

## Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental

# REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN. 3.º CICLO

Texto Consulta Pública

Agosto 2024



## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objeto y ámbito de aplicación .....	1
1.2	Marco normativo .....	4
1.3	Ámbito territorial.....	7
1.4	Resultados de la EPRI del primer ciclo y segundo ciclo .....	11
1.5	Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 3.º ciclo.....	17
<b>2</b>	<b>Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI.....</b>	<b>22</b>
2.1	Inundaciones de origen fluvial.....	23
2.1.1	Metodología empleada.....	23
2.1.2	Revisión de las ARPSI del 2.º ciclo .....	24
2.2	Inundaciones de origen pluvial.....	25
2.3	Inundaciones debidas al mar .....	26
<b>3</b>	<b>Resumen de las inundaciones ocurridas en el periodo 2018-2024 y análisis de impactos .....</b>	<b>28</b>
3.1	Resumen de las inundaciones 2018-2024 .....	28
3.2	Impacto de inundaciones pasadas.....	35
<b>4</b>	<b>Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.....</b>	<b>42</b>
4.1	Actualización de los estudios y experiencias a nivel europeo durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024) .....	42
4.1.1	Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos .....	43
4.1.2	Proyecciones en España .....	44
4.1.3	AdapteCCa.es: el visor de escenarios de cambio climático para España ...	49
4.2	Identificación de nuevas ARPSI como consecuencia del aumento del riesgo debido al cambio climático .....	51
4.2.1	Metodología .....	52
4.2.2	Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental .....	56
4.3	Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en las inundaciones .....	59
4.3.1	Estudio cualitativo de los cambios en caudales máximos .....	62
4.3.2	Cambio climático en otros factores que influyen en el riesgo de inundación	64
4.4	Elaboración de una base de datos de paleoinundaciones como apoyo para la revisión de la EPRI incluyendo los efectos del cambio climático: la base de datos PaleoRiada.....	66
4.5	Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar ..	74

<b>5</b>	<b>Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación .....</b>	<b>83</b>
<b>6</b>	<b>Consulta pública.....</b>	<b>91</b>
<b>7</b>	<b>Documentación y bibliografía.....</b>	<b>92</b>

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Registro de eventos de inundación**

**Anexo 2: Mapas**

**Mapa general**

**Mapa topografía**

**Mapa de unidades hidrológicas**

**Mapa de usos del suelo**

**Mapa guía de localización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) en el ámbito de la demarcación**

**Anexo 3: Fichas de las ARPSIs**

## Índice de figuras

Figura 1. Cronograma de los hitos principales de la DMA y de la Directiva de Inundaciones	5
Figura 2.- Ámbito territorial DHC Occidental	8
Figura 3 - Principales cauces de la DHC Occidental	9
Figura 4.- Localización de ARPSIs en la DHC Occidental	13
Figura 5. Eventos de inundación en el período 2018-2014 en la DHC occidental, agrupados por situación geográfica	30
Figura 6.- Evolución temporal entre 1996 y 2023 de las indemnizaciones por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental	36
Figura 7.- Indemnización total acumulada en millones de € por inundación abonada por el CCS y código postal para el periodo 1996 y 2023 en la DHC Occidental (zona oeste)	37
Figura 8.- Indemnización total acumulada en millones de € por inundación abonada por el CCS y código postal para el periodo 1996 y 2023 en la DHC Occidental (zona este)	37
Figura 9.- Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de expedientes de tramitación acumulada por inundación registrados por el CCS en el periodo 1996-2023. Se indican los términos municipales y las poblaciones o lugares que abarca el código postal (si el término municipal abarca varios CCPP). Zona oeste	39
Figura 10.- Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de expedientes de tramitación acumulada por inundación registrados por el CCS en el periodo 1996-2023. Se indican los términos municipales y las poblaciones o lugares que abarca el código postal (si el término municipal abarca varios CCPP). Zona este	39
Figura 11.- Evolución temporal del CO2 para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017)	44
Figura 12.- Análisis estacional de los cambios en la precipitación diaria máxima (índice RX1D) proyectado (%) del conjunto de modelos múltiples entre el periodo de referencia (1971-2000) y el periodo futuro próximo (2021-2060) para los escenarios de emisiones RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (según Lorenzo y Álvarez, 2020). Los puntos grises señalan las zonas en las que las diferencias son significativas al nivel de significación del 5 % según la prueba de suma de rangos de Wilcoxon	45
Figura 13.- Ejemplo de curvas de frecuencia de inundaciones esperadas (Tr periodo de retorno) en el futuro para el RCP 8.5 para el río Argá (Garijo y Mediero, 2018). La línea azul gruesa representa la simulada con modelos hidrológicos, la línea roja sólida muestra la mediana de los modelos climáticos; y las líneas rojas discontinuas muestran los percentiles 33º y el 67º de los modelos climáticos	48
Figura 14.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación de un percentil 95 (periodo de retorno medio de 20 años) para el escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español	50
Figura 15.- Salida gráfica en formato SIG de las proyecciones de cambio (%) de la variable precipitación máxima en 24 horas para un horizonte temporal medio (2075) para escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español	50

Figura 16.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.....	51
Figura 17.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.....	51
Figura 18.- Tasas de cambio en cuantil de caudal para los cauces y ARPSIs de la DHC Occidental para el periodo de impacto 2041-2070 (T500) y el escenario RCP4.5 (arriba sin ARPSIS y abajo con ellas).....	56
Figura 19.- Tasas de cambio en cuantil de caudal para los cauces y ARPSIs de la DHC Occidental para el periodo de impacto 2041-2070 (T500) y el escenario RCP8.5 (arriba sin ARPSIS y abajo con ellas).....	57
Figura 20.- Gráfico de variabilidad de las tasas de cambio en cuantil de caudal para las ARPSIs de la DHC Occidental.....	58
Figura 21.- Esquema metodológico para el análisis de la variabilidad climática (extremos pasados y presentes) y del cambio climático bajo escenarios de emisiones (extremos presentes y futuros).....	59
Figura 22.- Mapas con la distribución espacial de las series de caudales máximos con puntos de ruptura en la media (derecha) y varianza (izquierda). Los triángulos indican descenso en la media o varianza después del punto de ruptura, mientras los círculos indican incremento (López de la Cruz, 2013).....	63
Figura 23.- Localización geográfica de los registros de paleoriadas en el la DHC Occidental extraído del visor de paleoriadas.....	72
Figura 24.- Ubicación de registros de paleoriadas identificados en el sistema del Sella en la DHC Occidental.....	73
Figura 25.- Ubicación del registro de paleoriadas identificado en el sistema del Nansa en la DHC Occidental.....	73
Figura 26.- Proyecciones regionalizadas de aumento del nivel del mar (m) en el período 2081-2100 (con respecto al período 1986-2005) para los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) en las costas españolas. Fuente: adaptado de Slangen et al. (2014).....	77

## Índice de tablas

Tabla 1.- Marco administrativo de la Demarcación .....	8
Tabla 2.- Sistemas de explotación en la DHC Occidental.....	10
Tabla 3.- Número de masas de agua consideradas para la revisión del Plan Hidrológico de la Demarcación, según naturaleza y categoría.....	11
Tabla 4.- Relación de ARPSIs en la DHC Occidental .....	16
Tabla 5. ARPSIs marinas y fluvial/marinas en la DHC Occidental .....	27
Tabla 6. ARPSIs marinas en la DHC Occidental .....	27
Tabla 7. Resumen de eventos de inundación más significativos en la DHC Occidental, en el período 2018-2024 .....	31
Tabla 8. Principales episodios de inundación en el periodo 1996-2023 e indemnizaciones totales por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental.....	38
Tabla 9. Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de tramitaciones totales por inundación (más de 300) en el periodo 1996-2023 registrados por el CCS .....	40
Tabla 10. Principales episodios de inundación en el periodo 2018-2023 e indemnizaciones totales por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental.....	40
Tabla 11. Códigos postales con indemnización por daños mayores a 500.000 euros episodios de inundación en el periodo 2018-2023 en la DHC Occidental .....	41
Tabla 12.- Número de tramos ARPSI de la DHC Occidental según el porcentaje de tasa de cambio en cuantil de caudal en T500 en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 .....	58
Tabla 13.- Consideraciones metodológicas en estudios con modelos de clima futuro a escala de cuenca o subcuenca (Beneyto et al., 2024) .....	61
Tabla 14.- Principales componentes metodológicos usados para la generación de mapas de peligrosidad en el 1.º y 2.º ciclo de la Directiva, y elementos de análisis para avanzar en el estudio de los impactos del cambio climático sobre la delimitación de zonas inundables .....	64

# 1 Introducción

La 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 (en adelante, Directiva de Inundaciones) establece la necesidad de desarrollar herramientas para analizar y gestionar la problemática de las inundaciones, que constituyen el principal riesgo natural en la Unión Europea. Esta directiva fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

El Real Decreto 903/2010 tiene como principales objetivos obtener un adecuado conocimiento y evaluación de los riesgos asociados a las inundaciones y lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones. Este Real Decreto establece, en su artículo 7, que los organismos de cuenca, en colaboración con las autoridades de Protección Civil de las comunidades autónomas y de la Administración General del Estado y otros órganos competentes de las comunidades autónomas, o las Administraciones competentes en las cuencas intracomunitarias, realizarán la evaluación preliminar del Riesgo de inundación, e integrarán la que elaboren las Administraciones competentes en materia de costas, para las inundaciones causadas por las aguas costeras y de transición. El mismo Real Decreto indica en su artículo 21 que la evaluación preliminar del riesgo de inundación se actualizará a más tardar el 22 de diciembre de 2018, y a continuación cada seis años.

La Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) es un diagnóstico general de la problemática de las inundaciones en la demarcación y su objetivo fundamental es la delimitación de las denominadas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs), que son las zonas del territorio para las cuales existe un riesgo potencial de inundación significativo o en la cuales la materialización del riesgo puede considerarse probable. Este diagnóstico se hace a escala de demarcación hidrográfica. La EPRI es, por tanto, un documento de gran importancia porque define los ámbitos en los que se centran los dos hitos o fases posteriores del marco normativo en materia de evaluación y gestión del riesgo de inundación: los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI) y el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI).

La aplicación de la Directiva de Inundaciones es un proceso periódico que se renueva en ciclos de seis años. En cada uno de estos ciclos se analiza de nuevo la problemática de inundaciones de la demarcación hidrográfica, de forma que las medidas de gestión sean lo más efectivas posibles.

## 1.1 Objeto y ámbito de aplicación

El objeto del presente documento es revisar y actualizar la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental correspondiente al 3.º ciclo de la Directiva de Inundaciones, que debe ser actualizada a más tardar el 22 de diciembre de 2024.

Puesto que se trata del tercer ciclo de aplicación de la Directiva, esta EPRI se ha centrado en la revisión de las ARPSIs ya designadas en ciclos anteriores, pasando después a analizar posibles casos que pudieran concretarse en la identificación y preselección de nuevos tramos de ARPSI siguiendo las metodologías ya desarrolladas en el anterior ciclo.

En relación con el **ámbito de aplicación**, la Directiva 2007/60/CE define como inundación el *“anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua. Incluye las inundaciones ocasionadas por ríos, torrentes de montaña, corrientes de agua intermitentes del Mediterráneo y las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras, y puede excluir las inundaciones de las redes de alcantarillado”*.

En este sentido, el artículo 2 del RD 903/2010, define su ámbito de aplicación como: “las disposiciones contenidas en este real decreto serán de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición”.

Por lo tanto, la declaración de las ARPSIs debe ajustarse a las inundaciones derivadas del desbordamiento de corrientes de agua y a las causadas por el mar en las zonas costeras.

Como resultado de los trabajos de coordinación de la Comisión Europea realizados durante la implantación de esta Directiva, se han identificado los posibles orígenes de las distintas inundaciones. Normalmente ocurren como consecuencia de episodios de altas precipitaciones, y pueden dar lugar a daños “in situ” o provocar el desbordamiento de cauces y otras corrientes de agua cuando alcanzan valores importantes en la cuenca hidrográfica. Este desbordamiento puede estar asociado o no a la fusión nival, a la gestión de las infraestructuras hidráulicas de la cuenca y, en zonas costeras, a la entrada del agua en episodios de temporales marítimos. En la práctica, salvo en las inundaciones exclusivamente marinas, el resto de orígenes pueden actuar conjuntamente en un episodio de inundación, agravando los efectos de las inundaciones.

En este documento se estudian las inundaciones derivadas del desbordamiento de ríos y otros cauces o corrientes (inundaciones fluviales) incorporando en ellas la gestión de las infraestructuras hidráulicas, las inundaciones debidas a episodios de lluvias intensas (inundaciones pluviales) que pueden derivar en inundaciones fluviales especialmente en corrientes de pequeña magnitud y las inundaciones debidas al mar, todo ello en los términos del RD 903/2010.

De acuerdo con lo anterior, no son de aplicación en el marco de este RD las inundaciones derivadas de la incapacidad de las redes de alcantarillado que se rigen por las normativas específicas de las administraciones de urbanismo y ordenación del territorio, ni las derivadas de la rotura o mal funcionamiento de presas, que se rigen por lo establecido en el Título VII, “de la seguridad de presas, embalses y balsas” del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH). Tampoco son de aplicación las inundaciones derivadas de tsunamis y maremotos que se rigen por el Real Decreto 1053/2015, de 20 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de maremotos.

Siguiendo el mismo procedimiento administrativo, derivado del artículo 7 del citado RD 903/2010, el resultado de la actualización y revisión de la evaluación preliminar del riesgo de inundación se someterá a consulta pública durante un plazo mínimo de tres meses. Una vez analizadas las alegaciones, se someterá a informe del Comité de Autoridades Competentes regulado en el Real Decreto 126/2007, de 2 de febrero y posteriormente, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico la remitirá para su aprobación al Ministerio para la Transición

Ecológica y el Reto Demográfico, el cual, previamente a esta aprobación, la remitirá al Consejo Nacional de Protección Civil para su informe.

Posteriormente, tal y como se indica en el artículo 22 del Real Decreto 903/2010, las revisiones y actualizaciones se remitirán a la Comisión Europea en un plazo de tres meses a partir de la fecha indicada en el artículo 7 – apartado 8. En el caso del 3.º ciclo, la información deberá remitirse a la Comisión antes del 22 de marzo de 2025.

El presente documento se compone de los siguientes apartados:

- **Introducción:** motivación y antecedentes de los trabajos.
- **Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI:** descripción de los aspectos metodológicos seguidos en la revisión y actualización de la EPRI y en la propuesta de ARPSIs.
- **Resumen de las inundaciones ocurridas en el periodo 2018-2024 y análisis de impactos:** descripción de las inundaciones que han tenido lugar desde la aprobación de la EPRI del segundo ciclo y una evaluación del impacto de las inundaciones pasadas.
- **Incidencias del cambio climático en el riesgo de inundación:** análisis de los posibles efectos que el cambio climático pueda tener en el riesgo de inundación de la demarcación y en la revisión y actualización de la EPRI.
- **Resultados y propuesta de actualización de las ARPSIs:** presentación de los resultados obtenidos y propuesta de las ARPSIs del tercer ciclo.
- **Consulta pública:** donde se incluirán los resultados de la consulta pública efectuada.
- **Documentación y bibliografía**
- **Anexos**
  - Anexo 1: Registro de eventos de inundación
  - Anexo 2: Mapas
  - Anexo 3: Fichas de las ARPSIs

## 1.2 Marco normativo

La revisión y actualización de la EPRI está motivada por la Directiva 2007/60/CE, que como se ha comentado anteriormente, está transpuesta a la normativa estatal mediante Real Decreto 903/2010. La tabla siguiente resume los documentos que han sido aprobados en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental en el marco de la implementación de esta normativa:

DOCUMENTO	CICLO	APROBACIÓN
<b>Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI)</b>	1.º Ciclo	Aprobación de 14 de diciembre de 2011, de la Directora General del Agua, por la que se aprueba el documento de Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación.
	2.º Ciclo	Por Resolución del Secretario de Estado de Medio Ambiente, de fecha 12 de abril de 2019, se aprueba la revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación (2º ciclo) de las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias.
<b>Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI)</b>	1.º Ciclo	Informe favorable del Comité de Autoridades Competentes a los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental en el ámbito de competencias del Estado, con fecha 17 de marzo de 2015.
	2.º Ciclo	Informe favorable del Comité de Autoridades Competentes a los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental en el ámbito de competencias del Estado, con fecha 27 de febrero de 2020.
<b>Plan de Gestión del Riesgo de inundación (PGRI)</b>	1.º Ciclo	Real Decreto 20/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental y de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental.
	2.º Ciclo	Real Decreto 26/2023, de 17 de enero, por el que se aprueba la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Ebro, Ceuta y Melilla.

La aprobación de estos documentos fue precedida de diferentes procesos de consulta pública con el objetivo de dar a conocer su contenido y fomentar la participación de los agentes implicados.

Toda la información relativa a los ciclos primero y segundo de aplicación de la Directiva de Inundaciones está disponible en los portales web de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico<sup>1</sup>.

La Directiva de Inundaciones guarda una estrecha relación con la Directiva Marco del Agua (DMA). Ambas directivas se encuentran estrechamente relacionadas, no solo en los tiempos y forma de aprobación de los documentos que las componen, sino también en los objetivos ambientales y en su desarrollo normativo. Por un lado, las medidas del PGRI deben ser compatibles con los objetivos establecidos por la Directiva Marco del Agua para la conservación y mejora del estado ecológico de las masas de agua. Por otro lado, los calendarios de implantación de ambas directivas han de coordinarse, tal y como se muestra en la siguiente figura.

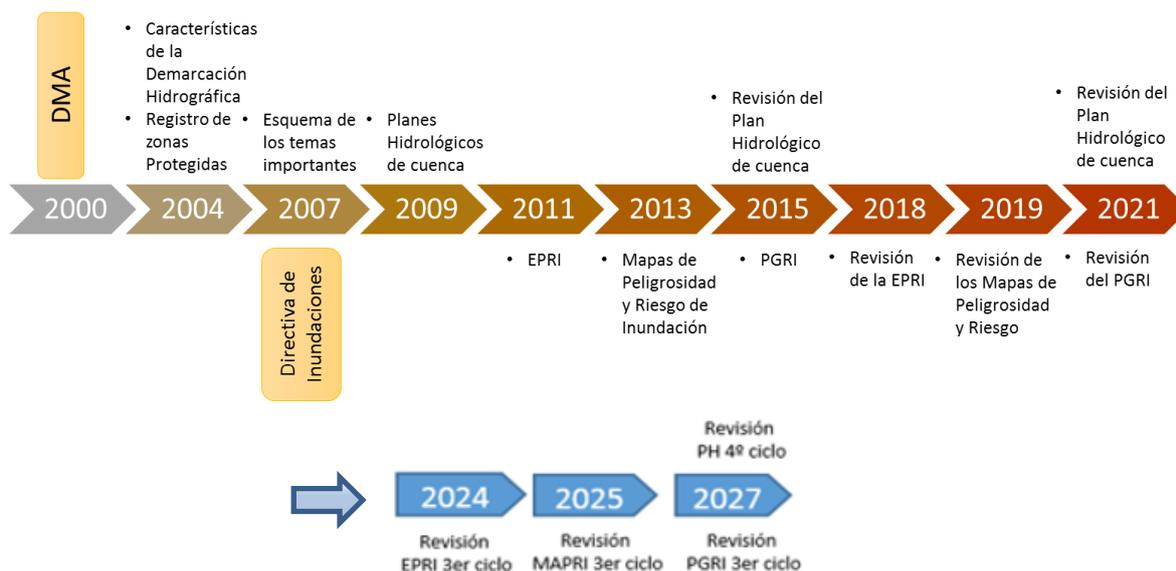


Figura 1. Cronograma de los hitos principales de la DMA y de la Directiva de Inundaciones

La aprobación de la Directiva de Inundaciones se produjo cuando ya estaba en marcha la implantación del primer ciclo de la DMA. Los trabajos de implantación de la Directiva de Inundaciones comenzaron tras la aprobación de los Planes Hidrológicos del primer ciclo de planificación y la aprobación del PGRI coincidió con la primera revisión del Plan Hidrológico, al igual que en el segundo ciclo, en el que los calendarios de ambas directivas se coordinaron.

La implementación de la Directiva de Inundaciones y del Real Decreto 903/2010 ha motivado, durante los últimos años, varias actualizaciones del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas):

<sup>1</sup> <https://www.chcantabrico.es/gestion-cuencas/inundabilidad/evaluacion-gestion-riesgos-inundacion>

- El Real Decreto 9/2008 creó el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)<sup>2</sup>, que engloba todos los estudios de inundabilidad elaborados por el Ministerio de Medio Ambiente y sus organismos de cuenca, en colaboración con las correspondientes comunidades autónomas y, en su caso, con las administraciones locales afectadas. El SNCZI constituye la herramienta básica de coordinación de la información cartográfica de inundaciones, por lo que integra todos los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de la demarcación. La cartografía del SNCZI está coordinada con la cartografía del visor de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico<sup>3</sup>.
- El Real Decreto 9/2008 introdujo también algunas novedades técnicas relevantes en relación con la zonificación del espacio inundable. Por un lado, se creó el concepto de zona de flujo preferente, que delimita el espacio fluvial en el que se registran condiciones de calado y velocidad por encima de unos determinados umbrales y cuya preservación resulta fundamental para que no se produzca un empeoramiento de la inundabilidad en el entorno.
- El Real Decreto 638/2016 introdujo una serie de medidas preventivas para la limitación de usos, obras y construcciones en zonas inundables.
- El Real Decreto 665/2023 introdujo el procedimiento para la elaboración e integración de cartografía de zonas inundables en el SNCZI.

Por otro lado, la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, tiene por objeto establecer medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático. Esta ley establece la necesidad de integrar el cambio climático en la planificación y gestión hidrológica con el fin de gestionar los riesgos derivados de este fenómeno, incluyendo los riesgos relacionados con las avenidas y la subida del nivel del mar.

A continuación, se cita el resto de la normativa relacionada:

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RPH), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas y modificaciones realizadas con posterioridad.
- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por el Consejo de Ministros en su reunión del día 9 de diciembre de 1994.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas y posteriores modificaciones.

---

<sup>2</sup> <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>

<sup>3</sup> <https://nodoide.chcantabrico.es/sigweb/index.html>

- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas y sus modificaciones.
- Resolución de 2 de agosto de 2011, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo del consejo de Ministros de 29 de julio de 2011, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.
- Ley 17/2015, de 9 de julio del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.
- Real Decreto 26/2023, de 17 de enero, por el que se aprueba la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Gadiana, Ebro, Ceuta y Melilla.
- Real Decreto 35/2023, de 24 de enero, por el que se aprueba la revisión de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Gadiana y Ebro.
- Real Decreto 524/2023, de 20 de junio, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.
- Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en el Principado de Asturias (PLANINPA).
- Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria ante el Riesgo de Inundaciones (INUNCANT).
- Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en Galicia.
- Plan Especial de Emergencias ante el Riesgo de Inundaciones de la CAPV.
- Plan de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en Castilla y León (INUNCyl).

### 1.3 Ámbito territorial

En este apartado se realiza una sintética descripción de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico (DHC) Occidental. En la Memoria del Plan Hidrológico vigente se puede encontrar una descripción más pormenorizada. Estos documentos están disponibles para su consulta en la página web de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC) en el siguiente enlace: <http://www.chcantabrico.es/index.php/es/>

#### Marco territorial y administrativo

De acuerdo con el artículo primero del Real Decreto 29/2011, de 14 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental

(DHC Occidental) "comprende el territorio de las cuencas hidrográficas de los ríos que vierten al mar Cantábrico desde la cuenca del río Eo, hasta la cuenca del Barbadun, excluidas ésta última y la intercuenca entre la del arroyo de La Sequilla y la del río Barbadun, así como todas sus aguas de transición y costeras. Las aguas costeras tienen como límite oeste la línea con orientación 0º que pasa por la Punta de Peñas Blancas, al oeste del río Eo, y como límite este la línea con orientación 2º que pasa por Punta del Covarón, en el límite entre las Comunidades Autónomas de Cantabria y del País Vasco".



Figura 2.- Ámbito territorial DHC Occidental

En la siguiente tabla se resume el marco territorial y administrativo de la DHC Occidental:

MARCO ADMINISTRATIVO DEMARCACIÓN CANTÁBRICO OCCIDENTAL	
<b>Cuenca</b>	Todas las que vierten al mar Cantábrico desde la cuenca del Eo hasta la del Barbadun, excluidas ésta y la intercuenca entre la del arroyo de la Sequilla y la del río Barbadun
<b>Área</b>	18.978 km <sup>2</sup> (incluidas las aguas costeras y 17.425 km <sup>2</sup> (parte continental y de aguas de transición)
<b>Población (2019)</b>	1.614.669 hab.
<b>Densidad</b>	92,66 hab/km <sup>2</sup>
<b>Comunidades Autónomas en que se reparte el ámbito</b>	Galicia (11 % del territorio y 1,59 % de la población) Asturias (61 % del territorio y 62,41 % de la población) Castilla y León (2 % del territorio y 0,06 % de la población) Cantabria (25 % del territorio y 33,87 % de la población) País Vasco (1 % del territorio y 2,08 % de la población)
<b>Núcleos de población mayores de 100.000 hab.</b>	Gijón (272.365 hab), Oviedo (220.301 hab), Santander (171.951 hab)
<b>Nº Municipios</b>	200 municipios con más del 10% de su superficie dentro del territorio de la demarcación De los que están completos: 190 (Galicia 13, Principado de Asturias 78, Cantabria 94, País Vasco 3 y Castilla y León 2)

Tabla 1.- Marco administrativo de la Demarcación

## Geología y litología

El ámbito geográfico de la DHC Occidental incluye unidades geológicas de muy diversa naturaleza, tanto desde el punto de vista de su litología como de su estructura interna. La Demarcación Occidental se encuentra enclavada dentro del denominado Macizo Ibérico, una unidad geológica que se extiende por buena parte de la Península Ibérica y que está formado por rocas precámbricas y paleozoicas emplazadas durante el ciclo orogénico hercínico.

