto a considerar sería la detección de especies indicadoras de cambio. Para el grupo de los macroinvertebrados, se han realizado numerosas investigaciones sobre su sensibilidad al cambio y, al igual que para la vegetación de ribera, se propone identificar especies de odonatos y de plecópteros relictos (<i>Perla grandis</i>, <i>Perla bipunctata</i>, <i>Perlodes microcephalus</i>, <i>Taeniopteryx hubaulti</i> y <i>Capnia nigra</i>) como marcadores. El chequeo de ausencia/presencia de los mismos puede servir para analizar su distribución.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>La mayoría de los macroinvertebrados bentónicos completan su ciclo de vida en menos de un año, por lo que los cambios en la composición de los mismos van a producirse de forma relativamente rápida en cuanto cambian las condiciones del hábitat. Sin embargo, dichos cambios en la composición son igualmente reversibles en el corto plazo. Por ello, sólo podremos interpretar un cambio en la composición de macroinvertebrados bentónicos a consecuencia del aumento de la temperatura del agua y la disminución de la escorrentía asociada al cambio climático si se da de forma continua en el tiempo, a medio-largo plazo y siempre hacia la presencia de las mismas especies.</p>		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
MACRÓFITOS	ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
<p>Se consideran macrófitos a aquellos organismos vegetales acuáticos que son visibles y fácilmente identificables al ojo humano (ACA, 2006). Dentro de esta categoría, por tanto, se incluyen algas macroscópicas (algas caráceas y de otros grupos), briófitos (musgos y hepáticas), pteridófitos y fanerógamas (Ruza-Rodríguez, 2008).</p> <p>Los macrófitos son una parte importante de los organismos que viven en los sistemas fluviales y componen una parte importante de los mismos, tanto en biomasa como en las funciones que desempeñan en los mismos. Los macrófitos han sido reconocidos desde hace tiempo como indicadores de calidad del estado ecológico de las aguas fluviales, y durante las últimas décadas se han desarrollado diferentes metodologías para medir su presencia en las mismas (Dawson, 2002; ACA, 2003; Moreno <i>et al.</i>, 2005; Suárez <i>et al.</i>, 2005). La ausencia de macrófitos puede indicar la existencia de condiciones de corriente o sustrato que no son propicias para el desarrollo de los mismos, así como diferentes alteraciones humanas. El cambio climático va a provocar un aumento de la temperatura del agua que en muchos ríos y arroyos va a provocar cambios en la composición de macrófitos (ACA, 2006).</p>		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	Campañas anuales
METODOLOGÍA		
<p>La composición de macrófitos se determinará identificando al nivel más concreto posible (género / especie) los individuos que puedan diferenciarse en distintos tramos de río. También se tomarán muestras de las diferentes especies con la finalidad de asegurar la identificación de las mismas y mantener una colección de referencia. La identificación de las mismas en el laboratorio se hará a través del microscopio estereoscópico y del microscopio óptico, con guías y microfotografías de alta resolución.</p> <p>Una vez se haya determinado la composición de macrófitos presentes en el tramo de río en cuestión se analizará el cambio ($\Delta\%$) en la composición de los mismos a lo largo del periodo considerado.</p>		
INTERPRETACIÓN		
<p>Los cambios en la composición de macrófitos van a ser indicativos de cambios que están teniendo lugar en el agua a consecuencia del cambio climático. Sin embargo, los cambios en las comunidades de macrófitos responden de forma más lenta a los cambios en la calidad del agua que las comunidades de diatomeas, por lo que sólo se observarán cambios en estas a largo plazo (ACA, 2006).</p>		



PARÁMETRO		FAMILIA-COMPONENTE	
DIATOMEAS		ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO			
<p>Las diatomeas son un grupo muy utilizado en estudios sobre la calidad de aguas, y, de hecho, reciben un trato diferenciado respecto a otros organismos fitobentónicos en la <i>Directiva Marco del Agua</i> (Ruza-Rodríguez, 2008). Se han utilizado sobre todo como indicador de la productividad de los ríos y para detectar eutrofización, acidificación y cambios en la dinámica del río. El cambio climático va a provocar un aumento de la eutrofización debido al aumento de la temperatura del agua y la disminución de la escorrentía. Debido a su efecto en los ciclos de caudales, y en la frecuencia y la intensidad de eventos como sequías e inundaciones, también va a provocar cambios en la dinámica de los ríos y arroyos. Por todos estos motivos, y en aras de detectar el impacto del cambio climático en el estado de los sistemas fluviales, es importante realizar un seguimiento de la composición y riqueza de diatomeas en las RNF.</p>			
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS	
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	Campañas anuales	
METODOLOGÍA			
<p>El muestreo de las diatomeas, así como la preparación de las muestras y la identificación al nivel taxonómico más preciso posible, van a realizarse de acuerdo a las normas estandarizadas CEN / TC 230. El muestreo de diatomeas se hará a finales de la primavera o principios de verano, en la época de mayor actividad de las mismas. Una vez realizado el muestreo se realizarán los análisis correspondientes, analizando el cambio en el periodo de tiempo estudiado.</p>			
INTERPRETACIÓN			
<p>Los cambios en la composición y riqueza de diatomeas van a ser indicativos de la ocurrencia de procesos de eutrofización y de cambios en la dinámica de los ríos, especialmente la pérdida de conectividad ecológica longitudinal debido a la mayor frecuencia e intensidad de las sequías. Al ser organismos que responden muy rápidamente a los cambios en las condiciones del medio, sólo se tendrán en cuenta los cambios observados a lo largo de un periodo lo suficientemente amplio y hacia determinados taxones.</p>			



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS	ESTADO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
Los cambios en las condiciones del hábitat fluvial que van a tener lugar a consecuencia del cambio climático, van a favorecer enormemente la presencia de especies exóticas invasoras de macrófitos y macroinvertebrados bentónicos. El aumento en la temperatura del aire y el agua, y la disminución del caudal medio van a fomentar la proliferación de algas. Por otra parte, la alteración en el régimen de caudales debido a la mayor frecuencia e intensidad de las sequías va facilitar la invasión de especies más tolerantes a la turbidez y a cierto grado de anoxia como el cangrejo australiano <i>Cherax destructor</i> (Capinha <i>et al.</i> , 2012). Por estos motivos, es esperable que se produzca un aumento de la presencia y la abundancia de especies exóticas invasoras en los sistemas fluviales a lo largo del periodo de estudio.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 3: Sección de control	Trabajo de campo	Campañas anuales
METODOLOGÍA		
Se evaluará la presencia de las especies invasoras de macrófitos e invertebrados bentónicos fluviales recogidas en el Catálogo español de especies invasoras. Para ello se efectuará mediante una revisión de los datos de campo recogidos para el muestreo de la composición y la riqueza de estos dos grupos. Asimismo, se anotarán de forma diferenciada en el mismo las abundancias de estas especies. Una vez se disponga de estos datos, se realizarán los análisis correspondientes.		
INTERPRETACIÓN		
Un aumento de la presencia y la abundancia de especies exóticas invasoras de macrófitos e invertebrados bentónicos en los ecosistemas poco afectados por presiones ambientales de las RNF podrían interpretarse a consecuencia de los efectos del cambio climático.		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
USOS DEL SUELO / TIPOS DE COBERTURAS	PERTURBACIONES ANTRÓPICAS	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
Los usos del suelo son importantes ya que son la causa y la consecuencia del cambio climático. La naturaleza de los usos del suelo así como su distribución espacial está condicionada y condiciona la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos. Asimismo, influyen sobre muchos riesgos como el de inundación, incendios erosión, etc. Por eso mismo, los usos y aprovechamientos del suelo deben ser tenidos en cuenta para comprender tanto la dinámica presente como predecir la futura. La reconstrucción del pasado constituye un aspecto clave que nos ayuda a distinguir entre las causas que producen cambios en los sistemas fluviales.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: Cuenca libre de presiones	SIOSE	6 años
METODOLOGÍA		
La evolución de los usos del suelo se puede abarcar empleando diferentes técnicas de gabinete. Se han contemplado las siguientes metodologías: <ul style="list-style-type: none">- Uso de cartografía del SIOSE. Se definirán 8 tipos de cobertura: cultivos, pastizal, arbolado forestal, matorral, terreno sin vegetación, cobertura artificial y cobertura de agua. En la práctica, estas fuentes de información se actualizan cada 2-3 años, por lo que en principio existiría información actualizada en cada uno de los informes sucesivos de seguimiento del cambio climático- Uso de dron/LiDAR: realización de una cartografía detallada como por ejemplo tal y como hacen en Parques Nacionales.		
INTERPRETACIÓN		
Este parámetro permitirá mostrar diferentes variables que se interpretarán en función del grado de cambio que realice según la clasificación de usos del suelo en cada RNF. Este cambio podría afectar a la integridad de la RNF y al funcionamiento del ecosistema fluvial y distorsionar los resultados del análisis en global cuyo objeto es detectar cambios como efecto del cambio climático.		



PARÁMETRO	FAMILIA-COMPONENTE	
INCENDIOS FORESTALES	PERTURBACIONES ANTRÓPICAS	
JUSTIFICACIÓN DE INCLUSIÓN EN EL PROTOCOLO		
Los incendios forestales dependen directamente de las condiciones climáticas y los efectos que general (temperatura, precipitación, viento, humedad atmosférica, vegetación, suelo) así como por los usos del suelo (abandono, prácticas de manejo, acumulación de biomasa, etc). Muchos de los efectos ambientales asociados con el cambio climático pueden afectar la frecuencia, superficie afectada y la intensidad de los incendios.		
ESCALA ESPACIAL	TOMA DE DATOS	FRECUENCIA TOMA DATOS
Nivel 1: Cuenca libre de presiones	Bases de datos MITECO	Variable
METODOLOGÍA		
El grado de afección por incendios forestales en la cuenca de la masa de agua será en función de la superficie forestal quemada en los últimos años. Las categorías de alto se podrán asignar, si los signos de campo, la magnitud de alguno de los incendios acaecidos inventariados o aquellos que por su reciente ocurrencia aún no han sido inventariados o la experiencia de la gestión de la masa de agua así lo indican. Para asignar las categorías de moderado, bajo o muy bajo, se utilizarán categorías del Mapa de frecuencia de incendios forestales (2001 a 2014) por término municipal del MITECO. En general, se tomará como afección moderada cuando en los términos municipales de la cuenca de la masa de agua, existan varios municipios con más de 100 incendios. Se considerará bajo cuando el número de incendios este comprendido, como regla general, entre 100 y 25, y muy baja cuando sea menos de 25 incendios.		
INTERPRETACIÓN		
El estudio de la incidencia de incendios forestales por un lado va a permitir estudiar si está aumentando su frecuencia, duración e intensidad con el transcurso de los años como consecuencia del cambio climático (u otras causas); y por otro lado para tener en cuenta sus efectos sobre los sistemas fluviales, ya que pueden alterar las condiciones fisicoquímicas por un aumento de sedimentos o cenizas (y no atribuir esos cambios al cambio climático).		