Desde un punto de vista estrictamente litológico, la Demarcación del Cantábrico Occidental está formada en su mayor parte por rocas sedimentarias. La zona occidental está dominada por las litologías siliciclásticas. El metamorfismo es un fenómeno relativamente poco importante, aunque en el extremo occidental el substrato rocoso está afectado por un metamorfismo de bajo grado.

## Caracterización pluviométrica

De acuerdo a la información del Plan Hidrológico, para el periodo 1980/81-2017/18, la precipitación anual media se estima en 1.266 mm/año, con valores medios máximos de 1.646 mm/año en años lluviosos y mínimos de 872 mm/año en años secos.

Por otra parte, la distribución intraanual de estas precipitaciones se caracteriza por la existencia de lluvias todos los meses del año, con un mínimo medio pluviométrico en julio y un máximo medio en noviembre.

Aunque las precipitaciones medias son altas, existen episodios puntuales de sequías en los meses de verano, con precipitaciones mucho más bajas. Asimismo, las precipitaciones en forma de nieve son frecuentes en las cabeceras de la demarcación, de tal manera que es frecuente la presencia de un manto nival en las zonas de mayor altura durante la época invernal.

## Caracterización de la red hidrográfica

Los ríos que desembocan en el mar Cantábrico se caracterizan por ser cortos, aunque en general caudalosos. Lo primero está justificado por la proximidad de la cordillera a la costa y lo segundo, por las abundantes precipitaciones que recibe todo el sector septentrional de la Península, al estar abierto a los vientos marinos, en particular a los del Noroeste que son los portadores de las lluvias.



Figura 3 - Principales cauces de la DHC Occidental

La vertiente Cantábrica corresponde a una multitud de cuencas independientes de superficie afluente con carácter general pequeña, cuyas características principales vienen determinadas por la proximidad de la divisoria al mar, entre 30 y 80 km. En recorridos tan cortos las redes fluviales no han llegado a alcanzar desarrollos importantes, estructurándose salvo excepciones (los ríos Nalón, Navia, Eo y Pas-Miera), en una serie de cursos fluviales que descienden desde las altas cumbres hasta el mar, a los que afluyen otros cauces menores de pequeña entidad y carácter normalmente torrencial.

Entre los principales cauces de la Demarcación, figuran el Eo, Navia, Narcea, Nalón, Sella, Deva, Cares, Nansa, Saja-Besaya, Pas, Miera, Asón y Agüera, como puede observarse en la siguiente figura.

### Sistemas de explotación

De acuerdo al Plan Hidrológico vigente el territorio de la Demarcación hidrográfica se ha dividido en 15 zonas o unidades hidrológicas, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	RÍO PRINCIPAL
Eo	1.050,9	Eo
Porcía	240,3	Porcía
Navia	2.584,6	Navia
Esva	810,6	Esva
Nalón	5.437,0	Nalón
Villaviciosa	462,9	Villaviciosa
Sella	1.284,3	Sella
Llanes	330,8	Bedón
Deva	1.201,6	Deva
Nansa	431,4	Nansa
Gandarilla	240,9	Del Escudo
Saja	1.047,9	Saja
Pas Miera	1.306,4	Pas
Asón	763,0	Asón
Agüera	235,1	Agüera

Tabla 2.- Sistemas de explotación en la DHC Occidental

### Caracterización de las masas de agua

Las masas de agua superficial de la demarcación hidrográfica se clasifican en las categorías de ríos, lagos, aguas de transición y costeras. De acuerdo a su naturaleza podrán clasificarse como naturales o candidatas a artificiales o muy modificadas si por una alteración hidromorfológica una masa de agua preexistente (muy modificada) o de nueva creación (artificial), sufre un cambio en su naturaleza de tal magnitud que no es posible conseguir el objetivo de la DMA del buen estado ecológico, sin que suponga un daño mayor al medio ambiente o unos costes desproporcionados. En estos casos de masas de agua modificadas o artificiales se evaluará el estado en base a un potencial ecológico, no respecto a las condiciones de referencia asociadas a las masas de agua superficiales naturales.

De acuerdo con lo establecido en el plan hidrológico vigente y la actualización recogida en el Estudio General sobre la Demarcación, realizado en el marco del proceso de revisión del Plan Hidrológico de la DHC Occidental, se considera la existencia de las siguientes masas de agua recogidas en la siguiente tabla.

Masas de agua	Naturaleza	Categoría				Nº total masas
		Río	Lago	Transición	Costera	
Superficiales	Naturales	223	5	16	14	315
	Artificiales	-	2	-	-	
	Muy modificadas	18	11	5	1	
	<b>TOTAL</b>	241	18	21	15	
<b>Subterráneas</b>					<b>20</b>	

Tabla 3.- Número de masas de agua consideradas para la revisión del Plan Hidrológico de la Demarcación, según naturaleza y categoría

## 1.4 Resultados de la EPRI del primer ciclo y segundo ciclo

La implementación de la Directiva de Inundaciones hasta la fecha ha supuesto la elaboración de una Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación durante el 1.º ciclo, así como su posterior revisión y actualización en el 2.º ciclo. En el contexto de la DHC Occidental, las EPRI de primer y segundo ciclo han tenido el siguiente proceso de tramitación, tal y como se resume en la siguiente tabla:

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (EPRI)
EPRI – Primer Ciclo
<p>La Confederación Hidrográfica del Cantábrico elaboró los documentos que componen el proyecto de EPRI de la DHC Occidental, en colaboración con los servicios de Protección Civil. Dichos documentos de la EPRI fueron sometidos a un proceso de consulta pública de 3 meses, finalizando el 30 de septiembre de 2011.</p> <p>Una vez finalizado el proceso de consulta pública y analizadas las sugerencias, aportaciones y propuestas recibidas, el proyecto de EPRI siguió su tramitación reglamentaria.</p>
<p><b>Comité de Autoridades Competentes:</b> El 20/10/2011 el CAC informó favorablemente al proyecto de EPRI.</p> <p><b>Consejo Nacional de Protección Civil:</b> El 17/11/2011 el Consejo Nacional de Protección Civil informó favorablemente al proyecto de EPRI.</p> <p><b>Aprobación:</b> La Dirección General del Agua, mediante Resolución de 14 de diciembre de 2011, aprobó la revisión y actualización de la EPRI.</p>

## EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (EPRI)

### EPRI – Segundo Ciclo

La Confederación Hidrográfica del Cantábrico elaboró los documentos que componen el proyecto de revisión y actualización de la EPRI de la DHC Occidental, en colaboración con los servicios de Protección Civil. Los documentos de la EPRI del segundo ciclo fueron sometidos a un proceso de consulta pública de 3 meses entre el 19/09/2018 y el 19/12/2018.

Una vez finalizado el proceso de consulta pública y analizadas las sugerencias, aportaciones y propuestas recibidas, el proyecto de revisión y actualización de la EPRI siguió su tramitación reglamentaria.

**Comité de Autoridades Competentes:** El 26/02/2019 el CAC informó favorablemente al proyecto de EPRI.

**Consejo Nacional de Protección Civil:** El 08/04/2019 el Consejo Nacional de Protección Civil informó favorablemente al proyecto de EPRI.

**Aprobación:** La Secretaría de Estado de Medio Ambiente, mediante Resolución de 12 de abril de 2019, aprueba la revisión y actualización de la EPRI.

La **EPRI del primer ciclo de la DHC Occidental** analizó de forma conjunta el riesgo de inundación en el dominio fluvial, en la zona de transición fluvial-litoral y en la franja costera. El resultado final de este análisis fue la definición de un total de 145 tramos, agrupados en 110 ARPSIs en todo el ámbito de la demarcación, de las cuales 119 tenían un carácter exclusivamente fluvial, y 26 se correspondían con zonas de transición o costero.

La distribución de las 145 ARPSIs identificadas en la DHC Occidental, por Comunidades Autónomas, es la siguiente:

- Asturias (74)
- Cantabria (66)
- Galicia (4)
- Castilla León (1)

La **EPRI del segundo ciclo de la DHC Occidental** tuvo como resultado las siguientes modificaciones:

- Hacer una ampliación sustancial en la longitud de tramos afectados en dos ARPSIs (ES018-AST-40-1 y ES018-CAN-25-1).
- Proponer dos nuevos tramos de ARPSIs para el segundo ciclo (ES018-AST-8-2 y ES018-AST-37-4).
- Agrupar bajo un mismo código (ES018-CAN-14-1) 2 de las ARPSIs declaradas en el primer ciclo (ES018-CAN-14-1 y ES018-CAN-14-2). Por otro lado, según la Resolución de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de fecha 12 de abril de 2019, se procedió a la eliminación del ARPSI de origen marino ES018-CAN-45-1, ya

que durante la ejecución de los mapas de peligrosidad y riesgo del primer ciclo se constató que en dicha ARPSI no había riesgo significativo de inundación.

Mientras en el reporte de la EPRI del primer ciclo se optó por agrupar los 145 tramos determinados en el conjunto de las ARPSIs en 110 ARPSIs, como ya se ha citado, siendo finalmente este número el que se reportó (ver EPRI primer ciclo), en el segundo ciclo, por coherencia con el resto de documentos elaborados después de la EPRI del primer ciclo (Mapas de Peligrosidad y Riesgo y Plan de Gestión del Riesgo de Inundación), se decidió que cada tramo de riesgo determinado se correspondiera con un ARPSI.

En consecuencia, en la EPRI del segundo ciclo se definieron un total de **145 ARPSIs**, repartidas en las Comunidades Autónomas de Asturias (76), Cantabria (64), Galicia (4) y Castilla y León (1). De estas 145 ARPSIs, 120 tenían un carácter exclusivamente fluvial, 17 se correspondían con zonas de transición fluvial-marino y 8 tenían un carácter puramente costero o marino. No se incluyó ningún ARPSI de origen pluvial.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las ARPSIs definidas en ambos ciclos en la DHC Occidental.

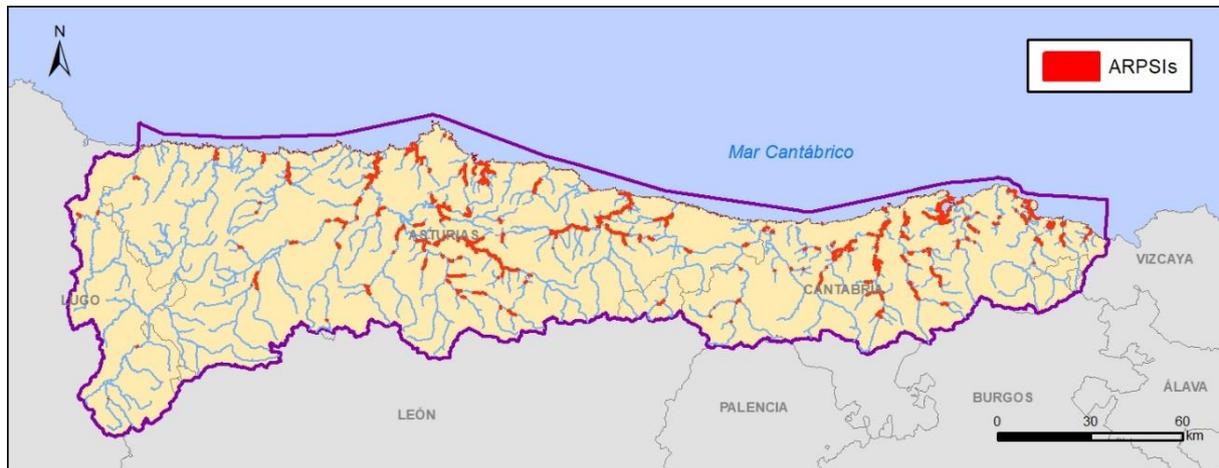


Figura 4.- Localización de ARPSIs en la DHC Occidental

A continuación, se muestra una tabla donde se relacionan todas las ARPSIs identificadas en la DHC Occidental, tanto en la EPRI del 1.º ciclo como los cambios efectuados una vez realizada la EPRI de 2.º ciclo.

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-1-1	Arroyo Monjardín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-1-2	Río Suarón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-2-1	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-3-1	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-3-2	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-4-1	Arroyo de Yerbo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-5-1	Río Navelgas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-6-1	Río Esva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-7-1	Río Nisón \ Río Fresnedo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-8-1	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-8-2	Río Narcea	2.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-9-1	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-10-1	Río Narcea - Soto de los Infantes	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-1	Río Narcea \ Río Pigüña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-2	Río Pigüña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-3	Río Narcea - Puente Laneo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-12-1	Río Narcea \ Río Nonaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-13-1	Río Nalón - Tramo Bajo	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-13-2	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-14-1	Río Cubia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-15-1	Arroyo San Claudio	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-16-1	Río Trubia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-17-1	Río Trubia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-18-1	Río Teverga	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-19-1	Río Llano o Riosa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-20-1	Río Caudal	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-21-1	Río Caudal \ Arroyo de La Nicolasa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-22-1	Río de San Juan	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-22-2	Río San Juan	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-23-1	Río Turón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-1	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-2	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-3	Río Aller - Confluencia Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-25-1	Río Aller - Arroyo San Isidro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-26-1	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-27-1	Río San Isidro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-28-1	Río Nalón - Soto de Ribera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-29-1	Río Nalón - Tramo Medio	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-30-1	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-31-1	Río Nalón - Río Seco	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-32-1	Río Villoría - Villoría	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-32-2	Río Villoría - San Pedro de Villoría	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-33-1	Río del Alba	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-34-1	Río Nora \ Río Noreña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-35-1	Río Noreña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-36-1	Río Nora	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-1	Ría de Avilés	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-37-2	Arroyo de La Villa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-3	Arroyo de Molleda	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-4	Río Raíces	2.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-38-1	Río Albares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-39-1	Arroyo de Lantada	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-40-1	Río Pinzales	1.º Ciclo*	Fluvial
ES018-AST-41-1	Arroyo La Pedrera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-42-1	Río Piles	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-43-1	Ría de Villaviciosa	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-43-2	Río de Villaviciosa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-44-1	Río Fuensanta	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-45-1	Río Piloña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-46-1	Río Sella - Arriendas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-46-2	Río Sella - Cangas de Onís	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-47-1	Río Güeña	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-48-1	Río Güeña \ Río Tabardín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-49-1	Río Güeña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-50-1	Río Sella	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-50-2	Río Sella - Confluencia Río Zardón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-51-1	Río de Las Cabras o Bedón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-52-1	Río Cares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-53-1	Río Deva - Panes	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-54-1	Río Espinaredo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-55-1	Arroyo de Tarabica	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-56-1	Río Somiedo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-57-1	Río Piles \ Arroyo de La Pedrera	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-58-1	Arroyo Cañeo	1.º Ciclo	Marina
ES018-AST-59-1	Río Raíces	1.º Ciclo	Marina
ES018-AST-60-1	Río Espasa	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-1-1	Arroyo Sámano	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-1-2	Arroyo Sámano	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-1-3	Arroyo Sámano	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-2-1	Río Agüera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-2-2	Río Agüera	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-3-1	Arroyo de Hazas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-4-1	Río Asón \ Río Carranza	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-5-1	Río Asón Confluencia Río Ruahermosa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-5-2	Río Asón -Limpias	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-6-1	Río Campiezo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-6-2	Río Campiezo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-1	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-2	Río Pas - Puente Viesgo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-3	Río Pas - Entrambasmestas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-4	Arroyo de La Plata	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-8-1	Regato Troneda	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-1	Río Pisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-2	Río Pisueña \ Arroyo Suscuaja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-3	Río Pisueña - Pomaluengo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-4	Río Pisueña - La Penilla	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-10-1	Río Pas \ Río Carrimont	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-10-2	Río Pas - Oruña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-10-3	Río Pas \ Río Carrimont	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-1	Arroyo Revilla	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-2	Río Miera \ Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-3	Río Miera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-4	Río Miera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-12-1	Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-12-2	Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-13-1	Río Pontones	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-14-1	Bahía de Santander \ Ría del Carmen	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-14-3	Ría del Carmen o de Boó	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-15-1	Río Besaya \ Río Bisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-16-1	Río Besaya \ Río Casares \ Río de Los Praos	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-17-1	Río Cieza	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-18-1	Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CICLO	ORIGEN
ES018-CAN-18-2	Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-19-1	Río Saja \ Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-19-2	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-20-1	Río Saja - Renedo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-21-1	Río Saja - Ruento	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-22-1	Río Saja - Cabezón de la Sal	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-23-1	Arroyo de La Sierra	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-24-1	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-25-1	Río Saja	1.º Ciclo*	Fluvial
ES018-CAN-26-1	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-27-1	Río del Escudo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-28-1	Río del Escudo \ Arroyo de Bustriguado	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-29-1	Río Nansa \ Río Quivierda	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-30-1	Río Nansa \ Río Quivierda \ Barranco Río seco	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-31-1	Río Lamasón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-32-1	Río Nansa	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-33-1	Río Quiviesia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-34-1	Río Deva - Areños	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-35-1	Río Deva - Potes	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-36-1	Río Deva - Barcena	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-37-1	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-38-1	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-39-1	Río Agüera o Mayor	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-40-1	Río Asón \ Río Clarín \ A, Regatón \ A Jurisdic.	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-41-1	Río Asón \ Río Clarín \ Canal de Boo	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-42-1	Ría de Cabo Quejo	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-43-1	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-44-1	Arroyo Gandaria	1.º Ciclo	Marina
ES018-LEO-1-1	Río Cares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-1-1	Río Eo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-2-1	Rego de Machín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-3-1	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-4-1	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial

(\*) ARPSIs identificadas en la EPRI 1.º ciclo, con ampliación sustancial en la EPRI 2.º ciclo

**Tabla 4.- Relación de ARPSIs en la DHC Occidental**

Toda la información de la EPRI, tanto del primer ciclo, como del segundo ciclo, se puede consultar en la página web de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico:

<https://www.chcantabrico.es/gestion-cuencas/inundabilidad/evaluacion-gestion-riesgos-inundacion/>

## 1.5 Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 3.º ciclo

Uno de los objetivos básicos de la Directiva Europea 2007/60/CE es establecer una acción coordinada y concertada a nivel comunitario de la gestión de los riesgos de inundación, lo que supone un valor añadido considerable y mejora el grado general de protección contra las inundaciones.

En este contexto, la Directiva establece unos mecanismos de entrega de documentación por parte de los Estados miembros a la Comisión Europea. De esta forma, y de acuerdo con lo indicado en su artículo 15, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación deberá remitirse a la Comisión en un plazo de tres meses a partir de las fechas establecidas para su finalización. En el caso del 2.º ciclo, esta fecha era diciembre de 2018.

La Comisión Europea, tras analizar la información aportada por los Estados miembros, ha emitido un informe general de todo el proceso en el conjunto de la Unión Europea y unos informes individualizados por país, en los que se ponen de manifiesto los aspectos más destacables de los documentos entregados y se emiten una serie de recomendaciones de cara a la cumplimentación del 3.º ciclo de la Directiva.

El informe general de la Comisión Europea relativo a las evaluaciones preliminares del riesgo de inundación vio la luz en diciembre de 2021. Dicho informe, así como los informes específicos de cada Estado miembro, se pueden consultar a través del siguiente enlace:

[http://ec.europa.eu/environment/water/flood\\_risk/overview.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/overview.htm)

En el caso de España, las principales conclusiones de la Comisión Europea respecto de las EPRI de nuestras Demarcaciones Hidrográficas son las siguientes:

1. Desde el punto de vista metodológico, las autoridades estatales garantizan la aplicación de la Directiva de Inundaciones, estableciendo una serie de directrices, seguidas rigurosamente por los organismos de cuenca. Toda la información necesaria ha sido reportada a la Comisión.
2. Se ha realizado una EPRI para cada demarcación hidrográfica, elaborándose mapas a una escala adecuada, incluidos los límites de las cuencas fluviales y las zonas costeras, cuando procede. Estos mapas muestran la topografía y, no en todos los casos, el uso del suelo. Podrían incluirse las potenciales extensiones de inundación y de acumulación de flujo, así como evaluar claramente los impactos adversos que se han supuesto.
3. Todos los tipos de inundación requeridos por el artículo 2.1. de la Directiva han sido incluidos en la evaluación.
4. Todos los aspectos requeridos en el artículo 4 de la Directiva han sido considerados en las EPRI. Desde el punto de vista metodológico, se ha desarrollado e implementado una sistemática para identificar las inundaciones pasadas que tuvieron impactos adversos significativos y para detectar las inundaciones importantes pasadas que, de repetirse, podrían tener efectos adversos importantes, así como potenciales inundaciones futuras. Sin embargo, sería conveniente ahondar en la homogeneización de criterios para su selección y recogerlos en los documentos de referencia correspondientes.

5. Para la consideración de la potencial influencia del cambio climático sobre el riesgo de inundación, se ha llevado a cabo un importante estudio a nivel nacional con el apoyo de distintos sectores (administraciones hidráulicas, grupos científicos, etc.).

6. La coordinación internacional con Portugal se rige por el Convenio de Albufeira y con Francia por el Acuerdo de Toulouse (habiéndose remitido las correspondientes EPRI a ambos países).

En el informe se ha llevado a cabo un análisis pormenorizado, centrado en una serie de puntos, que se expone resumidamente a continuación:

### **1. Información relativa al contexto del Estado miembro**

Las autoridades españolas estatales aseguran la aplicación de la Directiva de Inundaciones mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, y han establecido documentos de orientación, como la “Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Evaluación Preliminar del Riesgo”, que han sido fielmente seguidos en líneas generales.

El informe refiere que el número de demarcaciones hidrográficas en España no ha variado desde el primer ciclo, siendo 25 las cuencas en que se organiza la red hidrográfica española, sobre las que se han identificado 1.451 ARPSIs. De las 25 demarcaciones hidrográficas, 8 son internacionales (4 compartidas con Portugal, 2 con Francia, 1 con Andorra y 2 con Marruecos), y otras 8 se corresponden con islas o agrupaciones de islas. Tampoco variaron las Autoridades Competentes durante el segundo ciclo.

Para el ámbito territorial de cada una de estas demarcaciones se ha llevado a cabo la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, y sus mapas se han realizado a una escala adecuada.

### **2. Tipos de inundación considerados**

Para la identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), las demarcaciones hidrográficas españolas han contemplado las inundaciones de tipo fluvial, pluvial y las de origen marino (ya sea por acción del oleaje o por aumento del nivel del mar), no incluyendo intencionadamente la consideración de las inundaciones que pudieran tener lugar como consecuencia de la falta de drenaje de los sistemas de alcantarillado, como permite el artículo 2.1. de la Directiva de Inundaciones. El resto de tipos previstos por el mencionado artículo de la normativa han sido contemplados en la definición de las áreas con riesgo, y se han analizado tanto las avenidas históricas como las que potencialmente pudieran tener lugar debido a las características de la zona.

Sin embargo, en relación con la exclusión de las inundaciones derivadas de la falta de capacidad de los sistemas de alcantarillado, la Comisión recuerda que sí podría ser relevante tenerlas en cuenta por su posible sinergia con las avenidas relámpago o súbitas y las de origen pluvial.

### **3. Aspectos analizados en la aplicación del artículo 4.2 (a), (b), (c) y (d)**

Todos los requerimientos mencionados en el artículo 4 han sido tenidos en cuenta a la hora de realizar la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) de cada demarcación

hidrográfica. Sin embargo, la inclusión de dichos aspectos no se ha considerado de forma homogénea en todas las demarcaciones.

El artículo 4 de la Directiva, relativo a la elaboración de la EPRI, menciona la obligatoriedad de efectuar este análisis para cada demarcación hidrográfica, unidad de gestión o cada parte de una demarcación hidrográfica internacional situada en su territorio, y recopila una serie de aspectos que deben ser incluidos en este análisis, como por ejemplo, la elaboración de mapas y la descripción de las inundaciones pasadas que hayan tenido impactos negativos significativos para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, así como aquellas que puedan producirse.

En lo referente a los “Mapas de la demarcación hidrográfica, a la escala adecuada, que presenten los límites de las cuencas y subcuencas hidrográficas y, cuando existan, las zonas costeras, y que muestren la topografía y los usos del suelo”, en la presente EPRI se ha mejorado el contenido de la cartografía para garantizar que se facilita toda esta información.

En cuanto a las referencias a los enfoques utilizados para evaluar este impacto o consecuencias sobre la salud humana, medio ambiente, patrimonio cultural y/o actividad económica, la Comisión señala que pueden haber sido reportadas a nivel demarcación o nacional y no de forma específica para los eventos de inundación.

- Criterios para el análisis de los episodios históricos

De estos eventos pasados considerados como significativos, la Directiva recoge la conveniencia de caracterizarlos apropiadamente. Sin embargo, se ha detectado una distribución desigual de los eventos seleccionados en las diferentes demarcaciones, así como en la descripción de los tipos de inundación, mecanismos y características, no siempre achacables a la diferente realidad de cada demarcación, sino a una falta de homogeneidad en la valoración, elección de criterios para su selección, caracterización y definición de los impactos adversos significativos, así como faltas de correspondencia entre los datos reportados y los documentos de referencia redactados.

Aunque España sí cuenta con una metodología común, cada demarcación hidrográfica la ha adaptado a su ámbito territorial, echándose en falta los detalles específicos de cada demarcación en los documentos reportados, ya que únicamente se ha incluido un resumen de la metodología general. Esto es especialmente relevante a la hora de definir el denominado como “criterio experto”, debido a la heterogeneidad que este término comprende.

Por lo tanto, se recomienda homogeneizar los criterios para identificación y selección de eventos significativos, incluyendo, entre otros, la extensión (área o longitud) y los daños derivados sobre la salud humana, medio ambiente, patrimonio cultural y actividad económica.

En el caso particular de la DHC Occidental, el informe destaca que la EPRI no detalla el tipo de impacto adverso ocasionado por los episodios de inundación: económicos, patrimonio, medio ambiente y salud humana. Este punto se ha solventado mediante un análisis de los impactos ocasionados por las inundaciones pasadas en base a la información de siniestralidad aportada por el Consorcio de Compensación de Seguros.

- Criterios para la identificación de las inundaciones futuras y valoración de los daños potenciales

En relación con los eventos futuros, la Directiva indica que los Estados miembros deberían proporcionar una descripción de las inundaciones pasadas significativas que no hayan supuesto impactos adversos significativos conocidos, pero cuya probabilidad de repetición en el futuro siga siendo relevante y sus consecuencias adversas sí podrían ser importantes, así como de las posibles inundaciones futuras con consecuencias adversas (sobre población, actividad económica, patrimonio cultural y medio ambiente), independientemente de la importancia, y teniendo en cuenta cuestiones como la topografía, los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas, infraestructuras de defensa, etc.

En este sentido, la Comisión ha detectado en su análisis que cada demarcación hidrográfica española ha utilizado los criterios que ha considerado más adecuados en su territorio para identificar las inundaciones pasadas sin impactos adversos significativos conocidos (como, por ejemplo, la zona inundable, los habitantes o edificios afectados, la existencia de zonas comerciales en el área, el potencial nivel de daños, los importes de las indemnizaciones, el periodo de retorno, etc.), existiendo una metodología común para todas ellas. Sin embargo, ninguno de los documentos de referencia ni los datos del reporting justifican la elección de uno u otro criterio. Esto también ocurre en la identificación de posibles inundaciones futuras con consecuencias adversas.

Por lo tanto, al igual que en el caso de eventos pasados, se recomienda establecer referencias claras a la metodología española, así como justificar adecuadamente los criterios seguidos a la hora de identificar los eventos futuros en los documentos de referencia de la EPRI y proceder a su caracterización lo más completa posible.

#### **4. Proceso de selección de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)**

Como parte de la metodología para designar las ARPSIs, las zonas con riesgo potencial significativo de inundación, los Estados miembros deben especificar en su reporting los criterios seguidos para la determinación del riesgo de inundación significativo presente o futuro, los criterios para incluir o excluir áreas y cuáles son las consecuencias esperables para la salud humana, medio ambiente, patrimonio cultural y actividad económica. En este sentido, la Comisión ha observado que cada demarcación hidrográfica ha utilizado distintos criterios para la selección, adoptando enfoques variados. Mientras que algunas demarcaciones hidrográficas aplican una larga lista de criterios, otras consideran un número muy reducido, y también se aplican sistemas de ponderación de forma muy heterogénea.

En relación con las consecuencias previsibles sobre la salud humana, medio ambiente, actividad económica y patrimonio cultural que las avenidas pueden tener sobre las áreas designadas como ARPSIs, la Comisión ha observado que el conjunto de consecuencias adversas difiere significativamente entre las distintas demarcaciones, lo que consideran que puede depender más de la autoridad competente que de las inundaciones o impactos.

También recomienda recoger en la metodología para la definición de ARPSI si la identificación se ha llevado a cabo en base a inundaciones pasadas o supuestas y si estas eran o no consideradas como significativas.

En el caso particular de la DHC Occidental, el informe destaca que, si bien la afección a edificios es utilizada como un criterio para la determinación del riesgo significativo, este criterio no figura entre los efectos adversos de las inundaciones. En este sentido, conviene aclarar que en todas las ARPSIs de la demarcación las inundaciones (tanto pasadas como futuras) tienen un impacto significativo en la población. Se ha recalcado esta circunstancia en el inventario de inundaciones históricas y en las fichas de las ARPSIs.

## **5. Evolución a largo plazo**

El artículo 14 de la Directiva de inundaciones exige realizar revisiones y actualizaciones de cada uno de los tres pasos para la gestión del riesgo de inundación y específicamente solicita que se tenga en cuenta la influencia del cambio climático en la ocurrencia de las inundaciones.

Durante el segundo ciclo, España ha realizado distintos estudios sobre cambio climático. Concretamente, en 2017 se preparó una metodología piloto, la cual fue ampliada y mejorada en 2018 para su consideración íntegra en las EPRI de segundo ciclo.

## 2 Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI

De acuerdo con el ámbito de aplicación de las disposiciones establecidas en el RD 903/2010 como se ha comentado en el punto 1.1 de este documento, si bien los orígenes o fuentes de las inundaciones son variados, en el marco de la revisión y actualización de esta EPRI se han agrupado en las siguientes categorías:

- **Inundaciones fluviales:** derivadas del desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes continuas o intermitentes, considerando la gestión de las infraestructuras hidráulicas existentes en la cuenca. Estas inundaciones producen daños importantes, no solo por el calado y velocidad del agua, sino también por el transporte de sedimentos y otros materiales arrastrados por la corriente. No se incluye en esta categoría las posibles inundaciones derivadas de la rotura o mal funcionamiento de las mismas que se rigen por lo establecido en el Título VII del RDPH.
- **Inundaciones pluviales:** son aquellas que se producen debido a altas intensidades de precipitación, las cuales pueden provocar daños “in situ” y pueden evolucionar y derivar, a su vez, en inundaciones significativas cuando la escorrentía se concentra en corrientes de pequeña magnitud, produciendo desbordamientos. Como se ha comentado con anterioridad, de acuerdo al ámbito de aplicación del RD 903/2010, no se incluyen en esta categoría ni las inundaciones derivadas de problemas exclusivamente de falta de capacidad de las redes de alcantarillado urbano ni aquellas que no se deriven del desbordamiento de una corriente continua o discontinua.
- **Inundaciones debidas al mar:** derivadas del incremento de la cota del mar en la costa y la consiguiente propagación aguas adentro en temporales marítimos. En este caso, igualmente, no se considera de aplicación en el marco de esta Directiva, por la baja probabilidad existente, las inundaciones producidas por un eventual tsunami o maremoto.

Como se ha expuesto anteriormente, en numerosas ocasiones, estos orígenes se solapan, Es decir, pueden producirse inundaciones pluviales conjuntamente con inundaciones fluviales, por ejemplo, en cauces intermitentes, de cuencas pequeñas o en episodios de alta torrencialidad. Lo mismo sucede en los episodios en cauces y corrientes cercanos al mar, en los que los efectos de las inundaciones dependen de la interacción entre el agua procedente de la lluvia, de los cauces y de los niveles del agua del mar que a su vez pueden condicionar la capacidad de desagüe de los cauces.

Es por ello que, aunque en este punto se traten los orígenes considerando estas categorías, en la práctica, salvo en las inundaciones exclusivamente marinas, el resto de orígenes pueden actuar conjuntamente y existen ARPSI con varios posibles orígenes de las inundaciones.

## 2.1 Inundaciones de origen fluvial

### 2.1.1 Metodología empleada

La mayor parte de las ARPSIs de la DHC Occidental están motivadas por inundaciones de tipo fluvial, así que la metodología para su definición y delimitación es la más relevante. A continuación, se describe la metodología utilizada para la definición de las ARPSIs fluviales del 1.º ciclo y para la revisión y actualización del 2.º ciclo. Finalmente, se describe la metodología desarrollada para la revisión y actualización correspondiente al 3.º ciclo.

La metodología empleada en la EPRI de la DHC Occidental se basó en el seguimiento del esquema general contenido en la “*Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Evaluación Preliminar del Riesgo*”, elaborada por el Ministerio.

El desarrollo metodológico de la EPRI del primer ciclo en la DHC Occidental es el más completo, dada la ausencia de información homogénea para toda la demarcación en ese momento. De forma resumida se relacionan las fases desempeñadas:

- Fase 1: Recopilación y análisis de la información disponible
- Fase 2: Identificación de zonas de peligrosidad con los datos históricos y estudios previos
- Fase 3: Estimación de daños y valoración de impactos
- Fase 4: Identificación de zonas con riesgo potencial de inundación
- Fase 5: Análisis posibles modificaciones del riesgo debido a la implantación de obras de defensa o cambios de uso del suelo recientes o futuros.
- Fase 6: Definiciones de umbrales y selección de las áreas con riesgo potencial significativo.

La revisión y actualización de la EPRI del segundo ciclo se elaboró contando con la metodología de la EPRI del primer ciclo y la información proporcionada por los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de ese ciclo, así como otra información actualizada. A continuación, se sintetiza la metodología utilizada en la elaboración de la revisión y actualización de la EPRI del segundo ciclo.

- Validación de las ARPSIs definidas en el primer ciclo, tomando en consideración los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación del primer ciclo).
- Revisión de información histórica de eventos de inundación: Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), base de datos del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), Datos SAI de la CH Cantábrico, Obras de emergencia y actuaciones de defensa, consulta Hemeroteca y otros).
- Recopilación de estudios previos (hidrológico-hidráulicos, geomorfológicos, etc.)
- Identificación de zonas con cambios en la inundabilidad.
- Tramos de interés de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Protección Civil, otros organismos y por medio de otras fuentes.
- Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.

Además de lo indicado con anterioridad se estimó la peligrosidad por medio de las fuentes de información relacionadas con anterioridad, que cruzada con la vulnerabilidad y la exposición configuro el riesgo concreto en las áreas de análisis:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGROSIDAD} \times \text{VULNERABILIDAD} \times \text{EXPOSICIÓN}$$

Con objeto de determinar el umbral de riesgo significativo se analiza el comportamiento de los valores de riesgo potencial con respecto al área y se han contrastado los resultados de aplicar diferentes umbrales con trabajos realizados anteriormente sobre la base de los Planes de Emergencia ante Inundaciones

A partir de esto se selecciona el **umbral de riesgo significativo** comparando el valor del **riesgo** en las zonas de estudio con el **área**, y se contrasta con los valores de riesgo obtenidos con los niveles establecidos en la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones*, que desarrolla la Ley 2/1985 de Protección Civil en los aspectos relativos al estudio y mitigación de estos fenómenos.

La comparación realizada mostró que a partir de un nivel que se ha denominado de riesgo potencial medio (Riesgo > 24) se incluyen todas las zonas recogidas en los citados Planes de Emergencia. Con este umbral se observa que los valores más elevados de riesgo se encuentran concentrados en un área muy pequeña.

Las metodologías empleadas se explican de manera más ampliada en los documentos de las EPRI de la DHC Occidental:

- Apartado “5. Metodología general” y resto de apartados del documento de la *Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 1.º ciclo)*.
- Apartado “3.1 Inundaciones de origen fluvial” del documento de la *Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 2.º ciclo)*.

Después de dos ciclos de planificación, las ARPSIs definidas en la DHC Occidental se han consolidado como una buena representación de las principales zonas en las que las inundaciones tienen un impacto significativo. La revisión de la EPRI de segundo ciclo supuso la modificación sustancial de dos ARPSIs y la inclusión de dos nuevas ARPSIs de acuerdo a la metodología desarrollada.

De cara a la revisión y actualización de la EPRI de tercer ciclo, se propone una metodología de trabajo similar a la desarrollada en los dos ciclos anteriores centrada en comprobar la validez de las ARPSIs vigentes y en confirmar la existencia o inexistencia de nuevas zonas con riesgo significativo.

### 2.1.2 Revisión de las ARPSI del 2.º ciclo

La revisión de las ARPSIs del 2.º ciclo se ha apoyado de forma singular en la siguiente información:

Recopilación de inundaciones históricas: Esta recopilación se realiza con motivo de la actualización de la EPRI de 3.º ciclo, la cual puede verse en el apartado 3.1. *Resumen de las inundaciones 2018-2024*. En ella se aprecia que si bien las inundaciones han afectado a algunos tramos fluviales no incluidos dentro de ámbito ARPSI, se confirma que una parte

muy importante de esos eventos de inundación coincide con zonas delimitadas como ARPSI, y son esas donde se concentran la mayor parte de los daños, cuyos impactos de las inundaciones quedan recogidos en el apartado 3.2 *Impacto de las inundaciones pasadas*. El análisis de impactos recogido en el apartado 3.2 da cumplimiento a una de las recomendaciones de la Comisión Europea a la revisión y actualización de la EPRI 2.º ciclo (ver apartado 1.5).

Incidencia del cambio climático: Otra información de relevancia es la concerniente a la revisión de los trabajos realizados desde la EPRI de segundo ciclo en materia de cambio climático, analizándose si la mejora del conocimiento justifica alguna modificación de las ARPSIs vigentes. En el apartado 4. *Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación*, se analiza la posible incidencia del cambio climático en las inundaciones y se plantea la conveniencia con relación a la definición de ARPSIs.

Cambios locales: Otra herramienta adicional contemplada para ver si es necesario hacer cambios en las ARPSIs, es evaluar si se han desarrollado actuaciones u obras de defensa, así como si se han producido cambios locales en el entorno de las ARPSIs que modifiquen la peligrosidad por reducción de la vulnerabilidad y la exposición. En este sentido, en el ámbito de la DHC Occidental no se han constatado durante el segundo ciclo ningún cambio relevante que haga que tras la ejecución de ese tipo de actuaciones o debidos a cambios locales, se reduzca el riesgo en las ARPSIs de forma sustancial, y que, implique una revisión de las mismas.

Protección Civil: Se han mantenido contactos con las autoridades de Protección Civil, no manifestando las mismas ninguna consideración que haga modificar las ARPSIs del 2.º ciclo.

## 2.2 Inundaciones de origen pluvial

En la EPRI del 2.º ciclo, se realizó un análisis específico del fenómeno de inundación pluvial con el fin de determinar si estaba justificada la incorporación de nuevas ARPSI de esta tipología o si era conveniente modificar las ya existentes. Este análisis constó de un estudio histórico, otro topográfico y una caracterización hidrometeorológica de la cuenca. La conjunción de estos tres análisis resultó en la identificación de las zonas con más riesgo de inundación pluvial. Esta metodología se encuentra explicada con mayor detalle en el apartado "3.2 *Inundaciones de origen pluvial*" del documento de Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 2.º ciclo) de la DHC Occidental.

En la revisión y actualización de la EPRI del 2.º ciclo se concluyó que, tomando en consideración el estudio de los eventos históricos, los aspectos topográficos e hidrometeorológicos y el conocimiento que se tiene del área de estudio, se concluyó que no había evidencias claras para la designación de ARPSIs de tipología pluvial.

A la vista de los resultados del ciclo anterior, para la revisión de las ARPSIs del 3.º ciclo se plantea una metodología basada, fundamentalmente, en la revisión de los episodios de inundación documentados y en el análisis de su correspondencia con las ARPSIs ya definida, como puedes verse en el apartado 3. *Resumen de las inundaciones ocurridas en el periodo 2018-2024 y análisis de impactos*.

## 2.3 Inundaciones debidas al mar

En cuanto a la parte asociada a las inundaciones debidas al mar o marinas, en la EPRI del 1.º ciclo, se seleccionaron un total de 26 ARPSIs, si bien, como consecuencia de la 2ª fase de la Directiva de Inundaciones, correspondiente a la elaboración de los mapas de peligrosidad y de riesgo de Inundación en la DHC Occidental, fue necesario ampliar el estudio de ciertas ARPSIs (17) consideradas inicialmente marinas, incluyendo en su estudio la combinación de las inundaciones causadas por la acción de las avenidas fluviales y la influencia del mar, en las denominadas zonas de transición.

Asimismo, fruto de la revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo, una de las 26 ARPSIs definidas en la EPRI del 1.º ciclo, el ARPSI correspondiente a la Bahía de Santander (ES018-CAN-14-2), fue englobada dentro del ARPSI de la Bahía de Santander \ Ría del Carmen o de Boó (ES018-CAN-14-1), y la ARPSI ES018-CAN-14-3 que era inicialmente fluvial paso a ser fluvial-marina con lo que el número de ARPSIs en la DHC Occidental sigue siendo 26.

De este modo, de las 25 ARPSIs identificadas como marinas en la EPRI 1.º ciclo, más la incorporada con posterioridad (26), finalmente se identifican como exclusivamente marinas 9 ARPSIs, siendo las otras 17 ARPSIs zonas donde las inundaciones tienen un carácter mixto del tipo fluvial-marino (zonas de transición), y cuyos análisis son realizados consecuentemente considerando la componente mixta fluvial-marina. Ver tabla a continuación:

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	MUNICIPIO/S
ES018-AST-2-1	Río Navia	Navia
ES018-AST-3-2	Río Negro	Valdés
ES018-AST-13-1	Río Nalón - Tramo Bajo	Pravia \ Soto del Barco
ES018-AST-37-1	Ría de Avilés	Avilés
ES018-AST-43-1	Río de Villaviciosa	Villaviciosa
ES018-AST-50-1	Río Sella	Ribadesella
ES018-AST-57-1	Río Piles \ Arroyo de La Pedrera	Gijón
ES018-AST-58-1*	Arroyo Cañeo	Gozón
ES018-AST-59-1*	Río Raíces	Castrillón
ES018-AST-60-1*	Río Espasa	Colunga
ES018-CAN-1-2	Arroyo Sámano	Castro-Urdiales
ES018-CAN-2-2	Río Agüera	Guriezo
ES018-CAN-5-2	Río Asón \ Arroyo Vallino	Ampuero
ES018-CAN-10-1	Río Pas	Miengo \ Piélagos
ES018-CAN-14-1*	Bahía de Santander \ Ría del Carmen o de Boó	Santander \ Camargo \ Astillero \ Astillero \ Marina de Cudeyo \ Ribamontán al Mar
ES018-CAN-14-3	Ría del Carmen o de Boó	Camargo
ES018-CAN-19-2	Río Saja	Torrelavega \ Suances \ Polanco
ES018-CAN-32-1	Río Nansa	Val de San Vicente
ES018-CAN-38-1	Río Deva	Val de San Vicente \ Ribadedeva

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	MUNICIPIO/S
ES018-CAN-39-1	Río Agüera O Mayor	Liendo \ Castro Urdiales
ES018-CAN-40-1*	Río Asón \ Río Clarín \ A.Regatón \ A Jurisdic.	Laredo \ Colindres
ES018-CAN-41-1*	Río Asón \ Río Clarín \ Canal De Boó	Santoña \ Argoños \ Escalante
ES018-CAN-42-1*	Ría de Cabo Quejo	Noja \ Arnuero
ES018-CAN-43-1	Río Saja	Suances
ES018-CAN-44-1*	Arroyo Gandaria	Comillas
ES018-CAN-45-1*	Río del Escudo \ Arroyo Merón	San Vicente de la Barquera

(\*) ARPSIs exclusivamente marinas.

El ARPSI ES018-CAN-45-1: Durante la ejecución de los mapas de peligrosidad y riesgo (1.º ciclo) se comprobó que en dicho ARPSI no se producía inundación en ningún elemento de riesgo, por lo que se propuso su eliminación en la revisión de la EPRI para el 2.º ciclo.

**Tabla 5. ARPSIs marinas y fluvial/marinas en la DHC Occidental**

Finalmente, la selección de las **8 ARPSIs consideradas exclusivamente marinas** en el ámbito de la DHC Occidental para el segundo ciclo, y que siguen siendo las mismas en la **EPRI 3.º ciclo**, son las siguientes:

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	MUNICIPIO/S
ES018-AST-58-1	Arroyo Cañeo	Gozón
ES018-AST-59-1	Río Raíces	Castrillón
ES018-AST-60-1	Río Espasa	Colunga
ES018-CAN-14-1	Bahía de Santander \ Ría del Carmen o de Boó	Santander \ Camargo \ Astillero \ Astillero \ Marina de Cudeyo \ Ribamontán al Mar
ES018-CAN-40-1	Río Asón \ Río Clarín \ A.Regatón \ A Jurisdic.	Laredo \ Colindres
ES018-CAN-41-1	Río Asón \ Río Clarín \ Canal De Boó	Santoña \ Argoños \ Escalante
ES018-CAN-42-1	Ría de Cabo Quejo	Noja \ Arnuero
ES018-CAN-44-1	Arroyo Gandaria	Comillas

**Tabla 6. ARPSIs marinas en la DHC Occidental**

### 3 Resumen de las inundaciones ocurridas en el periodo 2018-2024 y análisis de impactos

De acuerdo con el Real Decreto 903/2010, la EPRI debe incluir una descripción de las inundaciones ocurridas en el pasado que hayan tenido impactos negativos significativos para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, la actividad económica y las infraestructuras asociadas a las inundaciones que tengan una probabilidad significativa de volver a producirse, con una indicación de su extensión y de las vías de evacuación de dichas inundaciones, y una evaluación de las repercusiones negativas que hayan provocado. Las EPRI de primer y segundo ciclo de la DHC Occidental resolvían este requerimiento mediante un resumen en la memoria de la EPRI y un anexo con un registro de inundaciones históricas. En la revisión de tercer ciclo de la EPRI se mantiene este planteamiento: en el apartado 1 del presente capítulo se resumen las inundaciones ocurridas desde la aprobación de la EPRI de segundo ciclo (es decir, para el periodo 2018-2024) y se actualiza el registro de inundaciones históricas del Anexo 1. Por otro, y con el fin de dar respuesta a las recomendaciones recogidas en el informe de la Comisión Europea a la EPRI de segundo ciclo, se ha llevado a cabo un análisis de los impactos producidos por las inundaciones en el pasado, que se describe en el apartado 2.

#### 3.1 Resumen de las inundaciones 2018-2024

La recopilación de inundaciones históricas aporta información relevante sobre la problemática de las inundaciones, pues muestran aspectos concretos de los procesos que intervienen durante estos episodios y permiten caracterizar periodos de tiempo superiores a los habitualmente registrados por los pluviómetros y estaciones de aforo. Sin embargo, esta información debe ser tratada con cautela, dado que su precisión no es homogénea a lo largo del territorio, tiene una importante componente de subjetividad y pierden valor cuando se producen cambios morfológicos en las zonas inundables.

El análisis de las inundaciones históricas de la EPRI del 1.º ciclo se elaboró teniendo en cuenta, fundamentalmente, los siguientes documentos e información:

1. Se han considerado los datos del «Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas» (CNIH), desarrollado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior.
2. Estudios históricos de detalle llevados a cabo por el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio de la Universidad de Oviedo (INDUROT). Estos estudios de detalle son de 3 tipos:
  - Riesgos Naturales en Asturias (Principado de Asturias, 2001).
  - Cartografía de la inundación de junio de 2010 en Asturias y Cantabria (INDUROT y TRAGSA).
  - Cartografía en formato papel de inundaciones históricas en llanuras aluviales de Asturias y en digital en Cantabria.

En la EPRI de segundo ciclo la actualización del registro de inundaciones se llevó a cabo del revisando lo siguiente:

1. Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH).
2. Consorcio de Compensación de Seguros (CCS). Período 2005-2017.
3. Información del Sistema Automático de Información (SAI) de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC). Años 2011 a 2018.
4. Hemeroteca y páginas web.
5. Información elaborada por la CHC, sobre obras de emergencia. Años 2012, 2013 y 2015.

Para el presente trabajo de revisión y actualización de la EPRI 3.º ciclo, se ha llevado a cabo una actualización del registro de inundaciones históricas ocurridas en el periodo 2018-2024, matizando que la actualización anterior realizada con motivo de la EPRI 2.º ciclo abarcó hasta el primer semestre de 2018, con lo que el periodo de actualización de inundaciones históricas realmente comprende desde el segundo semestre de 2018 hasta el primer semestre del 2024 incluido.

En consecuencia, el trabajo de revisión del registro de eventos de inundación del tercer ciclo se basa en el registro del segundo ciclo, con las siguientes actualizaciones:

1. Se emplea la información del Sistema Automático de Información (SAI) de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC), con la identificación de las estaciones de aforo en relación a la superación de los niveles de alerta de inundaciones de acuerdo a los umbrales establecidos por la CHC, para los años 2018 a 2024.
2. Se incorpora la información sobre eventos de inundaciones históricas contenida en los informes de seguimiento realizados del PGRI de la DHC Occidental desde el año 2018.
3. Se complementa con la información elaborada por la CHC, en particular la relativa a las Memorias de actividad Anual del Organismo de Cuenca desde el 2018.
4. Se analiza la información proporcionada por el CCS, consistente en datos concernientes al periodo de actualización 2018-2023, con fecha exactas para el análisis de eventos concretos de inundaciones. Asimismo, como complemento, también se analizan los datos anualizados y actualizados (2023) de indemnizaciones, tramitaciones, tasas de siniestralidad por inundación extraordinaria para el periodo 1996-2023 del CCS. Toda esta información se emplea para el apoyo en la orientación de la búsqueda e identificación de los eventos más significativos del periodo de actualización de la presente EPRI, aunque también, y de forma prioritaria, para el apartado 3.2. *Impacto de inundaciones pasadas*.
5. Se consulta el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), no incluyendo actualizaciones de eventos para este tercer ciclo.

- Se realiza una búsqueda en la hemeroteca y páginas web de las provincias cuyo ámbito territorial pertenece a la DHC Occidental, para complementar la información sobre eventos ocurridos entre los años 2018-2024.

Toda la información recopilada ha sido almacenada de forma homogénea y sistemática. Cada evento se ha clasificado en función de la fecha de ocurrencia, la entidad de población que ha sido afectada y el curso fluvial que ha causado la inundación.

Durante el **periodo 2018-2024** (periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 hasta el 30 de junio de 2024) se han registrado **65 eventos asociados a desbordamientos de ríos** de suficiente entidad para ser incluidos en esta revisión de inundaciones. De todos los eventos registrados, la gran mayoría están asociados a episodios de inundaciones destacados, y que se agrupan en **9 episodios**.

La siguiente figura muestra la distribución espacial de los episodios de inundación del periodo 2018-2024 en la DHC Occidental, agrupados por localidad.

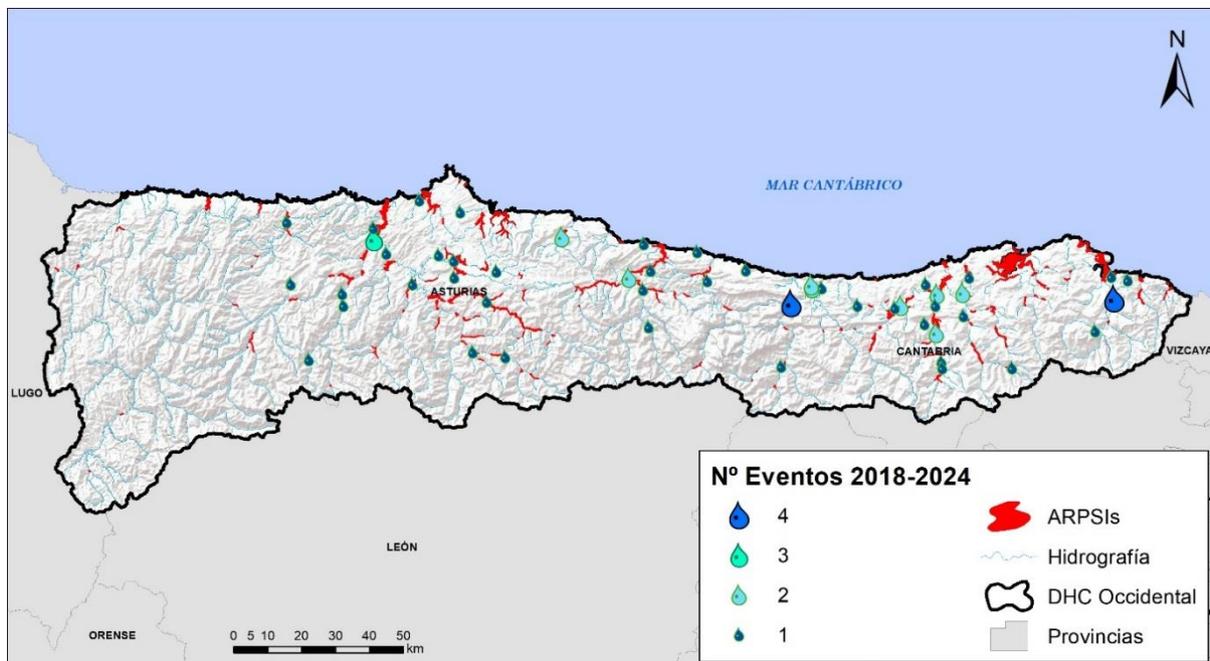


Figura 5. Eventos de inundación en el período 2018-2024 en la DHC occidental, agrupados por situación geográfica

El resumen de los mismos se encuentra en la siguiente tabla:

Episodio	Año	Mes	Días	Provincias
2018_03	2018	Marzo	Del 24 al 26	Asturias y Cantabria
2018_10	2018	Octubre	Del 26 al 27	Asturias
2019_01	2019	Enero	Del 22 al 24	Asturias y Cantabria
2019_10	2019	Octubre	Del 19 al 24	Asturias y Cantabria
2020_12	2020	Diciembre	Del 6 al 12	Asturias y Cantabria
2021_11.1	2021	Noviembre	Del 24 al 25	Asturias y Cantabria
2021_11.2	2021	Noviembre	Del 28 al 29	Cantabria
2021_12	2021	Diciembre	Del 9 al 11	Asturias y Cantabria
2023_01	2023	Enero	Del 16 al 21	Asturias, Cantabria, Lugo

Tabla 7. Resumen de eventos de inundación más significativos en la DHC Occidental, en el período 2018-2024

En el año 2022 y primer semestre de 2024 (periodo de análisis efectuado para este documento de la EPRI 3.º ciclo), no se han registrado inundaciones de importancia.

A continuación, se amplía con más detalle la información de estos 9 episodios recopilados en el periodo de revisión y actualización:

### Episodio 2018\_03

Entre los días 24 a 26 de marzo de 2018 la Borrasca “Hugo” provocó inundaciones asociadas en las provincias de Asturias y Cantabria, donde tres estaciones de control superaron los umbrales de nivel de alerta, ocho los de prealerta y doce los de seguimiento habiendo estado ACTIVADOS los equipos humanos un total de 69 días, de los cuales 25 fueron festivos.

En Asturias, entre otras, se dan afecciones en el río Abuli (Sistema Nalón) en Oviedo donde la inundación de la Residencia La Tenderina obligo la evacuación 110 ancianos de la misma. En Villaviciosa, el río Linares se desbordó anegando prados y viviendas.

En Cantabria, el paso de la borrasca dejó inundaciones y argayos en carreteras de diferentes zonas de la región, todas ellas de tipo menor y que no necesitaron la movilización de importantes recursos de emergencias (Liébana, Ruente...).

### Episodio 2018\_10

En este episodio de inundaciones el río Raíces se desbordó en varias fincas y obligó a una vigilancia de la Policía Local durante la pleamar de la tarde del 26 de octubre de 2018. En Villaviciosa la coincidencia de las lluvias y la pleamar tuvo consecuencias provocando la formación de grandes balsas de agua en la plaza del Ayuntamiento, en las proximidades de la antigua estación de Alsa y el campo de fútbol de Les Caleyas.

### **Episodio 2019\_01**

El episodio de inundaciones que tuvo lugar entre el 22 y el 24 de enero de 2021 provocó importantes afecciones tanto en el Principado de Asturias como en Cantabria.

En el Principado de Asturias se activó el Plan de Preemergencia por inundaciones en Asturias y la región permaneció en aviso amarillo por fuertes lluvias y fenómenos costeros. Las principales afecciones fueron:

- Los ríos Nalón, Narcea y Aranguín y sus afluentes llegaron, en algunos puntos, a máxima alerta, desbordándose en algunas zonas, como el Nalón en Candamo, o las ya frecuentes inundaciones de la ciudad deportiva de El Requexón por el desbordamiento del río Nora. Como aspecto de importancia, citar que el río Nalón se desbordó a la altura de la central térmica de Lada y dejó temporalmente inutilizable la instalación.
- La crecida del río Aller hizo que colapsara la plataforma de la vía del tren de FEVE ya cerca de la población de Cabañaquinta y el puente peatonal a la altura de Moreda colapsó.
- El concejo de Llanes activó el Plan de Emergencia Municipal ante la crecida del nivel de agua en varios ríos del municipio, muchos de los cuales se desbordaron en diferentes puntos provocando numerosas incidencias.
- Se produjo la evacuación preventiva del Hospital del Oriente en Arriondas por el río Sella.
- Un hombre falleció al ser arrastrado por el río Porciles en Tineo cuando lo cruzaba.

En la Comunidad Autónoma de Cantabria, la CHC activó la fase de prealerta por el aumento del nivel en el sistema del Pas-Miera, en el Asón, el Deva, el Saja y el Besaya debido al riesgo de desbordamientos. Los cauces más afectados fueron los del Pas, el Deva, el Saja, el Asón y el Besaya que llegaron a estar en alerta roja.

Un total de 61 ayuntamientos, la mayoría de los ubicados en las zonas de ribera de los ríos de la comunidad autónoma de Cantabria, resultaron afectados por las inundaciones, generando una situación “muy complicada”, sobre todo en las cuencas del Saja-Besaya y puntos como Molleda, Val de San Vicente o Reocín.

En total, se evacuaron 77 vecinos de cuatro localidades afectadas, 44 en Mazcuerras, 30 en Santa Olalla (Molledo), 2 en Las Fraguas (Los Corrales) y 1 en La Molina (Camaleño).

Las riadas produjeron numerosos argayos que bloquearon varias carreteras, como las de Los Corrales de Buelna, Coa y Las Caldas.

Las inundaciones se llevaron por delante la histórica presa de Somahoz y en Villanueva de la Peña, el río Saja se desbordó afectando a multitud de viviendas.

Total: 4 víctimas mortales.

### **Episodio 2019\_10**

Evento de menor intensidad que el anterior producido entre los días 19-24 de octubre de 2019, pero que obligó al Gobierno de Cantabria a activar el plan especial ante inundaciones en la región (INUNCANT). Durante el mismo, se produjeron las siguientes afecciones:

- Se produjo el corte de la vía de tren de Renfe entre Cabezón de la Sal y Virgen de la Peña, y el de la CA-811, entre Pesués (Val de San Vicente) y Puentenansa.
- El Besaya obligó a cortar la carretera de acceso a San Felices de Buelna por Sovilla, y los arroyos de Santa Olalla, en Molledo, anegaron la antigua N-611, que tuvo que ser cortada.

El Gobierno asturiano activó el PLANINPA el 23 de octubre en fase de preemergencia. Las principales afecciones fueron:

- En Llanes hubo inundaciones en Pancar, Soberrón, Vibaño, etc.
- En Debodes, el río Bedón se llevó un coche estacionado en la calle.
- El río Acebo deja incomunicada la localidad de Vega. También el Zardón cortó el acceso a Agüera, en las inmediaciones del Sella.

### **Episodio 2020\_12**

Entre los días 6 a 12 de diciembre de 2020 se produjo la entrada de dos borrascas atlánticas que provocaron inundaciones afectando tanto a Asturias como a Cantabria.

El Gobierno asturiano activó el día 11 de diciembre, el PLANINPA en fase de preemergencia.

En Belmonte de Miranda, el río Pigüeña, en el Puente de San Martín, estuvo en prealerta, con inundaciones en varios puntos de la localidad. También estuvieron en prealerta en los puntos de Quinzanas (Pravia), en Requejo (Salas), en Coria (Cangas del Narcea), en San Antolín (Ibias) y en Vallo (Navia de Suarna), en parte originado por las operaciones de desembalse controlado que se llevaron a cabo en las presas ubicadas en las respectivas cuencas.

En el Principado de Asturias en total este episodio dejó 179 incidencias en la red de carreteras del Principado.

En Cantabria, la Dirección General de Interior del Gobierno de Cantabria activó el día 9 la fase de preemergencia del INUNCANT. La desactivación se produjo el día 11 de diciembre sin que durante su periodo de activación se hubiese producido algún evento reseñable.

### **Episodio 2021\_11.1**

Entre los días 24 a 25 de noviembre de 2021 se produjeron inundaciones que afectaron en el ámbito de la DHC Occidental a los sistemas de explotación del Nalón, Villaviciosa, Sella, Llanes y Deva.

El PLANINPA estuvo activo (alcanzando situación 1 de fase de emergencia) durante 27 horas. Las intensas lluvias provocaron 77 incidencias relacionadas con inundaciones. Las principales afecciones fueron:

- El desalojo de 56 pacientes del Hospital de Arriendas.
- El corte de la N-634 en Triongo.

En Cantabria las inundaciones provocaron el corte de la N-621 en Unquera y en la zona de Panes fue cortada la carretera de Panes a Puertas de Vidiago.

### **Episodio 2021\_11.2**

Este episodio de inundaciones producido entre los días 28 a 29 de noviembre de 2021 afectó de forma preferente a la comunidad autónoma de Cantabria, provocando la activación del INUNCANT en su nivel 1. Las principales afecciones fueron:

- En Virgen de la Peña, el Saja se llevó uno de los pilares provisionales del nuevo puente.
- Se inundó el complejo deportivo Óscar Freire en Torrelavega.
- En Ampuero se inundó el polígono industrial del Marrón, así como el casco viejo y la parte baja de la plaza de toros.
- Hasta 82 evacuados, casi todos en el municipio de Piélagos.
- Un fallecido en Vioño de Piélagos, en Cantabria.
- El desbordamiento del Pas a su paso por la localidad de Vioño provocó importantes daños materiales el 29, con multitud de viviendas y locales comerciales inundadas.

### **Episodio 2021\_12**

Entre los días 9 a 11 de diciembre de 2021 se produjeron inundaciones en el ámbito de la DHC Occidental que afectaron en el a los sistemas del Narcea, Nalón, Sella, Deva, Asón, donde nueve estaciones de control superaron los umbrales de nivel de alerta, veinticuatro los de prealerta y veintiséis los de seguimiento.

Las principales afecciones fueron:

- El Sella socavó una parte de la calzada en la N-625 en Amieva.
- Se cortó el puente de acceso a Siejo desde Panes debido a las inundaciones.
- Desalojo de las instalaciones deportivas de Agones por inundaciones del Aranguín.
- El Deva se desborda en Molleda.
- También hubo problemas con el Asón en Ampuero y en Villaescusa o Vega de Pas, donde el río y sus afluentes se desbordaron en algunos puntos y provocando argayos y daños en los puentes.

El Consejo de Ministros declara el 17 de diciembre zonas afectadas gravemente por emergencias de protección civil, en este caso las riadas de los últimos días, las comunidades de Asturias y Cantabria.

### **Episodio 2023\_01**

El episodio de inundaciones producido entre el 16 y el 21 de enero de 2023 (Borrascas: "Fien" y "Gerard" supusieron que en el ámbito de la DHC Occidental cuatro estaciones de control superaron los umbrales de nivel de alerta, veinticinco los de prealerta y treinta y ocho los de seguimiento.

En Asturias las principales afecciones fueron:

- Un hombre ahogado en Carreño al intentar cruzar un tramo de carretera inundada.
- En Pravia algunas zonas de cultivos quedaron anegadas por el agua del Narcea.

En Cantabria las principales afecciones fueron:

- El Asón se desbordó en Ampuero inundando el Polígono del Marrón. y el centro de la ciudad.
- El Pas se desbordó a su paso por el barrio de Salcedo, en Vioño, el Muelle de Oruña y el barrio de La Isla, en Renedo.
- Se inundó el zoo de Santillana, siendo las inundaciones más graves hasta la fecha.
- Laredo se vio afectado en los barrios de San Lorenzo, El Pelegrín y La Pesquera.
- El desbordamiento del arroyo Hazas anegó parte de Liendo.

En el **Anexo 1** que acompaña a este documento, se describen todos los eventos de inundaciones recopilados en este periodo de actualización, con información asociada, agrupando los que corresponden con episodios de inundaciones importantes.

En síntesis, una parte muy sustancial de los episodios registrados se localizaron dentro de ARPSIs ya definidas. Asimismo, una gran parte de los daños registrados se produjeron dentro de las ARPSIs, al ser las zonas que mayor riesgo de inundación presentan.

### 3.2 Impacto de inundaciones pasadas

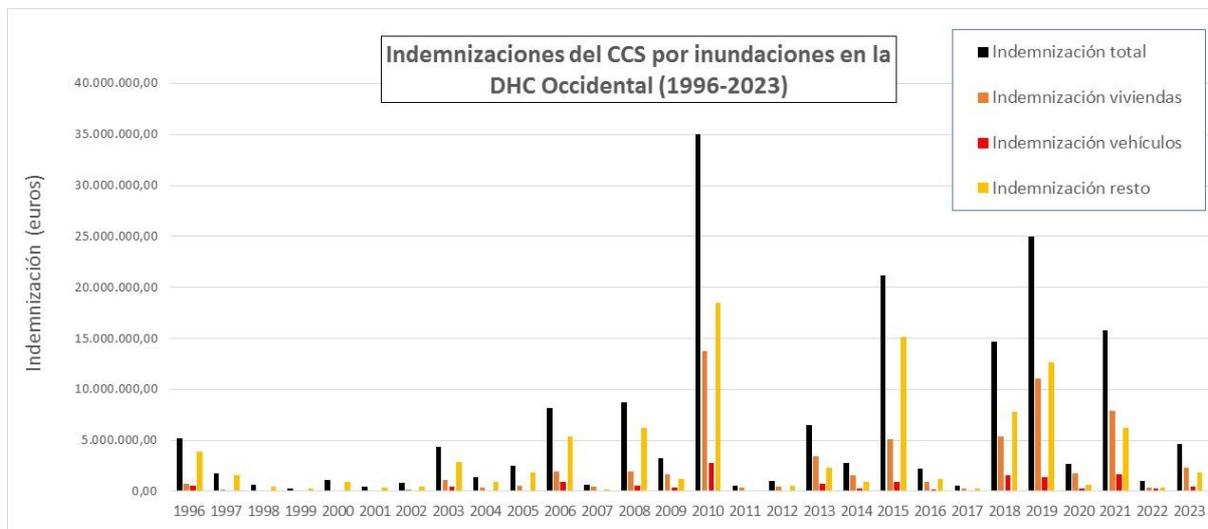
Tal y como se comenta en el apartado 1.5, entre las recomendaciones de la Comisión Europea a la revisión de la EPRI de tercer ciclo destaca mejorar el cumplimiento del artículo 4 2.b de la Directiva de Inundaciones, en relación con la descripción de los impactos negativos de las inundaciones ocurrido en el pasado que tengan una probabilidad significativa de volver a producirse. Con el fin de avanzar en el cumplimiento de este aspecto de la Directiva de Inundaciones, se ha analizado la información facilitada por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), un organismo público encargado de la indemnización de los daños ocasionados por riesgos extraordinarios, como es el caso de las inundaciones.

El CCS ha recopilado los datos de indemnizaciones, número de siniestros, estimación de capitales asegurados y tasas de siniestralidad por inundaciones ocurridas en el ámbito de la DHC Occidental entre 1996 y 2023. Dichos datos se han agregado por código postal (CP) para el periodo 1996-2023, teniendo en cuenta que puede haber municipios con varios CCPP, o un CP que se extienda por varios municipios.

La información del CCS permite evaluar el impacto de las inundaciones ocurridas en el ámbito de la demarcación durante los últimos 27 años. Conviene destacar que la cobertura del CCS se extiende únicamente a los bienes que cuentan con un seguro privado, de modo que este registro no documenta los daños producidos en bienes que no cuentan con un seguro. Aun así, la información aportada por el CCS es muy representativa de los daños reales ocasionados por las inundaciones.

El siguiente gráfico muestra las indemnizaciones abonadas (en euros actualizados a 2023) por el CCS por inundación en el ámbito de la demarcación para el periodo 1996-2023. Para cada año de la serie se muestra la indemnización total (negro) y las indemnizaciones relacionadas con viviendas, vehículos y otros bienes (naranja, rojo y amarillo,

respectivamente). En el gráfico destacan varios episodios de inundación con indemnizaciones muy superiores a la media.



**Figura 6.- Evolución temporal entre 1996 y 2023 de las indemnizaciones por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental**

La información suministrada por el CCS para el periodo 1996-2023 solo indica el año en el que se tramitan las reclamaciones de forma agrupada, por lo que no se tiene constancia de las fechas concretas en las que se produjeron las inundaciones que motivaron esas reclamaciones. En cualquier caso, existe una buena correspondencia entre la siniestralidad registrada (año, magnitud, localización) y episodios concretos de inundación registrados en la demarcación

El año con mayor indemnización acumulada en el periodo es el año 2010, con un total de 35 millones de euros. Esta elevada siniestralidad se corresponde con las inundaciones de junio de 2010. Con unas cuantías de indemnización menores a la registrada en 2010, destacan en la serie cuatro años con una elevada siniestralidad: 2015, 2018, 2019 y 2021. Estos cuatro años de elevada siniestralidad se correlacionan claramente con los episodios de inundación documentados en los Anexo 1 de la EPRI 2.º ciclo y de la presente EPRI 3.º ciclo. Los valores de siniestralidad del resto de años de la serie 1996-2023 se corresponden con eventos de inundación de menor alcance que aparecen también registrados en los trabajos correspondientes a la EPRI 1.º ciclo y posteriores actualizaciones.

Los daños recogidos por el CCS son de algún modo coherentes con los años de producción de eventos de inundación relevantes documentados previamente en las EPRI.

La distribución espacial de los datos de siniestralidad (indemnizaciones) aportados por el CCS es muy irregular en el ámbito de la DHC Occidental, aunque existe una alta concentración en zonas ARPSI. La figura siguiente muestra la distribución geográfica de las indemnizaciones totales para el periodo 1997-2023 en la demarcación.

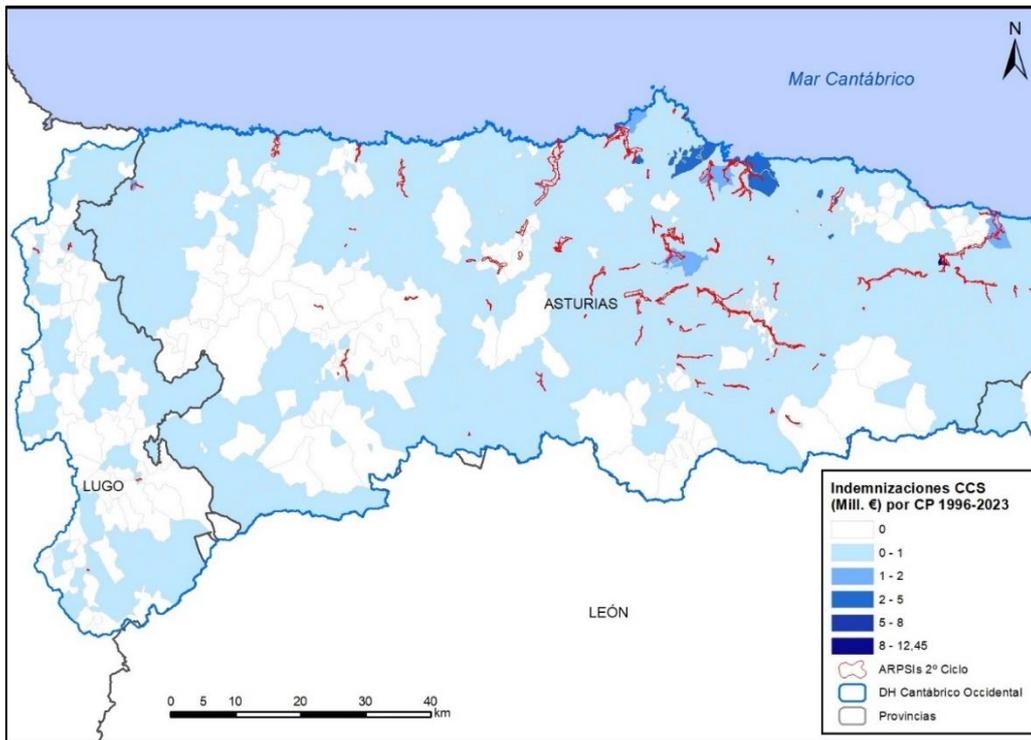


Figura 7.- Indemnización total acumulada en millones de € por inundación abonada por el CCS y código postal para el periodo 1996 y 2023 en la DHC Occidental (zona oeste)

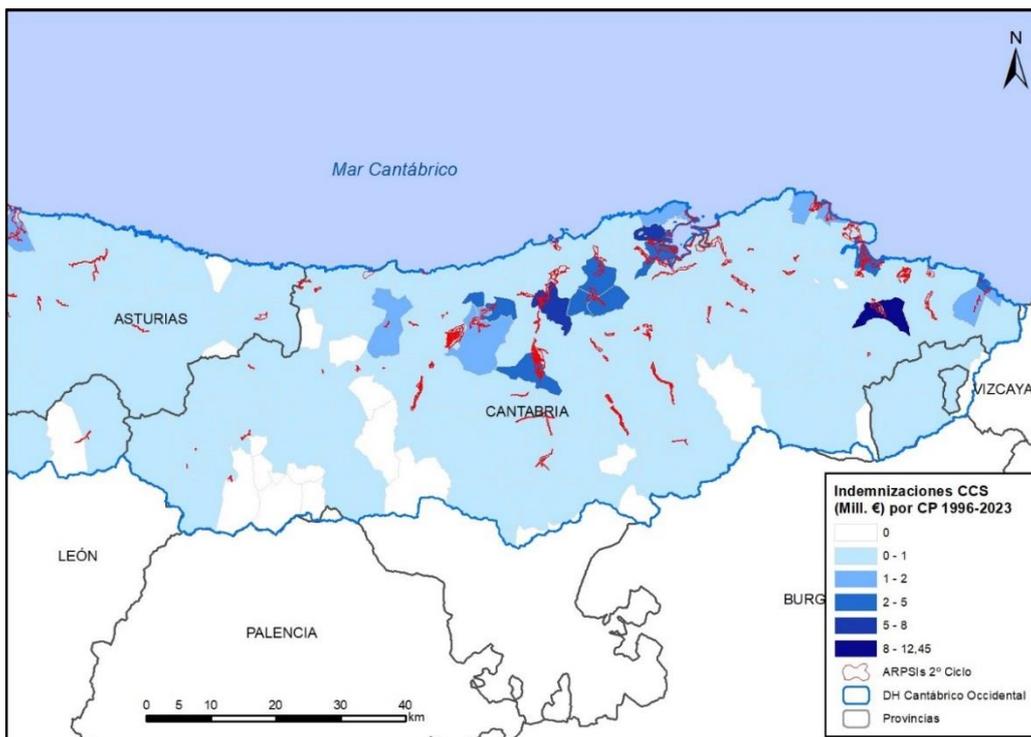


Figura 8.- Indemnización total acumulada en millones de € por inundación abonada por el CCS y código postal para el periodo 1996 y 2023 en la DHC Occidental (zona este)

La buena correspondencia entre la siniestralidad por inundación y las zonas ARPSIs demuestra que estas últimas identifican de forma adecuada las áreas en las que se concentran los daños ocasionados por las inundaciones del pasado.

Si se analiza la distribución espacial de los daños económicos reportados en el periodo 1996-2023 se da una clara concentración del impacto en las ARPSIs. Como dato de especial interés, decir que las indemnizaciones mayores de 0,5 millones de € afectan geográficamente a zonas con código postal coincidente con tramos ARPSI, suponiendo casi un 80%. El daño restante se ubica espacialmente de forma muy dispersa en el territorio de la demarcación.

La tabla mostrada a continuación muestra los códigos postales que presentan un mayor valor indemnizado acumulado (más de 3 millones de €) en el periodo 1996-2023 en la DHC Occidental.

CCPP	Municipio	Provincia	Indemnización total acumulada CCS (miles de euros)
39849	Ampuero	Cantabria	12.450
33540	Parres	Asturias	8.153
39011	Santander	Cantabria	6.069
39300	Torrelavega	Cantabria	5.278
39840	Ampuero	Cantabria	4.972
33492	Carreño	Asturias	4.458
33001	Oviedo	Asturias	3.749
39700	Castro-Urdiales	Cantabria	3.355
33394	Gijón	Asturias	3.348
33300	Villaviciosa	Asturias	3.345
39479	Pielagos	Cantabria	3.037

**Tabla 8. Principales episodios de inundación en el periodo 1996-2023 e indemnizaciones totales por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental**

Los valores de siniestralidad más elevados se corresponden con zonas ARPSIs, en especial con ARPSIs de Ampuero, Parres, Santander, Torrelavega, etc.

Si ahora se representa espacialmente los expedientes de tramitación recogidos por el CCS en el periodo 1996-2023 (ver Figura 9 y Figura 10) se observa de igual modo una distribución espacial importante, pero con una alta concentración de número de tramitaciones en zonas coincidentes con tramos ARPSI. Como dato también de interés, indicar que los CCPP que acumulan más de 100 tramitaciones acumuladas afectan geográficamente a zonas con código postal coincidente con tramos ARPSI, suponiendo también más de un 80%.

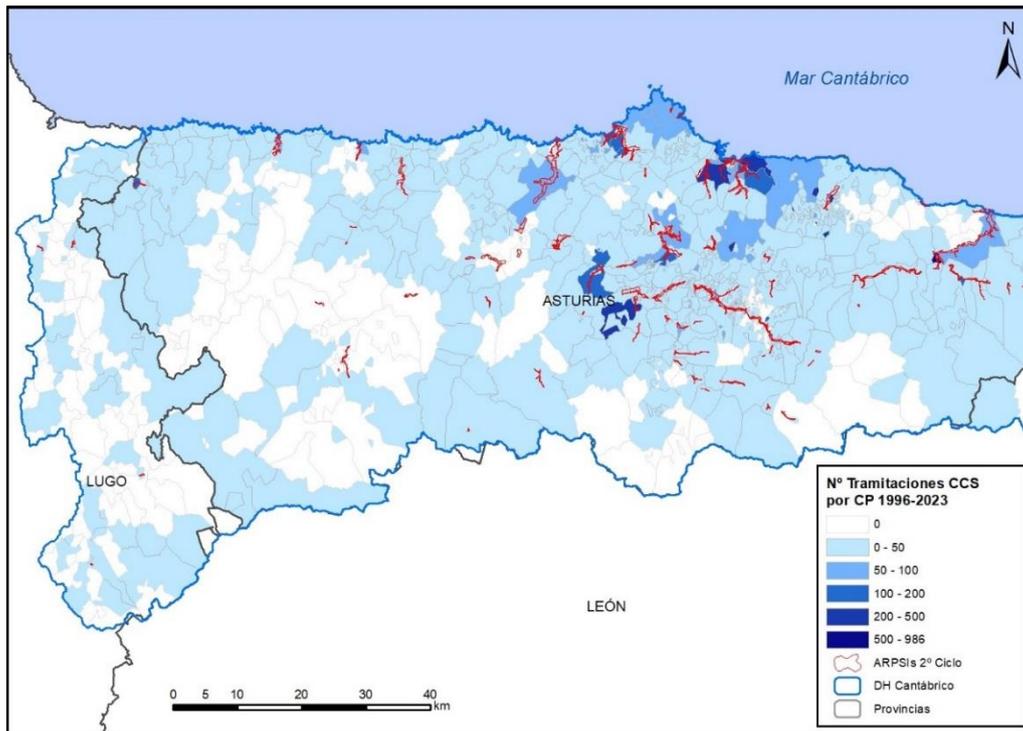


Figura 9.- Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de expedientes de tramitación acumulada por inundación registrados por el CCS en el periodo 1996-2023. Se indican los términos municipales y las poblaciones o lugares que abarca el código postal (si el término municipal abarca varios CCPP). Zona oeste

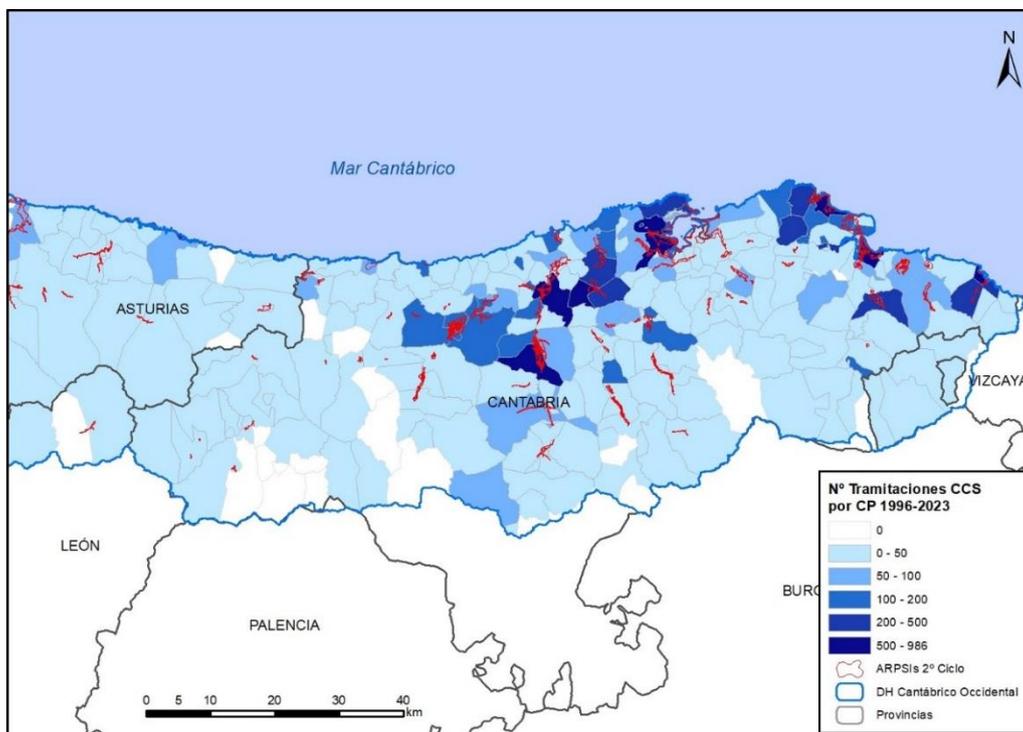


Figura 10.- Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de expedientes de tramitación acumulada por inundación registrados por el CCS en el periodo 1996-2023. Se indican los términos municipales y las poblaciones o lugares que abarca el código postal (si el término municipal abarca varios CCPP). Zona este

En la siguiente tabla se muestran los CCPP con más de 300 expedientes de tramitación por inundación acumulada en el periodo 1996-2023 según el CCS en la DHC Occidental.

CCPP	Municipio	Provincia	Tramitaciones totales acumulada CCS
39300	Torrelavega	Cantabria	986
39770	Laredo	Cantabria	813
39180	Noja	Cantabria	759
33540	Parres	Asturias	676
39400	Los Corrales de Buelna	Cantabria	648
39479	Piélagos	Cantabria	612
39011	Santander	Cantabria	606
39700	Castro-Urdiales	Cantabria	547
39840	Ampuero	Cantabria	543
39600	Camargo	Cantabria	526
33300	Villaviciosa	Asturias	469
33203	Gijón	Asturias	431
39477	Piélagos	Cantabria	343
39012	Santander	Cantabria	323

Tabla 9. Códigos postales en la DHC Occidental con mayor número de tramitaciones totales por inundación (más de 300) en el periodo 1996-2023 registrados por el CCS

El CCS, por otro lado, ha suministrado los datos sobre indemnizaciones y tramitaciones organizado por fechas para el periodo de actualización 2018-2023 lo cual ha permitido extraer para la revisión del impacto de las inundaciones una información muy valiosa para los episodios de inundación recopilados en el resumen de las inundaciones del 3.º ciclo de la EPRI.

A continuación, se muestra una tabla donde se muestran los episodios de inundaciones más representativos identificados en la DHC Occidental en el periodo 2018-2023 (fuente CCS). Se indica el número de códigos postales afectados en cada evento y el número de tramitaciones declarados. A excepción de los eventos del verano de 2018 (identificados con \* en la columna de episodio), que se identifican con eventos pluviales, el resto coincide con los identificados a partir de otras fuentes.

Episodio	Fechas	Indemnización total (€)	Nº de códigos postales afectados	Nº Sinistros
<b>2018_03</b>	24/03/2018 - 26/03/2018	1.752.388	48	140
*	08/06/2018 - 11/06/2018	7.135.038	74	364
*	11/07/2018 - 22/07/2018	4.831.017	125	1293
<b>2019_01</b>	22/01/2019 - 25/01/2019	21.859.962	246	2448
<b>2019_10</b>	19/10/2019 - 24/10/2019	1.460.242	63	296
<b>2020_12</b>	06/12/2020 - 12/12/2020	1.841.799	60	444
<b>2021_11.1</b>	24/11/2021 - 26/11/2021	1.086.396	60	193
<b>2021_11.2</b>	27/11/2021 - 30/11/2021	11.529.214	128	1632
<b>2021_12</b>	09/12/2021 - 11/12/2021	343.442	42	104
<b>2023_01</b>	16/01/2023 - 20/01/2023	2.657.989	118	791

Tabla 10. Principales episodios de inundación en el periodo 2018-2023 e indemnizaciones totales por inundación abonadas por el CCS en la DHC Occidental

Existe una correspondencia clara entre la magnitud de inundación documentada para cada uno de estos episodios y el valor de las indemnizaciones realizadas por el CCS. El episodio de octubre de 2018 identificado como 2018\_10 (ver apartado 3.1 *Resumen de las inundaciones 2018-2024*), no se muestra en la tabla por ser un evento local de una magnitud que en el CCS no produjo valores de indemnización significativos.

Con relación a los eventos de la Tabla 10, en la tabla siguiente se muestran los códigos postales donde se han registrado indemnizaciones mayores a 500.000 euros.

Código Postal	Municipio	Indemnización total (€)	Episodio (fechas)
39840	Ampuero	3.504.444	27/11/2021 - 30/11/2021
33001	Oviedo	3.120.070	22/01/2019 - 25/01/2019
33394	Gijón	2.907.895	08/06/2018 - 11/06/2018
33438	Carreño	2.772.167	08/06/2018 - 11/06/2018
39479	Pielagos	2.638.118	27/11/2021 - 30/11/2021
39300	Torrelavega	2.403.265	22/01/2019 - 25/01/2019
39590	Reocín	2.101.127	22/01/2019 - 25/01/2019
39001	Santander	1.749.501	22/01/2019 - 25/01/2019
39477	Pielagos	1.542.454	27/11/2021 - 30/11/2021
39400	Los Corrales de Buelna	1.306.822	22/01/2019 - 25/01/2019
39011	Santander	1.142.991	06/12/2020 - 12/12/2020
39509	Mazcuerras	815.252	22/01/2019 - 25/01/2019
39591	Reocín	706.251	22/01/2019 - 25/01/2019
33518	Sariego	671.841	24/03/2018 - 26/03/2018
39770	Laredo	645.495	16/01/2023 - 20/01/2023
39350	Suances	615.571	22/01/2019 - 25/01/2019
39849	Ampuero	595.125	27/11/2021 - 30/11/2021
33203	Gijón	591.506	08/06/2018 - 11/06/2018
39470	Pielagos	589.040	11/07/2018 - 22/07/2018
39192	Meruelo	555.606	11/07/2018 - 22/07/2018
39530	Reocín	536.086	22/01/2019 - 25/01/2019

Tabla 11. Códigos postales con indemnización por daños mayores a 500.000 euros episodios de inundación en el periodo 2018-2023 en la DHC Occidental

De los análisis realizados, se confirma que los valores de siniestralidad más elevados se corresponden nuevamente, de forma preferente con zonas ARPSIs, aunque hay que matizar que en este caso puede darse la circunstancia de que un gran número de expedientes acumulen bajos importe de indemnización. En cualquier caso, la incidencia de siniestros con ARPSI es alta en la demarcación.

## 4 Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación

La adaptación al cambio climático es un objetivo prioritario en la gestión del riesgo de inundación en España desde que se inició el actual marco de trabajo tras la aprobación de la Directiva 2007/60/CE de inundaciones. Según los requerimientos del artículo 14 de esta directiva y del artículo 21 del RD 903/2010 que la transpone, las posibles repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones se tomarán en consideración en las revisiones indicadas en los apartados 1 (evaluación preliminar del riesgo de inundación) y 3 (planes de gestión del riesgo de inundación). Cabe destacar que, debido a las incertidumbres existentes, la Directiva no establece la necesidad de realizar mapas de peligrosidad y riesgo de inundación que consideren los efectos del cambio climático.

Por otro lado, en 2020 se aprobó el Segundo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, entre cuyos principales objetivos se encuentra construir un país menos vulnerable, más seguro y resiliente a los impactos y riesgos del cambio climático, capaz de anticipar, de responder y de adaptarse a un contexto de clima cambiante.

En cumplimiento de estas disposiciones, los planes de gestión del riesgo de Inundación (PGRI) de segundo ciclo ya aprobados y en fase de implantación incluyen dentro de su programa de medidas, en concreto dentro de la 13.04.01, la elaboración de estudios de mejora del conocimiento sobre la gestión del riesgo de inundación: leyes de frecuencia de caudales, efecto del cambio climático, modelización de los riesgos de inundación y su evaluación, etc. que se están llevando a cabo en colaboración con distintos organismos, centros de investigación y universidades y que han servido de base para presentar la información que se recoge en este apartado.

### 4.1 Actualización de los estudios y experiencias a nivel europeo durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024)

El cambio climático afecta de manera directa e indirecta en varios componentes del ciclo hidrológico, pudiendo ocasionar cambios en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. La atribución de la señal climática y el estudio de estos cambios en las inundaciones recientes representan un importante reto científico-técnico, debido a las múltiples variables implicadas y las incertidumbres existentes. En la web del Ministerio para la Transición Ecológica se puede consultar el documento *Inundaciones y Cambio Climático: estudio y experiencias a nivel europeo (2018-2024)* donde se revisa de manera sistemática las evidencias científicas del impacto del cambio climático en las inundaciones en Europa y España. Además, se incorpora la actualización de los Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa siendo una de las medidas recogidas en el primer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC). En esta actualización se presenta (1) los valores ajustados a una rejilla de mayor resolución (5 km), empleando la nueva rejilla desarrollada en AEMET(ROCIO\_IBEB), (2) la ampliación en el número de modelos de EUROCORDEX (anidados a las proyecciones globales de CMIP5) que incluye el conjunto completo utilizado en el último informe del IPCC-AR6 para el análisis regional de

cambio climático, y (3) la aplicación de un nuevo método de ajuste de sesgos que preserva las tendencias (ver descripción detallada en AdapteCCa).

#### 4.1.1 Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos

El último informe publicado en 2022 por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) incide en que el aumento de 1.5°C, respecto a los niveles preindustriales, es alarmante en relación con los impactos hidro-climáticos extremos en el mundo, y en particular en la región mediterránea (IPCC, 2022). Este informe muestra evidencias de que la situación podría agravarse significativamente si el calentamiento medio llegase a 2°C. El informe especifica las trayectorias de gases de efecto invernadero (GEI) que pueden seguir las emisiones mundiales para afrontar la amenaza del cambio climático y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Las últimas proyecciones climáticas aportadas por el IPCC en su AR6 están basadas en la resolución de los modelos climáticos CMIP6 del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas. Estas proyecciones, denominadas vías socioeconómicas compartidas (SSP), incluyen la respuesta climática en base a cinco posibles escenarios que comprenden las posibles trayectorias antropogénicas que impactan en el cambio climático. Los SSP consideran los cambios socioeconómicos futuros y los esfuerzos de mitigación del cambio climático además del concepto existente del escenario RCP del AR5 (Figura 11).

Los nuevos escenarios comienzan en 2015 e incluyen: (i) escenarios con emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) muy altas (escenario SSP5-8.5) y altas (escenario SSP3-7.0), con emisiones de CO<sub>2</sub> que se duplican con respecto a los niveles actuales para 2100 y 2050; (ii) escenarios de emisiones GEI intermedios (SSP2-4.5), con emisiones de CO<sub>2</sub> que se mantienen en torno a los niveles actuales hasta mediados de siglo, y (iii) escenarios de emisiones GEI muy bajas (SSP1-1.9) y bajas (SSP1-2.6), de acuerdo con las emisiones netas iguales a cero a las que deberíamos llegar en torno a 2050, seguidas de niveles variables de emisiones netas negativas de CO<sub>2</sub>.

Se espera que las emisiones puedan variar entre los escenarios en función de los supuestos socioeconómicos, los niveles de mitigación del cambio climático y, en el caso de los aerosoles y los precursores del ozono distintos del metano, los controles de la contaminación atmosférica. Los distintos supuestos pueden dar lugar a emisiones y respuestas climáticas similares, pero los supuestos socioeconómicos y la viabilidad o la probabilidad de cada escenario no forman parte de la evaluación.

El impacto de estos escenarios en la frecuencia y magnitud de las inundaciones dependerán, por lo tanto, de los escenarios de emisión de GEI considerado. Por ejemplo, se espera que en escenarios de emisiones bajas o muy bajas (SSP1-1.9 y SSP1-2.6) los impactos sean significativamente más bajos que en el caso de los escenarios de emisiones altas o muy altas (SSP3-7.0 y SSP5-8.5). De hecho, si el sistema Tierra se mantiene en escenarios de emisiones bajas o muy bajas hasta finales del siglo XXI, se espera que los fenómenos extremos de precipitaciones intensas, inundaciones pluviales y aumento del nivel del mar se reduzcan y, por lo tanto, pueda reducirse el número de regiones susceptibles de sufrir inundaciones.

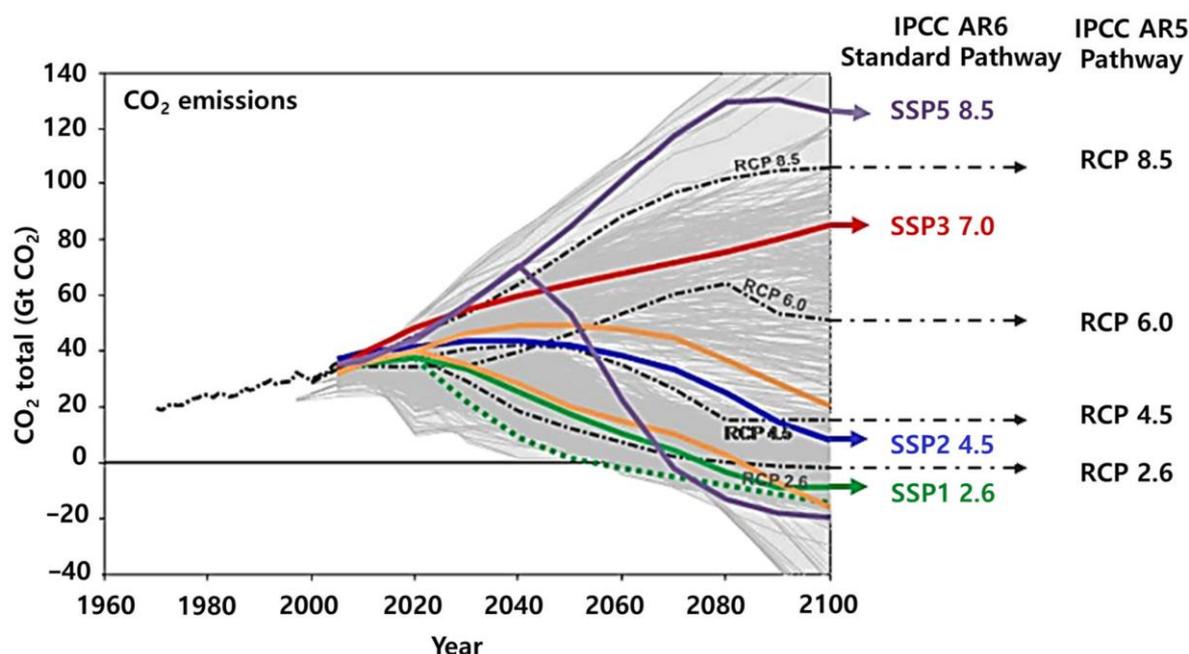


Figura 11.- Evolución temporal del CO<sub>2</sub> para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017)

La Comisión Europea prevé que la probabilidad de riesgo de inundaciones aumente en Europa en las próximas décadas debido a los efectos combinados del cambio climático y la evolución socioeconómica (JRC PESETA III *report*; Gosling et al., 2018). De manera generalizada, la CE estima que las inundaciones de los ríos en toda Europa causarán daños cuantificables en torno a los 5.300 millones de euros/año, con unas 216.000 personas potencialmente expuestas a las inundaciones fluviales. De acuerdo con los escenarios descritos, el nivel de riesgo de inundaciones podría triplicarse a finales de siglo si no se toman medidas de mitigación y adaptación concretas. Además, el sur de Europa será una de las regiones más damnificadas, al prever una mayor frecuencia de inundaciones urbanas y periodos de escasez de agua como resultado del cambio climático. Las zonas costeras, a su vez, podrían experimentar un aumento de la exposición asociado a un incuestionable aumento del nivel del mar de hasta un metro en 2100.

Estos impactos son generalizados y deben entenderse en un contexto europeo a escala regional para entender los posibles cambios en el régimen de inundaciones. Sin embargo, la variabilidad de los modelos climáticos y los resultados de las proyecciones obliga a que para su aplicación en la definición de la EPRI se deban implementar estudios localizados a escala de cuenca, abordando una escala local y cuantificando las posibles incertidumbres (EU, 2021). A continuación, se describen los principales cambios esperados en las variables del ciclo hidrológico asociadas al riesgo de inundación.

#### 4.1.2 Proyecciones en España

##### **Proyecciones sobre el régimen de precipitaciones en España**

Las proyecciones del régimen de precipitaciones en España muestran resultados propios de las dos regiones de influencia, la Atlántica y Mediterránea. Por lo general, la tendencia observada en las proyecciones de los modelos climáticos muestra una reducción de la cantidad de precipitación anual en el territorio español (aunque con ciertas excepciones).

Paradójicamente, aunque la mayoría de las proyecciones climáticas para España coinciden en una menor precipitación anual, los modelos indican que a escalas temporales más cortas (diarias) los eventos de lluvia intensa podrían aumentar (Zittis *et al.*, 2021).

El modelo EURO-CORDEX sugiere cambios importantes en el régimen de precipitación durante las próximas tres décadas (2021-2050), respecto al periodo 1971-2000. Aunque el modelo apunta a una reducción generalizada y consistente de las precipitaciones anuales, se aprecia un aumento en la señal de las precipitaciones máximas diarias, especialmente en invierno y otoño en zonas montañosas del centro-norte peninsular (Figura 12). Se prevé que los episodios de lluvia sean más intensos, especialmente en escenarios de altas emisiones, a pesar de la reducción en el número de días de lluvia al año (Lorenzo y Álvarez, 2020).

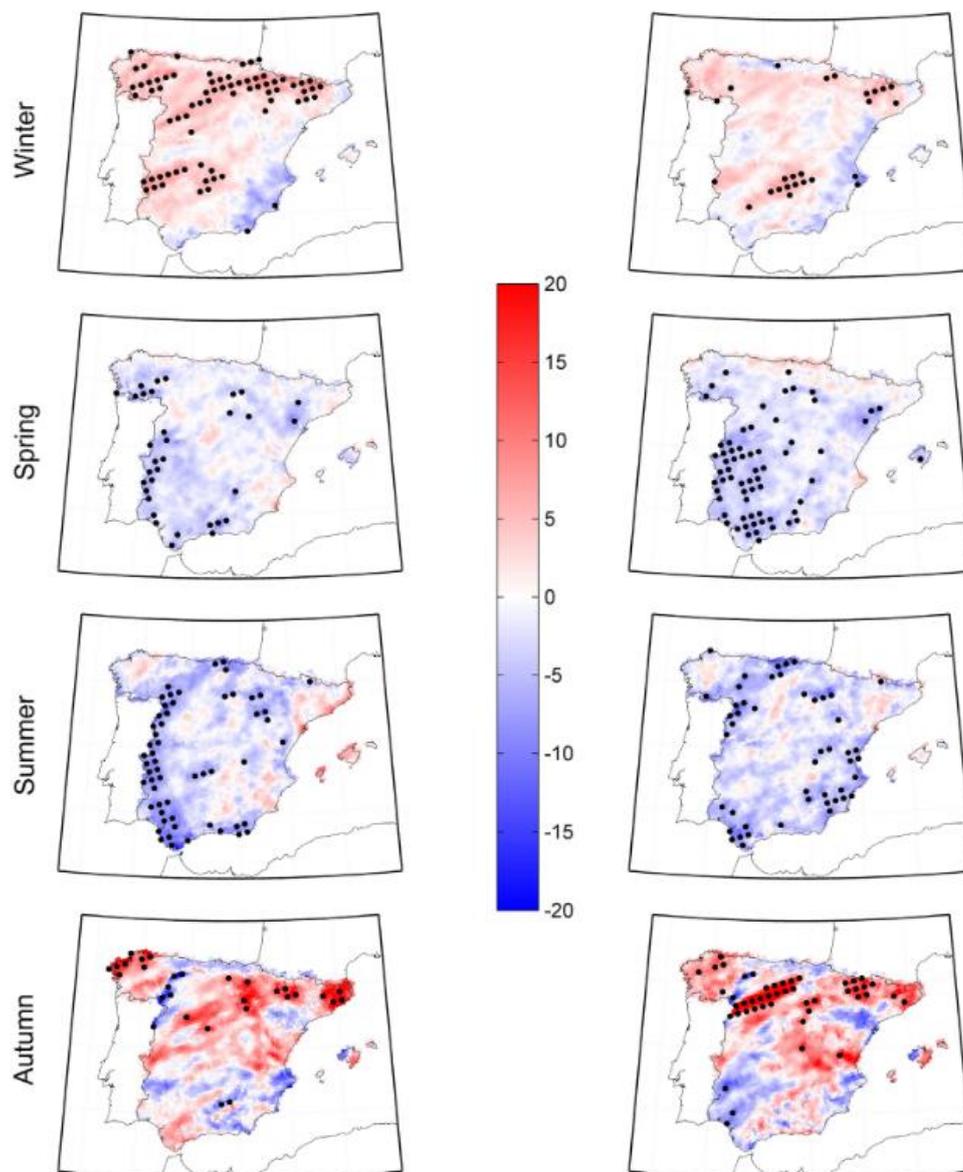


Figura 12.- Análisis estacional de los cambios en la precipitación diaria máxima (índice RX1D) proyectado (%) del conjunto de modelos múltiples entre el periodo de referencia (1971-2000) y el periodo futuro próximo (2021-2060) para los escenarios de emisiones RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (según Lorenzo y Álvarez, 2020). Los puntos grises señalan las zonas en las que las diferencias son significativas al nivel de significación del 5 % según la prueba de suma de rangos de Wilcoxon

La tendencia general en los modelos muestra una reducción de la precipitación anual, aunque con una concentración de las precipitaciones en eventos más intensos. Esto significa que los periodos de lluvia extrema estarán intercalados con periodos más o menos intensos de sequía o escasez de precipitaciones. En definitiva, se genera una situación donde la variabilidad interanual de los extremos de lluvia aumenta con un impacto importante en la gestión de los riesgos hídricos.

De los estudios sobre precipitaciones máximas en condiciones de cambio climático se desprenden una serie de consideraciones generales sobre los posibles cambios en la lluvia extrema, que pueden ser empleados como guía para la evaluación y monitorización de futuras ARPSI. Estas son:

- La tendencia observada en las proyecciones de los modelos climáticos en España muestra una reducción de la cantidad de precipitación anual. Sin embargo, los modelos climáticos indican que a escalas temporales más cortas (diarias y subdiarias), los eventos de lluvia torrencial pueden aumentar.
- La intensidad de precipitación en 30 minutos de lluvia se incrementa en el periodo 2022-2100 en hasta 6% para T25, 17% para T50 y 36% para T100.
- Para los periodos de retorno < 25 años, los valores de IDF actuales pueden ser representativas de escenarios futuros.
- Estos resultados llevan implícita una elevada incertidumbre asociada a los modelos climáticos, y especialmente en periodos de retorno elevados.

### **Proyecciones sobre la cobertura nival en España**

Los modelos climáticos son consistentes a la hora de describir una menor cobertura nival en las montañas del territorio español. Así, para finales del siglo XXI, las proyecciones indican una reducción significativa de la cobertura nival en términos de (SWE *snow-water-equivalent*) asociado a un aumento de la temperatura en la estación de invierno y primavera. Esta reducción se verá afectada, sin embargo, por una alta variabilidad interanual, especialmente en el Pirineo. Se espera que los Pirineos españoles sean la cordillera europea más afectada por el cambio climático en términos de SWE medio y duración del manto nivoso (Bonsom *et al.*, 2023). De hecho, el modelo Crocus basado en las proyecciones del EURO-CORDEX muestra una reducción significativa de los días con nieve con espesores > 30 cm (Morin *et al.*, 2021). Una situación análoga es encontrada en Sierra Nevada, donde a finales del siglo se espera una reducción de la cobertura nival de hasta el 66 % de diciembre a febrero, y del 95 % de marzo a mayo, para el escenario más desfavorable (RCP 8.5). En líneas generales, los modelos y proyecciones del CMIP5 indican que la acumulación media de nieve se reducirá alrededor del 28 % en los Pirineos y Sierra Nevada, y hasta un 42 % para el Sistema Central y en la Cordillera Cantábrica. Como resultado, se espera un descenso del caudal medio, que oscilará entre el 2,4 % en el Pirineo y el 7,3 % en la Cordillera Cantábrica. Aun así, los episodios de inundaciones podrían aumentar como consecuencia de una compleja relación entre los cambios en las precipitaciones a finales del invierno y un aumento de las intensidades máximas de deshielo (proceso denominado *rain-on-snow*), que pueden oscilar entre el 2,1 % en los Pirineos y el 7,4 % en la Cordillera Cantábrica (Lastrada *et al.*, 2021).

De acuerdo con estos estudios, la definición de ARPSI debería considerar que:

- Las proyecciones sobre la cobertura nival se reducirán de manera generalizada, pero con una alta variabilidad interanual, en las montañas del territorio español.
- En el escenario de emisiones más desfavorable, la reducción de la superficie de la cobertura nival será del 66% de diciembre a febrero, y del 95% de marzo a mayo.
- La principal consecuencia es la reducción del caudal medio de los ríos de 2,75-7% en los cursos de montaña.
- Los eventos de lluvia sobre nieve, y un deshielo intenso en invierno, pueden sin embargo aumentar la probabilidad de inundaciones, y contribuir de manera significativa al caudal de grandes ríos (e.g. Ebro y Duero).

### ***Proyecciones sobre el uso del suelo en España***

El uso del suelo juega un papel fundamental en las inundaciones en el territorio español y, por lo tanto, su evolución debe tenerse en cuenta. De acuerdo con los resultados de la plataforma de modelización territorial LUISA (Centro Conjunto de Investigación de la Comisión Europea) el uso del suelo en España puede sufrir importantes cambios para finales de la década (2030) asociados al abandono agrícola (Perpiña Castillo et al., 2020). En el caso particular de la DHC Occidental, se esperan un abandono progresivo del uso agrícola, acompañado de un aumento de la superficie forestal y una disminución de las áreas de pastizales y arbustos. Estos cambios irán acompañados de un aumento de la superficie urbana. Como consecuencia, se desprenden las siguientes consideraciones:

- Una mayor cobertura vegetal reducirá el factor de escorrentía para eventos de intensidad baja y moderada. El papel laminador de un bosque para eventos extremos es, sin embargo, limitado.
- Una mayor cobertura vegetal reducirá la conectividad sedimentaria ladera-río, ocasionando procesos de incisión fluvial
- Una mayor cobertura vegetal puede aumentar el riesgo de incendios forestales, aumentando la probabilidad de inundaciones extremas asociada a la ocurrencia de eventos de lluvia torrencial tras incendios.
- Un aumento del área urbana disminuye la infiltración y aumenta la escorrentía, contribuyendo a un aumento del caudal durante eventos de lluvia extrema.

### ***Proyecciones sobre los caudales extremos en España***

Los estudios existentes en relación a las proyecciones climáticas de caudales en España usando los modelos del AR6 son limitados y están, por lo general, restringidos a ciertas cuencas de estudio.

En las cuencas norte de España, siendo el caso de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, los modelos hidrológicos alimentados por datos climáticos de temperatura y precipitación diaria para el periodo 2007-2070 sugieren un aumento significativo del riesgo de inundación para el escenario (RCP8.5), asociado a procesos de deshielo. A través de la aplicación de modelos de lluvia-escorrentía alimentados con los modelos climáticos desarrollados por la AEMET y EURO-CORDEX se observa que la magnitud de las inundaciones puede aumentar para el escenario RCP8.5, pero reducirse ligeramente para el escenario RCP4.5. Los modelos indican que es probable que las

inundaciones se retrasan en su estacionalidad desde finales de otoño hasta finales de invierno. En términos de periodos de retorno, las experiencias aplicadas en el río Arga indican que las descargas máximas de diseño para periodos de retorno menores a 10 años podrían disminuir para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, pero se aprecia un aumento para las inundaciones de periodo de retorno mayores T100 y T500 (Figura 13; Garijo y Mediero 2018). El aumento de los caudales máximos de diseño es casi entre un 10 % y un 30 % mayor en RCP 8.5 que en RCP 4.5.

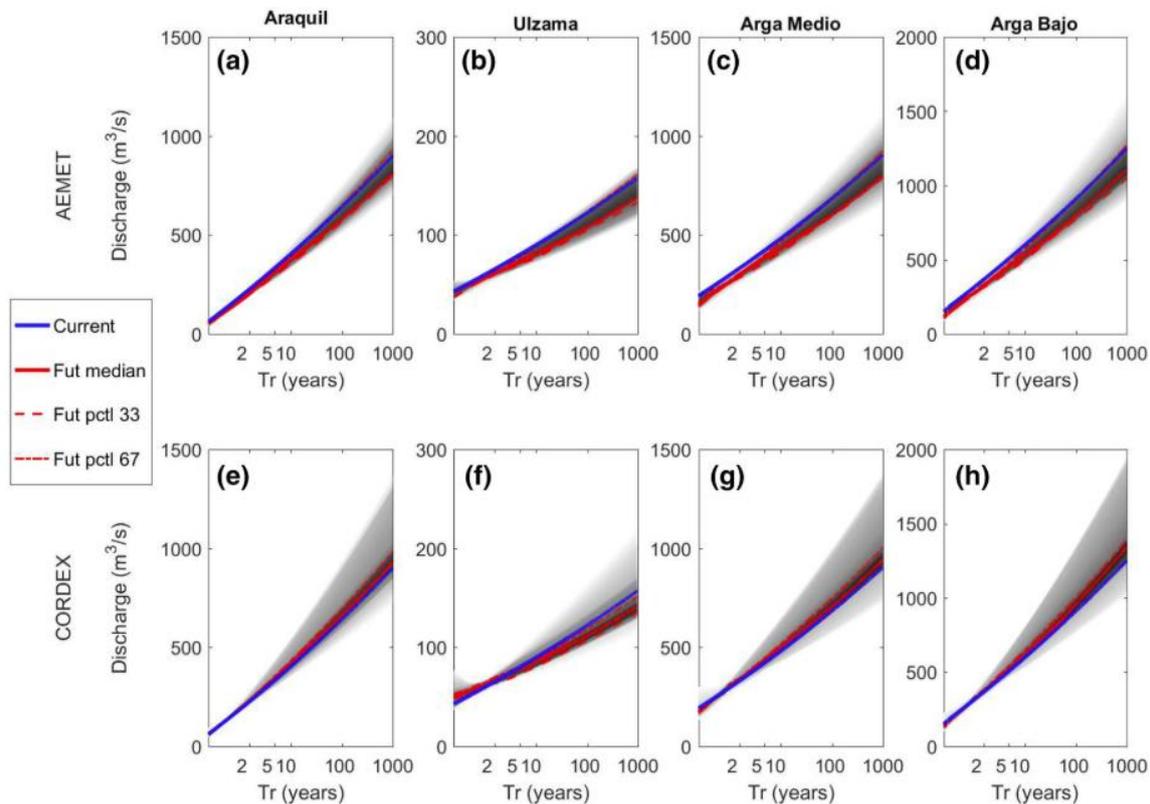


Figura 13.- Ejemplo de curvas de frecuencia de inundaciones esperadas ( $T_r$  periodo de retorno) en el futuro para el RCP 8.5 para el río Arga (Garijo y Mediero, 2018). La línea azul gruesa representa la simulada con modelos hidrológicos, la línea roja sólida muestra la mediana de los modelos climáticos; y las líneas rojas discontinuas muestran los percentiles 33º y el 67º de los modelos climáticos

Por otro lado, en las zonas costeras las inundaciones muestran una clara tendencia a aumentar por el efecto del nivel del mar. En la región mediterránea, el efecto compuesto de las marejadas y las olas extremas con las inundaciones en el delta del Ebro puede provocar que la superficie de delta inundada aumente desde alrededor de un 20 % hasta más del 80 %, dependiendo del escenario considerado. En los ríos Mandeo y Mendo del norte peninsular, las proyecciones locales futuras tienden a mostrar una ligera disminución de los eventos extremos relacionados con las marejadas ciclónicas, pero se predicen un aumento de caudales extremos cuya magnitud depende en gran medida del modelo climático aplicado (Bermúdez *et al.*, 2021).

En líneas generales, se puede concluir que:

- En España y por ende en el ámbito de la DHC Occidental, las proyecciones sobre caudales extremos muestran una elevada incertidumbre.

- Los estudios indican que los caudales de descargas máximas de diseño para períodos de retorno menores a 10 años podrían disminuir, pero se pueden observar un aumento de la probabilidad de inundaciones mayores a la T100 para los RCP más desfavorables.
- En el NW de la península las proyecciones apuntan a una disminución de los caudales máximos para eventos ordinarios (>10 años) y aumento para los eventos raros (500-1000 años).
- En el SE peninsular, las inundaciones actuales de 100 años podrán generarse en el futuro por lluvias de entre 10 y 1000 años, dependiendo de la posición del núcleo de las tormentas.
- El efecto combinado con el aumento del nivel del mar puede aumentar la peligrosidad de inundaciones en todo el litoral.

#### 4.1.3 AdapteCCa.es: el visor de escenarios de cambio climático para España

El visor de escenarios de cambio climático en España AdapteCCa.es es fruto de la colaboración entre el grupo de trabajo de escenarios - PNACC (la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Fundación Biodiversidad. Este visor se ha lanzado en junio de 2024 y permite a los usuarios obtener información visual y numérica sobre las proyecciones climáticas de diferentes variables de interés a una resolución de 5km en el territorio español. Los modelos usados incluyen varias opciones del EUROCORDEX (anidados a las proyecciones globales de CMIP5) así como la nueva versión del conjunto completo utilizado en el último informe del IPCC-AR6 para el análisis regional de cambio climático. Los resultados están corregidos por medio de un nuevo ajuste de sesgos que permite mejorar los valores obtenidos.

El Visor de Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa (acceso en este [link](#)) es resultado del primer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC), que tiene como objetivo poner a disposición de la comunidad científico-técnica la mejor información disponible sobre proyecciones regionalizadas, y responder adecuadamente a las necesidades de datos para la adaptación. El visor está sujeto a actualizaciones periódicas, y está previsto que en breve pueda incluir las nuevas proyecciones regionalizadas a partir de los datos de la última generación de proyecciones globales (CMIP6).

El visor permite:

1. Visualizar datos de rejilla ajustada de los modelos EUROCORDEX, así como obtener valores históricos de la AEMET puntuales o en rejilla de la AEMET (Figura 14 y Figura 15),
2. Trabajar con 19 indicadores relacionados con la temperatura y 8 relacionados con la precipitación,
3. Usar valores absolutos o anomalías,
4. Escenarios: históricos, RCP4.5 y RCP 8.5 (los escenarios SSP serán introducidos en los próximos meses)

5. Elegir distintos horizontes temporales (años completos y meses) (Figura 16 y Figura 17)



Figura 14.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación de un percentil 95 (periodo de retorno medio de 20 años) para el escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español

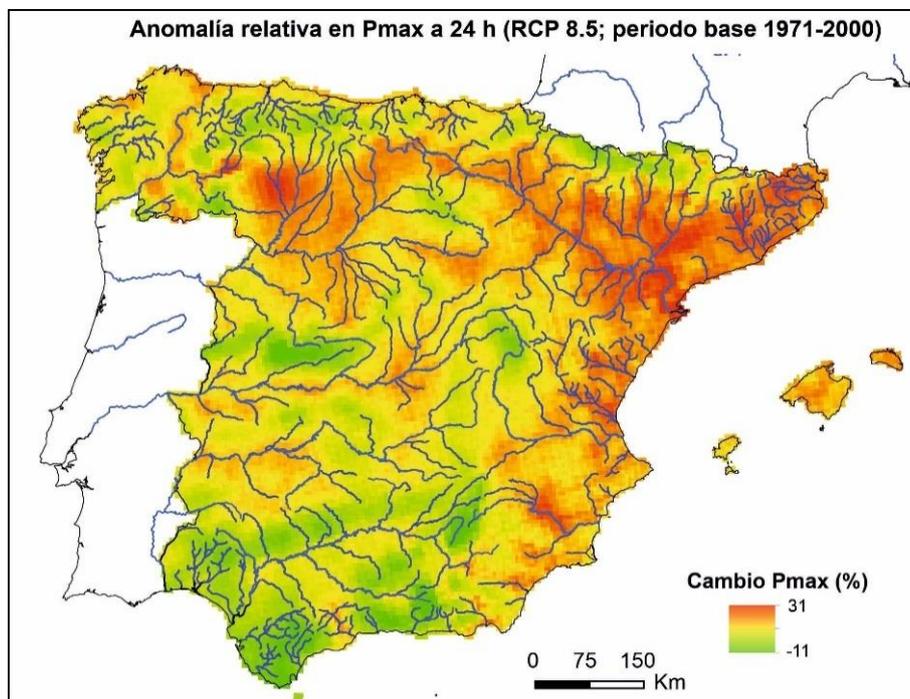
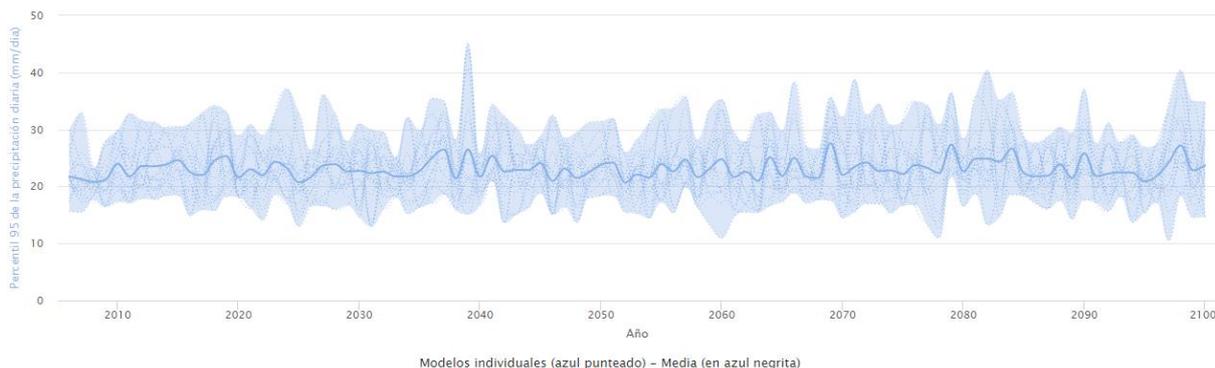
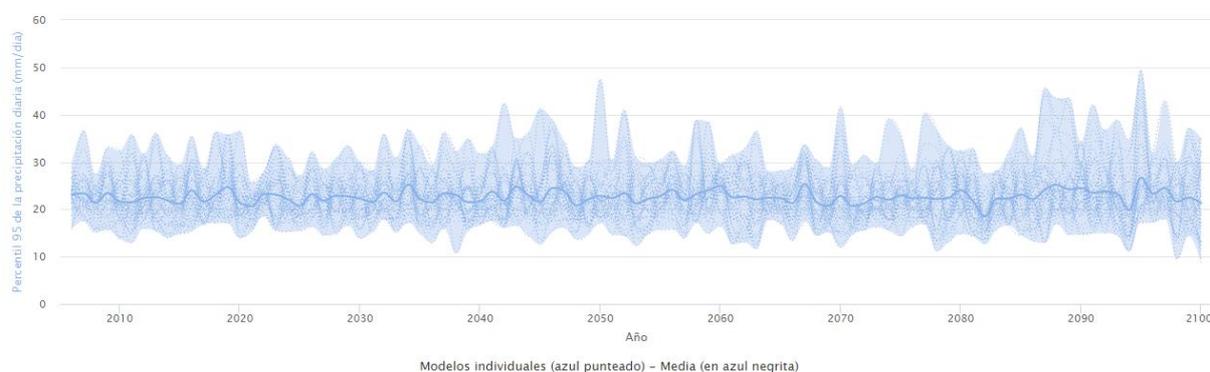


Figura 15.- Salida gráfica en formato SIG de las proyecciones de cambio (%) de la variable precipitación máxima en 24 horas para un horizonte temporal medio (2075) para escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español



**Figura 16.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental**



**Figura 17.- Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental**

## 4.2 Identificación de nuevas ARPSI como consecuencia del aumento del riesgo debido al cambio climático

Para la incorporación del cambio climático en la vigente revisión de la EPRI y con el objetivo de considerar la posibilidad de incluir zonas de riesgo nuevas, se parte, al igual que en la última revisión de los PGRI de segundo ciclo, de los resultados derivados del informe “Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España” (CEDEX, 2021). Sin embargo, a diferencia de en los planes donde la identificación de tramos de la red fluvial que previsiblemente podrían sufrir un aumento del riesgo se realizó a través de la cuantificación de los cambios en la precipitación diaria máxima anual acumulada, para la fase actual se desarrolla una metodología cuyo objetivo es identificar los tramos en base específicamente a una valoración cuantitativa del cambio en los caudales de avenida debido al efecto del cambio climático. Se describe a continuación la metodología desarrollada por el CEDEX, cuyas diferentes fases se irán aplicando progresivamente durante este ciclo de la Directiva de inundaciones, adaptándolas, en su caso, a las particularidades de cada demarcación.

### 4.2.1 Metodología

El objetivo de la metodología es detectar en qué casos el aumento de los caudales de avenida, como consecuencia del cambio climático, puede dar lugar a nuevas zonas con riesgo potencial significativo. Por lo tanto, el estudio se centrará en los caudales de la frecuencia más desfavorable considerados en la Directiva de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación (2007/60/CE), es decir, la de baja probabilidad (T= 500 años). En cuanto al periodo de impacto, por coherencia con el informe “Incorporación del Cambio Climático en la Evaluación Preliminar del Riesgo de inundación (EPRI) en el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones (2007/60/CE)” (MITECO, 2018), elaborado para la incorporación de las posibles repercusiones del cambio climático en la fase EPRI de segundo ciclo, se ha seleccionado el periodo de impacto intermedio, 2041-2070, y se han considerado los dos escenarios de emisiones, RCP 4.5 y RCP 8.5.

#### **Estimación de las tasas de cambio en cuantil de caudal**

Para el desarrollo de la metodología se parte, como se ha mencionado anteriormente, de los resultados derivados del estudio CEDEX (2021) en el que se obtuvieron, mediante el ajuste regional de la distribución SQRT-ETmax, las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual y los cambios relativos regionales del factor de torrencialidad, variables ambas empleadas en la estimación de las tasas de cambio en cuantil de caudal.

La estimación de tasas de cambio en cuantil de caudal tiene como base el cálculo de los caudales de avenida mediante el método racional modificado (Témez, 1991), empleando para ello la formulación contenida en la vigente versión de la norma 5.2 IC Drenaje Superficial de la Instrucción de carreteras (MF, 2016), en la que intervienen las variables meteorológicas: precipitación diaria máxima y factor de torrencialidad. En cuanto a la primera, para el cálculo en situación actual, se ha empleado el mapa de cuantil de precipitación diaria máxima anual correspondiente al período de retorno de 500 años procedente del estudio “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” (DGC 1999), y para el cálculo en situación futura se ha utilizado el mismo mapa al que se aplican las tasas de cambio en cuantil de precipitación máxima de CEDEX (2021). En cuanto al factor de torrencialidad, en situación actual se emplea el mapa contenido en la norma 5.2 IC, mientras que en situación futura se calcula aplicando a dicho mapa los cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad obtenidos en CEDEX (2021).

El método racional modificado asume ciertas hipótesis simplificadoras que sólo son asumibles en cuencas de un tamaño máximo de, como mucho, unos cientos de km<sup>2</sup>, por lo que se ha decidido realizar el cálculo en aquellos puntos de la red fluvial con superficies de cuenca acumulada de entre 5 y 500 km<sup>2</sup>. Como resultado se ha obtenido un mapa de caudales máximos en situación actual para el periodo de retorno de 500 años y dos mapas de caudales máximos en situación futura para el mismo periodo de retorno, el periodo de impacto 2041-2070 y los dos escenarios de emisiones considerados, RCP 4.5 y 8.5. Los mapas de cuantiles de caudales máximos anuales futuros se comparan con el mapa del cuantil de caudales máximos anuales en situación actual para la elaboración de mapas de tasas de cambio en cuantil de caudales máximos.

El cálculo de las tasas de cambio en cuantil de caudal en el resto de la red de drenaje, con superficies de cuenca mayores de 500 km<sup>2</sup>, se ha llevado a cabo a partir de la relación entre

dichas tasas con las tasas de cambio de precipitación diaria máxima acumulada en la red fluvial.

Estimadas las tasas de cambio en cuantil de caudal es necesario decidir el caudal de referencia para el periodo de retorno de 500 años que se empleará en situación actual, sin considerar el efecto del cambio climático. Para ello, en primer término, se ha de recurrir a aquellos caudales que se encuentren disponibles, como aquellos resultantes de estudios hidrológicos específicos de la zona o derivados del análisis de la información registrada en estaciones de aforo o embalses próximos. Asimismo, se puede recurrir a los caudales calculados con el método racional en caso de tramos de la red con superficies de cuenca reducidas, así como a caudales derivados de estudios regionales, como puede ser el mapa de caudales máximos de las cuencas intercomunitarias elaborado por el CEDEX u otros estudios disponibles en las distintas demarcaciones.

A partir del caudal de referencia en situación actual, el caudal en situación futura se obtendrá aplicando al mismo las tasas de cambio en cuantil de caudal estimadas, por lo que se dispondrá de dos valores del cuantil de caudal en situación futura para 500 años de periodo de retorno, uno para cada escenario de emisiones considerado, seleccionando para los cálculos posteriores el mayor de ambos.

### **Identificación preliminar de tramos candidatos a ARPSI**

Con el objetivo de seleccionar nuevos tramos de río con riesgo potencial significativo como consecuencia del cambio climático, se han identificado en primer lugar los tramos de la red fluvial próximos a usos del suelo o elementos que se consideren vulnerables. Para ello se crea un polígono o área de influencia asociada al tramo mediante un buffer a cada lado del mismo, cuyo ancho se calcula en base a su superficie de cuenca. El ancho del buffer a utilizar en cada tramo de la red se obtiene a través de una correlación entre las superficies de cuenca y los anchos de las zonas inundables de las ARPSI ya declaradas en el 1.º y 2.º ciclo. Este ancho característico deducido de la correlación descrita se utiliza para crear un buffer hacia las márgenes de cada tramo, de la mitad de ese ancho, superponiendo las áreas de influencia resultantes.

A continuación, se comprueba en qué tramos ese buffer se superpone con elementos o usos de suelo considerados vulnerables. Para ello, se recomienda el empleo de la capa del Sistema de Información de Ocupación del suelo de España (SIOSE) como herramienta fundamental para la determinación de la vulnerabilidad potencial del territorio, considerando como usos vulnerables aquellos de carácter residencial o dotacional. Los tramos inicialmente candidatos a ser considerados ARPSI serán aquellos donde el mencionado buffer se superponga con polígonos vulnerables del SIOSE.

De la selección inicial de tramos candidatos deben eliminarse, lógicamente, todos aquellos que constituyan tramos pertenecientes a ARPSI ya declaradas en los ciclos anteriores de la EPRI.

Asimismo, se eliminan aquellos tramos en los que la tasa de cambio en cuantil de precipitación máxima diaria anual acumulada en la red fluvial, para el periodo de retorno de 500 años, tiene un valor inferior al 10 % para los dos escenarios de emisiones, RCP 4.5 y 8.5, al considerar que el impacto del cambio climático en esos casos no será significativo. Este umbral ya se empleó en las metodologías desarrolladas en etapas anteriores para la

incorporación del efecto del cambio climático en la revisión de la EPRI y de los PGRI de 2.º ciclo.

De la misma manera, se debe realizar un filtrado de la selección inicial de tramos candidatos en base a criterios geomorfológicos. El objetivo es seleccionar sólo aquellos tramos que se encuentren sobre zonas que, por sus características hidrológicas y geomorfológicas, se consideren de retención natural, como las llanuras aluviales o zonas torrenciales. Para ello, se recomienda el empleo de la cartografía geológica digital continua a escala 1:50.000 (GEODE) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), seleccionando únicamente los tramos que estén sobre recintos geológicos con un grado de inundabilidad alto.

Parte de esta metodología, junto con otros desarrollos metodológicos, con el empleo de la información existente de zonas de peligrosidad con datos históricos y estudios previos (hidráulicos y geomorfológicos) y superposición sobre el SIOSE ya fue desarrollada durante la EPRI, para la identificación de zonas de riesgo potencial de inundación en el ámbito de la DHC Occidental.

Por último, hay que indicar que aquellos tramos presentes en la selección de tramos candidatos que se encuentren encauzados o correspondan a conducciones subterráneas, deben ser excluidos del paso siguiente de la metodología, donde se va a estimar mediante un cálculo hidráulico sencillo el aumento de la inundabilidad por efecto del cambio climático. La intención no es descartarlos definitivamente, sino que sean objeto de un análisis hidráulico específico que permita determinar si la capacidad de que disponen las infraestructuras hidráulicas sigue siendo suficiente ante el incremento de caudales previsto como consecuencia del cambio climático.

#### **Estimación del incremento de inundabilidad y selección final de tramos que requerirán un estudio adicional por su posible riesgo como consecuencia del cambio climático.**

Por último, se valorará el previsible aumento de inundabilidad en los tramos candidatos identificados previamente, así como sus posibles consecuencias sobre el incremento del riesgo. Este incremento de inundabilidad y riesgo estará asociado al aumento de los caudales de avenida debido al efecto del cambio climático.

Para valorar el aumento de la inundabilidad derivada del cambio climático, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Descarga del modelo digital del terreno (MDT) y del modelo digital de superficies (MDS) de la zona procedentes del LIDAR de 2m x 2m del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
2. Obtención, empleando el MDT y herramientas de SIG, de:
  - a. La pendiente media del tramo.
  - b. Una sección característica del tramo en estudio.
3. Obtención de información sobre el coeficiente de rozamiento (n de Manning) tanto del cauce como de las márgenes del tramo. Se recomienda emplear para ello:
  - a. Capa de usos del suelo del SIOSE.

- b. Tabla “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000” del Anejo V de la “Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)”.
4. Cálculo hidráulico simplificado en régimen uniforme para determinar un valor aproximado del calado en situación actual y en situación futura en el tramo en estudio, partiendo de los caudales en situación actual y futura. Se puede emplear para realizar el cálculo el software HECRAS del US Army Corps of Engineers (USACE).
5. Creación de una superficie de nivel de inundación para cada situación, actual y futura, a partir de los calados obtenidos en el cálculo hidráulico anterior, mediante herramientas de análisis espacial de SIG.
6. Intersección de la superficie de nivel con el modelo digital de elevaciones del LIDAR (MDS), obteniendo la extensión de inundación estimada tanto en situación actual como en situación futura.

Teniendo en cuenta el aumento de inundabilidad estimado (incremento de calado y de extensión de la zona inundada por efecto del cambio climático) y sus previsibles consecuencias sobre el aumento del riesgo, junto al conocimiento específico de la zona por parte del organismo de cuenca, se decidirá qué tramos pueden ser incluidos en un listado como zonas de especial seguimiento en las que es necesario ampliar los estudios de impacto del cambio climático necesarios para poder ser designadas, en caso necesario, como nuevas ARPSI en próximos ciclos de la Directiva.

**Por último, indicar que, dada la singularidad de la DHC Occidental, con una alta densificación de ARPSIs en el territorio, unido a la tipología del tipo de cauces y zonas inundables, y la intensa red de drenaje existente, unido a los desarrollos ya realizados con motivo de las anteriores EPRI, junto con la incertidumbre en cuanto a las proyecciones climáticas, no resulta presumible una identificación de nuevas ARPSIs por cambio climático en este ciclo de planificación.**

#### 4.2.2 Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental

Se han analizado las tasas de cambio en cuantil de caudal para los principales cauces de la DHC Occidental para el periodo de retorno de 500 años, en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (horizonte de estudio 2041-2070).

A continuación se muestran unas figuras con los resultados de los raster sin y con la inclusión de las ARPSIs, para una mejor visualización.

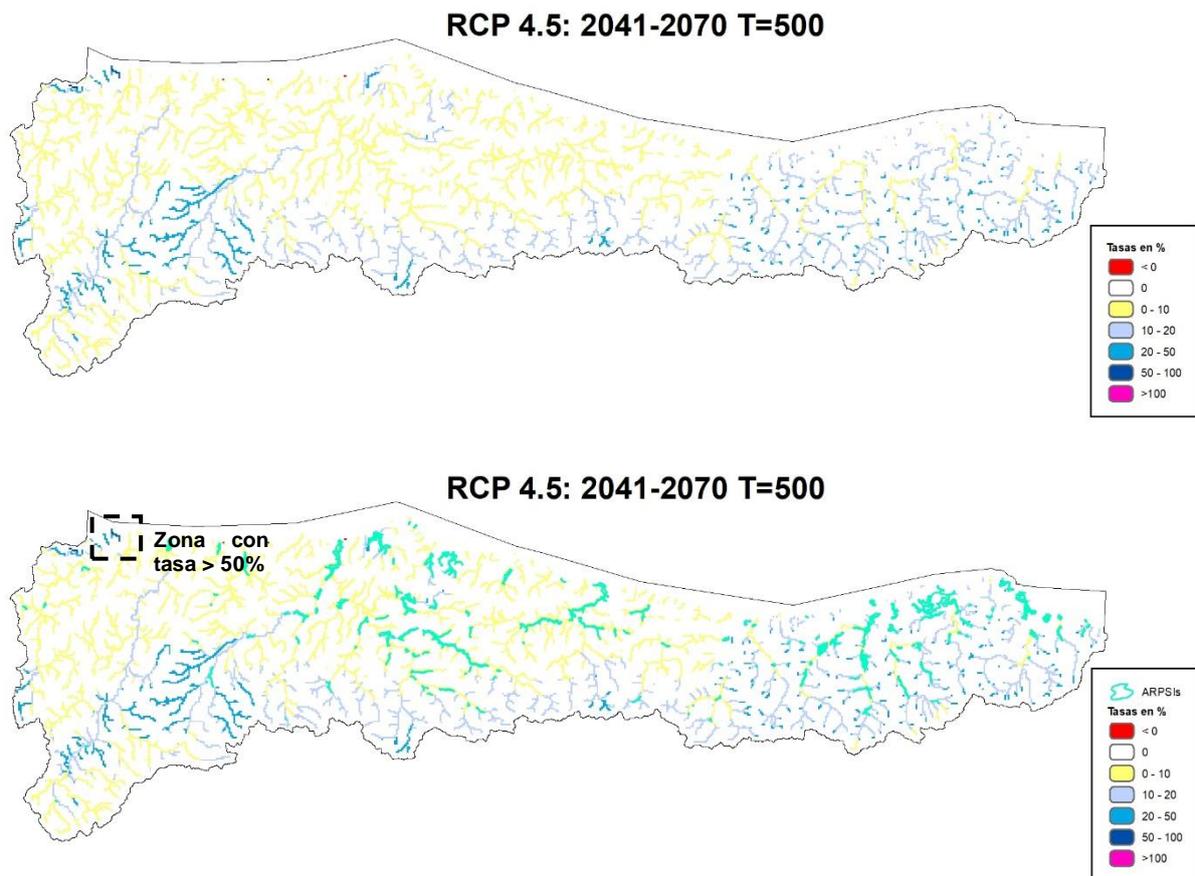


Figura 18.- Tasas de cambio en cuantil de caudal para los cauces y ARPSIs de la DHC Occidental para el periodo de impacto 2041-2070 (T500) y el escenario RCP4.5 (arriba sin ARPSIs y abajo con ellas)

A modo de ejemplo, del análisis de las tasas de cambio en cuantil de caudal para el escenario RCP 4.5 en la red de drenaje, se observa que los mayores porcentajes de tasa de cambio (>50%) se localizan en la parte occidental de la demarcación, afectando a un tramo del río Muria en Tapia cuya delimitación de zonas inundables ya ha sido realizada por la CHC. Las zonas urbanas se encuentran, en su mayoría, a una cota bastante elevada, lo que un previsible incremento de los caudales por el cambio climático les permitiría no resultar afectados de forma significativa por las inundaciones. Además, no cuenta con registros históricos de inundaciones de relevancia en este municipio, motivo por el cual no se considera que deba ser catalogado como ARPSI.

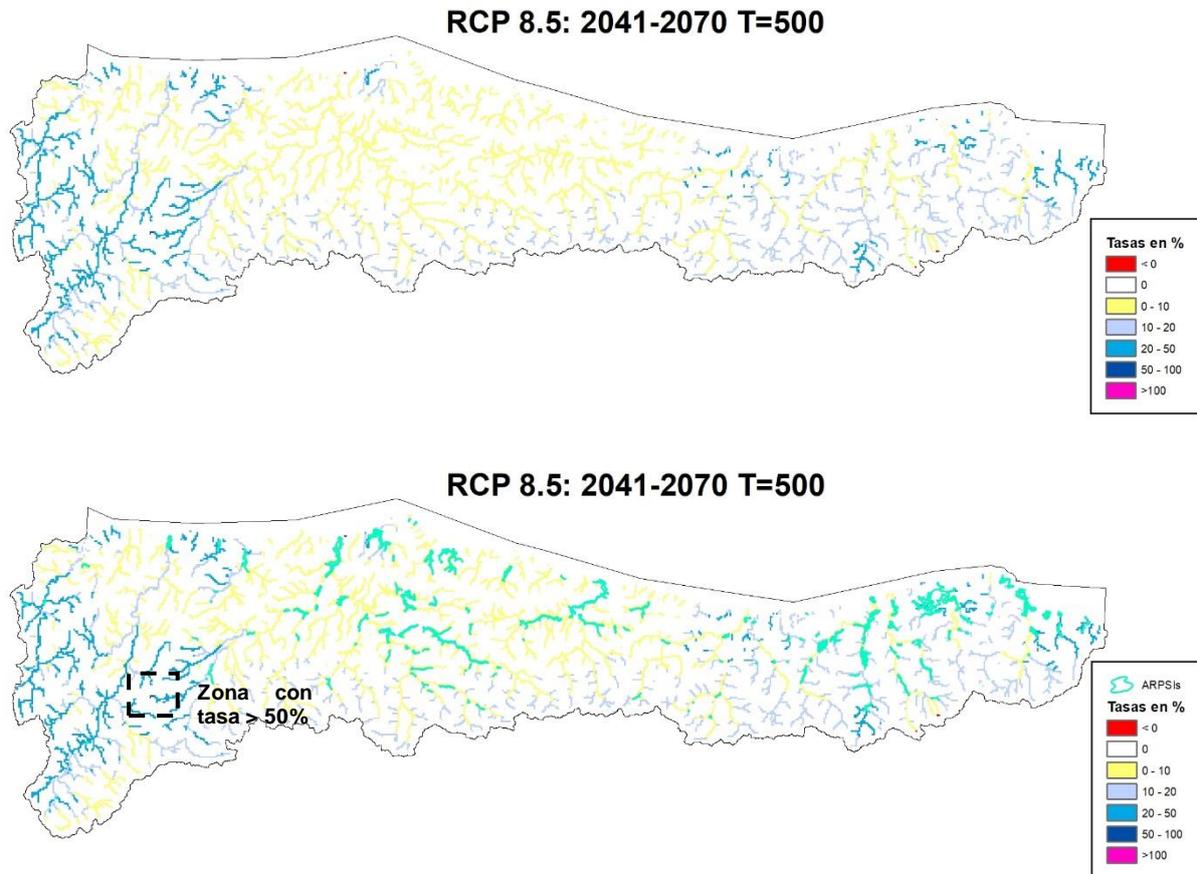


Figura 19.- Tasas de cambio en cuantil de caudal para los cauces y ARPSIs de la DHC Occidental para el periodo de impacto 2041-2070 (T500) y el escenario RCP8.5 (arriba sin ARPSIs y abajo con ellas)

En el caso del análisis de las tasas de cambio en cuantil de caudal para el escenario RCP 8.5 en la red de drenaje de la DHC Occidental, se observa nuevamente que los mayores porcentajes de tasa de cambio se localizan en la parte occidental de la demarcación. En concreto, la zona identificada con una variación significativa de la tasa de cambio mayor al 50% se localiza en el río del Coto, aguas arriba del núcleo de Monasteriu (Cangas del Narcea). Se ha analizado esta zona, y tras revisar el área en cuestión y la geomorfología de la red hidrográfica, no se ha detectado núcleos urbanos o zonas de importancia significativa que puedan verse afectadas.

La tabla siguiente resume las tasas de cambio de caudal para la avenida de periodo de retorno de 500 años que resultan de este estudio en las ARPSIs de la DHC Occidental, tanto para el escenario RCP 4.5 como para el RCP 8.5. En más del 62% de las ARPSIs los cambios son inferiores al 10 % en ambos escenarios. Las mayores tasas de cambio se producen para el escenario más pesimista (RCP 8.5), alcanzando sólo a un 12% en número de ARPSIs, mientras que para el escenario menos pesimista (RCP 4.5) sólo supone un 2% del total de las ARPSIs de la demarcación.

NÚMERO DE ARPSIs CON CAMBIOS EN T500		
TASA DE CAMBIO CAUDAL T500	RCP 4.5	RCP 8.5
Sin cambio o inferior al 10 %	90	94
Cambio 10-20 %	52	33
Cambio superior al 20 %	3	18
TOTAL TRAMOS ARPSI	145	

Tabla 12.- Número de tramos ARPSI de la DHC Occidental según el porcentaje de tasa de cambio en cuantil de caudal en T500 en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5

El siguiente gráfico refleja la variabilidad de las tasas de cambio en las ARPSIs de la demarcación para los dos escenarios de cambio climático. El escenario RCP 8.5 es el que da lugar a una mayor variabilidad, especialmente para valores altos de cambio. Sin embargo, las medias de cambio se mueven en un rango muy próximo para ambos escenarios, con una media de en torno a una tasa de cambio del 7,8% para el RCP 4.5 y del 10,4% para el RCP 8.5.

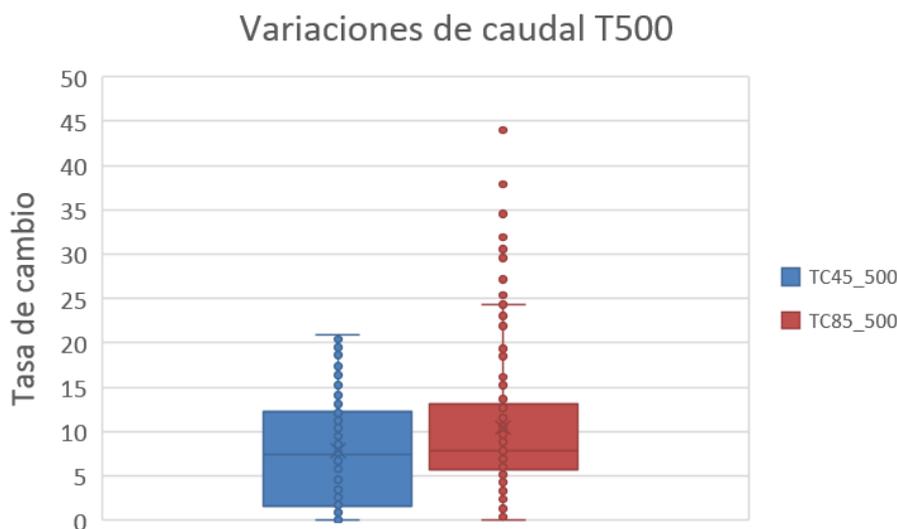


Figura 20.- Gráfico de variabilidad de las tasas de cambio en cuantil de caudal para las ARPSIs de la DHC Occidental

Estos trabajos complementan los análisis que se incorporaron en el apartado 6.1 del PGRI, en el que se analizaban las tasas de cambio de los cuantiles de precipitación máxima diaria para T10 y T100 en las ARPSIs, así como una valoración cualitativa del incremento probable en el riesgo de inundación debido al cambio climático para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 por subcuencas. En general, las tasas de cambio que resultan del presente trabajo para los caudales de T500 son relativamente pequeñas. Por otro lado, la incertidumbre asociada a estas proyecciones climáticas se suma a la incertidumbre propia de caudales con un periodo de retorno tan alto. Por lo tanto, se concluye que estos resultados, aunque relevantes, no justifican una ampliación en este momento de las ARPSIs ya definidas en la DHC Occidental.

### 4.3 Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en las inundaciones

De acuerdo con el último informe del IPCC, es previsible que el cambio climático altere la distribución espacial y temporal de las condiciones meteorológicas adversas. Resulta factible asumir que este tipo de condiciones meteorológicas extremas han podido ocurrir en el pasado como parte de la propia variabilidad hidro-climática. Esta variabilidad explica la alternancia de décadas con elevada frecuencia de eventos con otros periodos de escasez de extremos. Con el objeto de incorporar estos conceptos a la revisión de la EPRI de 3.º ciclo, la Dirección General del Agua ha encargado al Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) una metodología de trabajo para analizar el impacto que la variabilidad climática y el cambio climático puedan tener en las inundaciones. Esta metodología se solapa parcialmente con el contenido desarrollado en los apartados 4.1 y 4.2 de este capítulo. En el presente apartado se describe el trabajo desarrollado por el CSIC con una atención especial a la realidad de la DHC Occidental.

Para mejorar el posible impacto del cambio climático en la peligrosidad de las inundaciones, se propone avanzar en una metodológica centrada en mejorar el conocimiento sobre los eventos extremos bajo condiciones climáticas adversas y en aplicar un enfoque de gestión adaptativa. Este conocimiento permite adoptar soluciones a las condiciones cambiantes (i. e., nueva información) sobre la base de un proceso iterativo continuo de revisión. La idea que subyace en esta propuesta consiste en abordar la problemática del efecto del cambio climático en las inundaciones partiendo de una escala local (bottom-up) basada en el análisis de eventos extremos bajo el clima pasado, presente y futuro. Por un lado, los registros de las inundaciones pasadas (históricas y paleo-inundaciones) aportan información sobre los efectos de la variabilidad climática en los caudales máximos y, por otro, los datos de extremos con escenarios de cambio climático basados en modelos de clima muestran el efecto del calentamiento global en las inundaciones. Estas dos metodologías son complementarias y requieren estudios detallados a escala local y de cuenca fluvial (Figura 21). Ambas fuentes de datos son empleadas para mejorar y validar la peligrosidad y el riesgo de inundación a escala de tramo mediante la implementación de modelos hidráulicos.

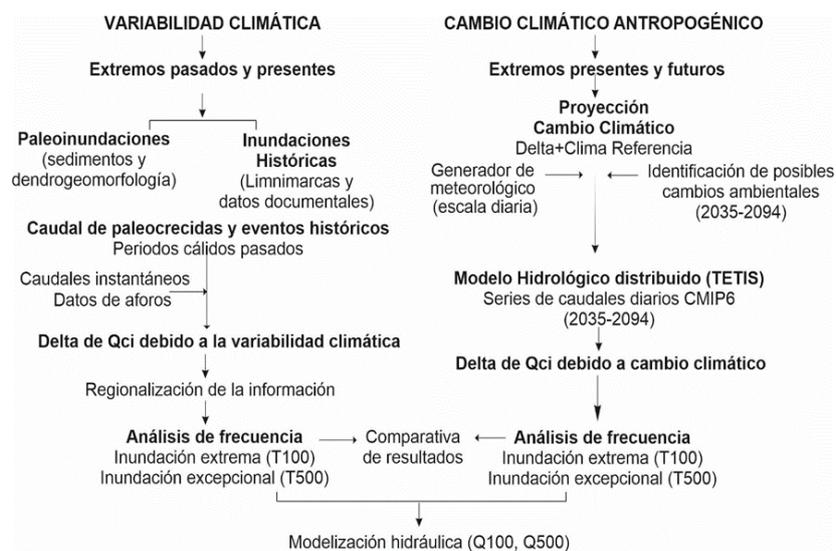


Figura 21.- Esquema metodológico para el análisis de la variabilidad climática (extremos pasados y presentes) y del cambio climático bajo escenarios de emisiones (extremos presentes y futuros)

En los datos de caudales pasados se incorpora eventos de inundación producidos en periodos de calentamiento relativo o de incremento de la actividad de las inundaciones del pasado. En este enfoque se parte de la premisa de que eventos extremos que han acontecido alguna vez pueden repetirse en el futuro. Estos caudales del pasado se pueden analizar juntamente con registros instrumentales, lo que mejora sustancialmente la cuantificación de los cuantiles de inundación requeridos en los mapas de peligrosidad de la Directiva de Inundaciones. Por otro lado, esta aproximación permite validar y aportar un rango de certidumbre de cambio en la clásica aproximación up-bottom basada en escenarios con modelos climáticos anidados con modelos hidrológicos. La metodología basada en desviaciones de caudales respecto a máximos del pasado constituye una práctica beneficiosa (win-win), de relativo bajo coste y que permite avanzar en la adaptación al cambio climático. Igualmente, esta información del pasado proporciona una evidencia “real” de sucesos de inundación que posibilitan la recuperación de la cultura del riesgo.

El estudio de las inundaciones extremas del pasado y presente (cuencas aforadas y no aforadas) se basa en la información derivada de los registros histórico, paleohidrológico e instrumental. Por lo general, el primer paso consiste en recolectar toda la información existente en la cuenca de estudio, particularmente la información histórica contenida en estos archivos municipales, periódicos locales y regionales, u otras fuentes como grabados, fotos o descripciones orales. Durante este proceso, se puede registrar información cualitativa y cuantitativa que aporte evidencias sobre la ocurrencia de inundación del pasado, así como de su magnitud y daños ocasionados (Benito et al., 2004 Tuset et al., 2022). Entre la información histórica de mayor relevancia están las placas de marcas de agua en zonas urbanas, puentes y construcciones aledañas a los cursos de agua.

Para el estudio paleohidrológico se deben identificar tramos fluviales de lecho estable (rocoso o aluvial estable) y con cambios en la anchura del valle de tal forma que se produzcan remansos durante las aguas altas de las crecidas. El análisis sedimentario y dendrogeomorfológico de inundaciones pasadas permite datar eventos del pasado y completar la serie histórica e instrumental. A su vez, las cotas definidas por las evidencias sedimentarias y botánicas pueden ser usadas para estimar retrospectivamente el caudal circulante con modelos hidráulicos (Benito et al., 2023; Ballesteros-Cánovas et al., 2011). Por lo general, el registro sedimentario tiene una precisión anual-decadal, pero permite cubrir los últimos milenios; mientras que el registro botánico tiene una precisión anual-sub-anual y cubre solo los últimos siglos en el mejor de los casos.

La comparación entre los caudales reconstruidos durante los últimos siglos/milenios, a sabiendas de la variabilidad general climática de la región, con los datos registrados durante las últimas décadas posibilita dos cosas: (i) estudiar el factor de cambio en la frecuencia y magnitud de las inundaciones para los distintos modos de variabilidad climática y su comparación con la situación actual; (ii) estudiar la magnitud máxima capaz de generar la cuenca de estudio. De esta manera, se podrá dar una información más robusta sobre la dirección y magnitud del cambio esperado en un clima más cálido.

Los registros de inundaciones a largo plazo analizados en Europa y a escala de la península Ibérica revelan una fuerte variabilidad y no estacionariedad en la frecuencia de las inundaciones y una agrupación preferencial de paleoinundaciones en determinados periodos del pasado. Por otro lado, las frecuencias de las inundaciones recientes son difíciles de evaluar debido a la extensa regulación de los ríos (presas, diques) y a los cambios en el uso

del suelo; sin embargo, las condiciones de precipitaciones extremas son y han sido siempre propicias para generar las grandes inundaciones. Estos estudios también sugieren que las magnitudes de las inundaciones actuales no son inusuales en el contexto de los últimos 1000 años. Los caudales máximos más altos del registro instrumental moderno han sido superados (98% de los casos) durante el período histórico (últimos 400 años), según revela la reconstrucción de caudales basado en indicadores de calado de las inundaciones pasadas.

El análisis de frecuencia usando datos de paleocrecidas muestra valores más altos de magnitud que los obtenidos en el registro de aforos. Las diferencias en los cuantiles muestran como los datos de paleocrecidas incorporan valores de caudales máximos con una componente temporal que supera la variabilidad meteorológica generada en unas pocas décadas del registro de instrumental. Es decir, las fluctuaciones cíclicas (seculares) de algunos extremos no son captadas en los registros de aforos.

Periodo de retorno	100 años
Modelo climático regional	EURO-CORDEX (12 modelos)
Escenario de emisión de gases de efecto invernadero	RCP 8.5
Método de variación	Delta
Intervalo temporal de clima actual	1971-2010
Proyección a medio plazo	2035-2064
Proyección a largo plazo	2035-2094
Generador meteorológico	GWEX
Resolución temporal	Diario
Fuente de los datos observados de referencia	Spain02
Modelo de simulación hidrológica	TETIS
Modelo de simulación hidráulica	IBER

**Tabla 13.- Consideraciones metodológicas en estudios con modelos de clima futuro a escala de cuenca o subcuenca (Beneyto et al., 2024)**

En el estudio de los efectos del cambio climático con escenarios de emisiones prescritos por el IPCC (Tabla 13), la metodología propuesta incluye tres principales tipos de análisis y/o datos: (1) Modelo climático, (2) Modelo hidrológico distribuido, y (3) Modelo paleohidrológico y de cambios ambientales.

Las previsiones climáticas se obtienen del experimento EURO-CORDEX, donde se utilizan un total de 12 combinaciones diferentes de Modelos de Circulación Global (MCG) y Modelos de Circulación Regional (MCR), incluyendo la precipitación diaria y la temperatura mínima y máxima con una resolución espacial de 0,11° (Tabla 13). Estos datos incluyen un periodo de control (1971-2000), una proyección a medio plazo (2035-2064) y una proyección a largo plazo (2065-2094). Las proyecciones utilizadas corresponden a la Senda de Concentración Representativa (RCP) 8.5, que representa un escenario alto de emisiones continuas de CO<sub>2</sub> a lo largo del siglo 21. Además, se utilizan datos de temperatura (corregidos de sesgo) para crear series temporales de Evapotranspiración Potencial (ET0).

La metodología propuesta por Beneyto et al., (2024) incluye los siguientes procedimientos (1) corrección del sesgo de los modelos climáticos; (2) realización (si no está disponible) de un estudio regional de la precipitación máxima diaria de los modelos climáticos corregidos por sesgo (tanto para el periodo de control como para las proyecciones); (3) implementación de un generador meteorológico (WG) estocástico y multi-sitio que incorpore la información de los estudios regionales ad hoc y genere series muy largas (es decir, 5000 años) de precipitación y temperaturas; (4) implementación de un modelo hidrológico totalmente distribuido y alimentado con las salidas del generador para producir series de caudales sintéticos; (5) comparación del desempeño del análisis de frecuencia de inundaciones a partir de series de inundaciones observadas y sintéticas; y (6) regionalización: incorporación de estimaciones de caudales históricos y de paleoinundaciones que cubren los últimos 500 años para validar los caudales sintéticos para períodos de alto retorno en otros lugares no medidos pero con información no sistemática.

La implementación de este análisis puede ser complementada con información sobre trayectorias de usos del suelo futuro, o incluso bajo escenarios de incendios forestales (cambio de uso del suelo puntual). El modelo calibrado puede ser usado también para ajustar evidencias paleohidrológicas e históricas, y entender mejor los procesos desencadenantes. De especial relevancia es esta aproximación cuando existe, además, información sobre usos del suelo pasados.

El proceso de regionalización de la información puede llevarse a cabo por medio del análisis de los caudales extremos reconstruidos y simulados en varias cuencas que se encuentren en una región hidrológica homogénea. La regionalización permite extrapolar el comportamiento esperado de cuencas que no hayan sido estudiadas (o en mejor medida) de la misma región.

Esta metodología se ha aplicado a un número reducido de cuencas a nivel nacional, por tanto, las conclusiones generalizables son preliminares en este momento, lo que exigirá a futuro, dentro del ámbito de la DHC Occidental, análisis más ampliados. No obstante, una de las conclusiones más importantes a nivel general, es que los cuantiles de precipitación experimentan incrementos similares a la temperatura, aunque la precipitación media anual se ve ligeramente reducida. Esto se traduce probablemente en una reducción del caudal medio anual de los ríos, combinada con episodios cada vez más frecuentes de grandes inundaciones. Por otro lado, los incrementos de caudal de los cuantiles de inundación son mayores en la parte alta de las cuencas, y menor a medida que aumenta el tamaño de la cuenca de recepción.

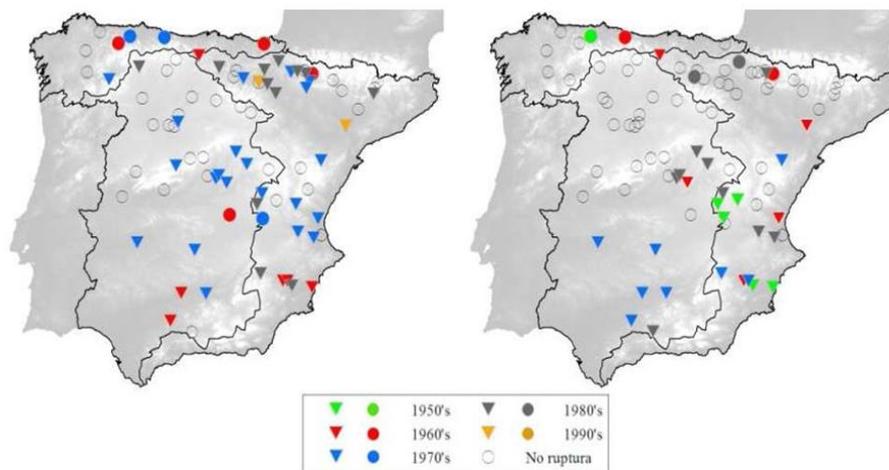
#### **4.3.1 Estudio cualitativo de los cambios en caudales máximos**

Las series históricas de caudales registradas en estaciones de aforo tienen unas duraciones relativamente pequeñas en relación con las escalas de cambio climático (unas pocas décadas en el mejor de los casos). A pesar de ello, estas series de caudal permiten identificar cambios en el régimen de caudales de avenida que también resultan relevante de cara a valorar la variación futura de la inundabilidad en un contexto de cambio climático. En este apartado se describen los resultados de diversos trabajos centrados en la identificación de tendencias de cambio en las series históricas de caudales de avenida. Aunque la mayor parte de las estaciones de aforo utilizadas para este análisis están ubicadas fuera del ámbito

de la DHC Occidental, las conclusiones resultan relevantes, en la medida que discuten tendencias de cambio y sus posibles orígenes.

Los estudios de tendencias y rupturas en las series de caudales máximos registrados en cursos en régimen natural o poco regulados de la península Ibérica, identifican rupturas en la media de los caudales máximos en el 55% de las estaciones. En el 88% de los casos, estas se constata una disminución de la media de los caudales medios de avenida tras estos puntos de ruptura (López de la Cruz, 2013; Mediero et al., 2014). En las cuencas del centro y sur del a península, estas rupturas se producen entre las décadas de los años 60 y 90. El estudio incluye únicamente tres estaciones en la DHC Occidental, en la que la media aumenta posteriormente a las rupturas.

Por su parte, el 50% de las estaciones de aforo de las cuencas de la costa atlántica muestra un adelanto del pico de inundación de al menos 15 días cada 50 años (25% de las estaciones con adelanto de más de -36 días cada 50 años; Blöschl et al., 2019).



**Figura 22.- Mapas con la distribución espacial de las series de caudales máximos con puntos de ruptura en la media (derecha) y varianza (izquierda). Los triángulos indican descenso en la media o varianza después del punto de ruptura, mientras los círculos indican incremento (López de la Cruz, 2013)**

Los registros del pasado evidencian una mayor variabilidad de los caudales extremos tanto espacial como temporalmente, en respuesta a las alteraciones de la circulación atmosférica, presentando una mayor sensibilidad en las inundaciones más extremas (inundaciones de T50 años y superiores). En las regiones mediterráneas la mayoría de los estudios indican que las magnitudes de las paleoinundaciones fueron mayores que las inundaciones observadas en estaciones de aforo. La caracterización de la torrencialidad del caudal de eventos pasados muestra un patrón espacial muy similar a la representada en los cambios de precipitación para periodos de retorno de 100 años en escenarios de emisiones altas (RCP 8.5).

Este análisis está limitado a la duración de las series históricas de aforo, que como se ha comentado anteriormente, no se extienden más allá de unas pocas décadas en el mejor de los casos. Existen algunos estudios fuera del ámbito de la DHC Occidental que extienden este registro mediante reconstrucciones de los caudales asociados a inundaciones históricas y otros datos de inundaciones históricas y paleoinundaciones. La principal conclusión de estos trabajos es que los rangos de caudal aumentan de forma dramática al incorporar información de eventos del pasado.

### 4.3.2 Cambio climático en otros factores que influyen en el riesgo de inundación

El cambio climático produce modificaciones sobre las variables climáticas y la circulación de la atmósfera, a la vez que interacciona con otros sistemas biofísicos y entre éstos y los sistemas sociales, pudiendo amplificar o atenuar sus efectos, lo que dificulta la predicción de su evolución. En el caso de los sistemas hidrológicos, el cambio climático afecta a los patrones de lluvia, tanto en sus variables medias como en los extremos (sequías, lluvias intensas). Sin embargo, la hidrología depende de otros parámetros directamente relacionados con el cambio global, tales como la cubierta vegetal, usos del suelo, construcción de embalses, que afectan en igual o mayor grado a los valores de escorrentía que contribuyen a los caudales de inundación. Por tanto, es necesario que, en lo sucesivo, el análisis de los efectos del cambio climático en la inundabilidad incorpore también estos otros factores interrelacionados.

En este apartado se describen los principales indicadores de cambio a escala de cuenca y de tramo fluvial, que puede tener una incidencia directa o indirecta en la delimitación de las zonas inundables para los supuestos descritos dentro del PGRI. En la tabla siguiente se identifican los elementos fundamentales que han sido incorporados al desarrollo de la Directiva de Inundaciones en los dos primeros ciclos y una sugerencia de nuevos estudios que podrían ser incorporados en futuros ciclos:

Metodología	1.º y 2.º ciclo Directiva	Estudios a incorporar en futuros ciclos de la Directiva
Hidrología	Análisis estadísticos	Análisis de tendencias Modelos no estacionarios
	Simulación P-E	Cambios de uso del suelo
Hidráulica	Geometría lecho fijo	Cambios en rugosidad Cambios en la geometría del cauce
	Flujo agua sin carga sedimentaria	Transporte sedimentos y carga flotante
Geomorfología	Cauce histórico y zona inundable	Incisión y agradación
	Morfometría fluvial	Morfodinámica (Espacio de Movilidad Fluvial)
Información histórica	Documentales	Paleoinundaciones: - Evidencias sedimentarias - Botánicas (dendro) - Archivo documentales
	Fotografías	

**Tabla 14.- Principales componentes metodológicos usados para la generación de mapas de peligrosidad en el 1.º y 2.º ciclo de la Directiva, y elementos de análisis para avanzar en el estudio de los impactos del cambio climático sobre la delimitación de zonas inundables**

Los cambios de uso de suelo influyen de forma notable en el comportamiento hidrológico de las cuencas fluviales y, por tanto, en el régimen de inundaciones. En las últimas décadas, los cambios de usos de suelo se han intensificado en el mundo, generalmente hacia situaciones de una mayor degradación del suelo. En España, el abandono de los campos

agrícolas ha tenido enormes consecuencias ambientales, y en particular sobre la hidrología del suelo, escorrentía, fuentes de sedimentos, erosión del suelo, ajustes de cauces fluviales y riesgos de incendios forestales (van Leeuwen et al., 2019). Los cambios debidos al abandono del suelo y proliferación de masa forestal han estado históricamente asociados a una mayor probabilidad de incendios (Montiel-Molina et al., 2019), que pueden favorecer la erosión y pérdida de suelo. Por otro lado, los procesos de recuperación de la cobertura forestal durante los últimos años pueden mejorar los procesos hidrológicos en las cuencas (ej. infiltración) y, por lo tanto, reducir el impacto sobre las poblaciones humanas de las inundaciones, la erosión del suelo y/o deslizamientos de tierra. Este aumento de la cobertura forestal puede llevar consigo una mayor interceptación de la precipitación en forma de nieve, reduciendo significativamente el equivalente de agua que llega al suelo (Sanmiguel-Vallelado et al., 2020).

La proyección futura de posibles escenarios de usos del suelo, representa una tarea compleja ya que las variaciones en la ocupación del suelo no son fácilmente predecibles, y dependen de movimientos demográficos y políticas socio-económicas externas al medio natural (Arnold et al., 1998). En el mismo sentido que los modelos del clima, se pueden establecer escenarios de la evolución de los usos del suelo en el futuro, que permitan evaluar su impacto en la escorrentía superficial y en los caudales de inundación.

En los estudios a escala de tramo conviene determinar los condicionantes geomorfológicos y biológicos que afectan a la capacidad de desagüe y la conectividad hidrológica y sedimentaria. En concreto, la densidad de la vegetación riparia puede afectar a la rugosidad y a la capacidad de evacuación de las aguas de crecida, así como incrementar la carga leñosa que pueda ocasionar taponamiento de puentes e infraestructuras transversales. Igualmente, la disminución de la velocidad en algunas zonas con vegetación contribuye a incrementar las tasas de sedimentación. Por otro lado, la propia dinámica fluvial produce cambios o perturbaciones en la morfología del cauce que pueden ser de tipo estacional (acumulación de gravas en barras), progresivas (e.g. erosión de banco en orilla cóncava), o bruscas (avulsión de meandros) en relación con inundaciones extraordinarias. En estos casos, el cambio en la sección transversal y geometría longitudinal de cauce genera un cambio topográfico que se refleja en los caudales de desbordamiento, y por tanto en la extensión de las zonas inundables para un mismo caudal. En numerosos casos la carga sólida puede suponer más de un tercio del volumen total del caudal pico. Igualmente, los procesos asociados al transporte de sedimentos pueden derivar en sedimentación en determinadas partes del cauce y facilitar los desbordamientos de la llanura de inundación. La carga de sedimento sólido que acarrea el flujo de inundación tiene un alto potencial para obstruir o represar la corriente, modificar la geometría del cauce, así como para modificar las propiedades del flujo (Vazquez-Tarrío et al., 2024). Por ello, se propone cuantificar el arrastre e incorporación de sedimentos durante los eventos de inundación.

Igualmente, la presencia de material leñoso puede llegar a retener y acumular un volumen significativo de sedimento, y puede ser determinante en la configuración geomorfológica del río (Ruiz-Villanueva et al., 2015). El papel del material leñoso no ha sido estudiado sistemáticamente, y en cuencas de montaña de tamaño medio-pequeño puede tener un efecto importante en los picos de inundación (Martín-Vide et al., 2023). La presencia de material leñoso en los ríos incrementa la rugosidad, facilita la acumulación de sedimento y materia orgánica creando obstáculos en el trazado y desarrolla zonas de bifurcación del flujo.

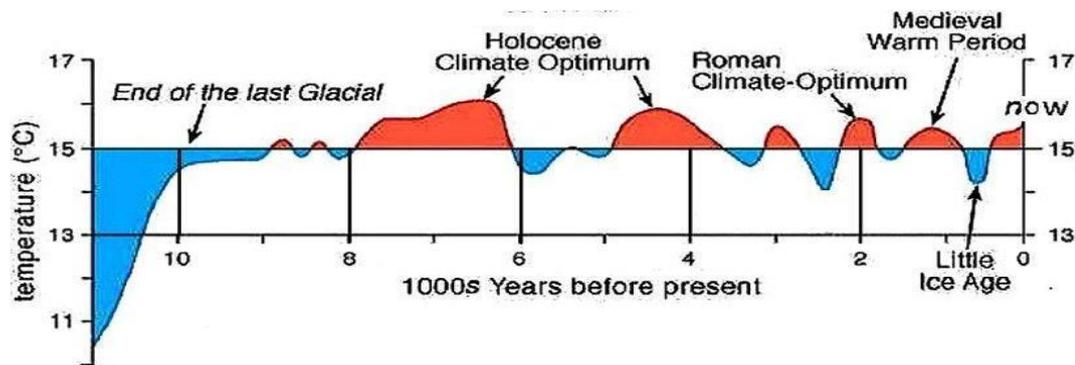
#### 4.4 Elaboración de una base de datos de paleoinundaciones como apoyo para la revisión de la EPRI incluyendo los efectos del cambio climático: la base de datos PaleoRiada

La Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) del primer y segundo ciclo de desarrollo de la Directiva de Inundaciones siguió para la definición de las ARPSIs una metodología (descrita en el capítulo 2) que sugería la recopilación de la información fácilmente disponible sobre: topografía y cartografía existente, geomorfología, información histórica, usos del suelo, red e infraestructuras hidráulicas, estudios de inundabilidad, cambio climático y planes especiales de protección civil.

La información histórica en los dos anteriores ciclos de EPRI se ha limitado a la recopilación de: Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), consulta a la guardería fluvial, proyectos de obras y actuaciones de emergencia tras inundaciones, informes sobre eventos extremos y catastróficos, aforos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) y Anuarios de Aforos, Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIHs) y otras redes instrumentales. A partir del análisis de esta información fácilmente disponible se pretendía la identificación de zonas aluviales y torrenciales y los principales episodios históricos, que ayudasen a la preselección de zonas de inundación potencial (ZIPs).

Sin embargo, el uso exclusivo de estas fuentes de información pretérita tiene una serie de limitaciones y sesgos cuando se trata de tener en consideración el cambio climático y global:

- **Sesgo temporal:** sólo considera eventos pretéritos de inundación de los últimos 2200 años y con cierta fiabilidad de los últimos 100 años (con disponibilidad de aforos); por lo que obvia los cambios climáticos anteriores, de todo el Holoceno, donde se han sucedido periodos cálidos y secos (óptimo climático holoceno) y otros fríos y secos (boreal), donde la frecuencia y magnitud de las inundaciones era otra respecto a la actual.
- **Sesgo espacial:** sólo hay registro instrumental en cuencas y ríos monitorizados (con estaciones de aforo y además series largas) o registro documental con focos de producción de materiales impresos (únicamente villas y ciudades importantes con editoriales, imprentas y medios de comunicación).
- **Sesgo documental:** sólo hay registro de eventos en periodos con alta producción documental (último siglo y medio con la prensa diaria) mientras que en otros periodos no se conserva por escasa producción (periodo visigodo o islámico) o por haber sido destruida (guerras).
- **Sesgo de percepción:** el registro y relevancia de las inundaciones históricas es variable según comunidades humanas (rurales vs urbanas) y en función de los periodos históricos.
- **Sesgo de magnitud:** sólo se registran inundaciones históricas de magnitudes intermedias; ni se registran las catastróficas (fuera de rango de las estaciones de aforo y que generan reacción en el registro documental) ni las ordinarias (que apenas producen daños e inundación).



Por ello, la delimitación en la EPRI de las ZIPs usando únicamente información histórica documental puede conducir a una visión parcial y distorsionada de las verdaderas zonas de inundación potencial, sobre todo en condiciones de clima cambiante.

### Las paleoinundaciones como registro complementario y alternativo

Para paliar esos sesgos, especialmente el sesgo temporal (ampliando el rango hasta miles o decenas de miles de años, en los valores de periodos de retorno del reglamento de seguridad de presas) y espacial (para que cualquier sector del territorio, aforado o no, tenga registro de inundaciones pretéritas) hay que buscar otras fuentes de información que complementen o incluso sean una alternativa a las inundaciones históricas documentales e instrumentales.

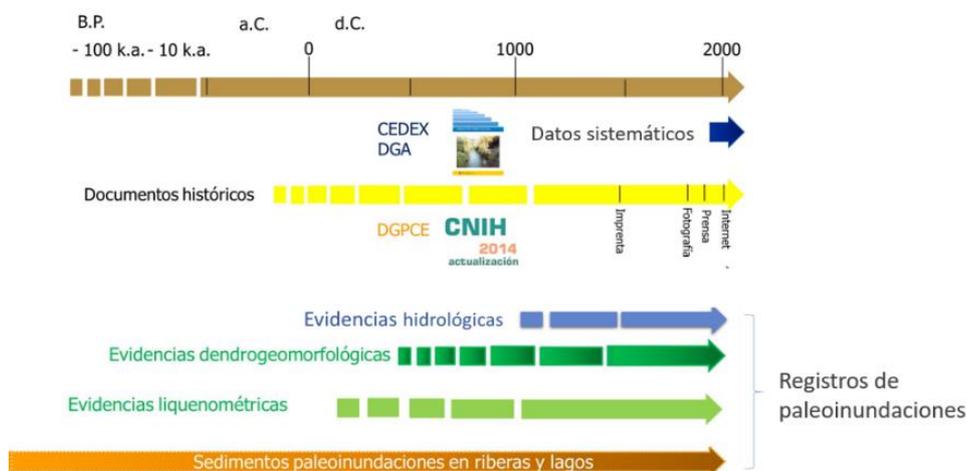
Estas fuentes de información novedosas sobre inundaciones pretéritas, que sí que contemplan rangos temporales en los que se han registrado varios cambios climáticos (algunos análogos al calentamiento actual), hay que buscarlas en evidencias empíricas, reconocibles en la Naturaleza, de esos eventos de inundación pasados.

Las **paleoinundaciones** son eventos de inundación pretéritos (desde hace miles de años a la actualidad) cuya ocurrencia queda registrada en los elementos naturales de la gea (las rocas y sus relieves), la hidrosfera (el agua líquida, nieve o hielo) o la biota (seres vivos).

A partir del estudio de estos efectos naturales de las inundaciones pretéritas surgen los distintos tipos de registros de paleoinundación: geológico-geomorfológicos (sedimentos, marcas y formas), hidrológico-glaciológicos (nieve o hielo) y biológicos-botánicos (árboles y líquenes).

Estos registros aumentan el rango temporal de las inundaciones pretéritas en siglos, milenios e incluso decenas de milenios antes del presente; y permiten obtener información de la frecuencia y magnitud de inundaciones del pasado en lugares sin fuentes documentales ni cuencas aforadas. Así lo han entendido en los Estados Unidos de Norteamérica, donde es preceptivo su consulta y uso (Harden et al., 2021).

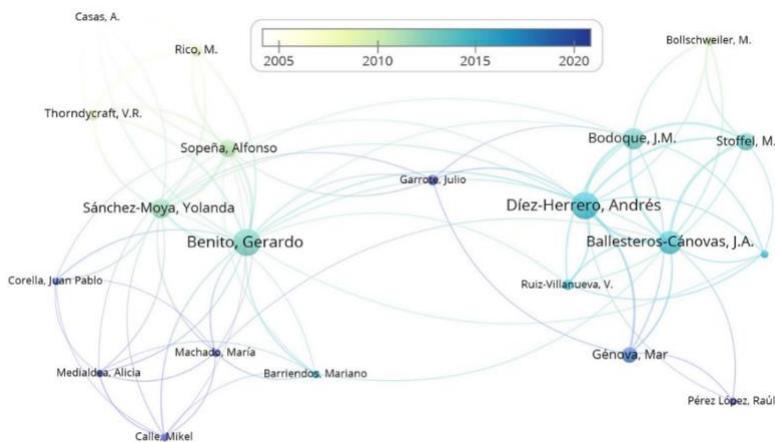
Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas



El registro de paleoinundaciones publicado en España

En España se han hecho estudios de paleoinundaciones registradas en elementos naturales desde hace décadas y, de hecho, en la década 1996-2005 se elaboraron dos bases de datos de registros de paleoinundaciones para la cuenca del Tajo (PaleoTagus) y para las cuencas internas de Cataluña (SPHERE-GIS).

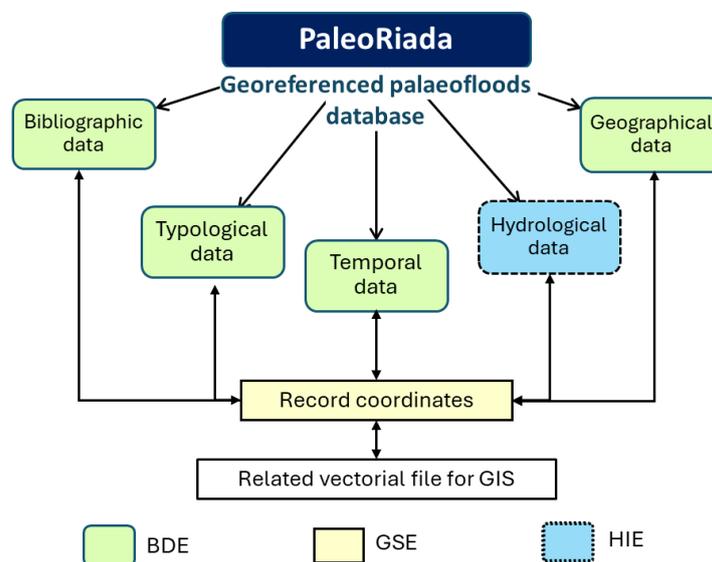
Pero en las últimas tres décadas la investigación científica y desarrollo técnico en España han sido de tal magnitud (Jiménez Álvarez, Coord., 2021), que varios equipos de centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), fundamentalmente del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), Instituto Geológico y Minero de España (IGME) e Instituto de Geociencias (IGEO), y varias universidades españolas (UCM, UCLM, UAM, UJ...) y extranjeras (UBern), han publicado multitud de textos científicos y técnicos y artículos, etc.



## PaleoRiada: la base de datos georreferenciada de paleoinundaciones publicadas en España

La Dirección General del Agua (DGA, MITECO), conocedora de la existencia de esta importante fuente de información útil para los organismos de cuenca en la revisión del tercer ciclo de la EPRI, pero difícilmente accesible por encontrarse en publicaciones muy especializadas, en inglés y no fácilmente comprensible salvo para los expertos, encargó al Instituto Geológico y Minero (IGME, CSIC) que en colaboración con el MNCN (a través de la Subvención de la DGA al CSIC para investigación) buscara todas esas publicaciones sobre paleoinundaciones en España, extrajera la información de interés técnico y elaborase una base de datos georreferenciada de utilidad para la comunidad técnica de gestores del agua (organismos de cuenca, empresas consultoras, autoridades de protección civil, etc.).

PaleoRiada ha sido diseñada partiendo de un modelo conceptual que comprende tres grupos de entidades que describen las fuentes de información y características temáticas y espaciales de los registros de paleoinundaciones. Estos tres grupos son: (i) Entidades relacionadas de Datos Básicos (BDE); (ii) Entidades relacionadas Geoespaciales (GSE); y (iii) Entidades relacionadas con información Hidrológica (HIE). Esta estructura conceptual busca (a través de los dos primeros grupos de entidades) almacenar, en cada una de las entradas de la base de datos, información temporal, tipológica y espacial de los registros de paleoinundaciones (como requisito mínimo). Adicionalmente, el tercer grupo de entidades (opcional) ofrece la posibilidad de incorporar información hidrológica a cada registro. La información espacial almacenada en cada entrada de la base de datos incluye tanto la información geográfica general (corriente fluvial asociada, región, cuenca hidrográfica, entre otros), como una relación que permite conocer la localización del registro (almacenada en un fichero vectorial tipo punto).



Las tablas de información básica almacenan la información alfanumérica que describe el registro de paleoinundación en los siguientes términos: (i) geográficos, (ii) tipológicos, (iii) temporales, y (iv) bibliográficos. Dentro de este grupo de tablas, se encuentra el campo identificador de los registros de paleoinundaciones (ID), el cual contiene el *primary key* (PK) de cada uno de los registros ingresados en la base de datos.

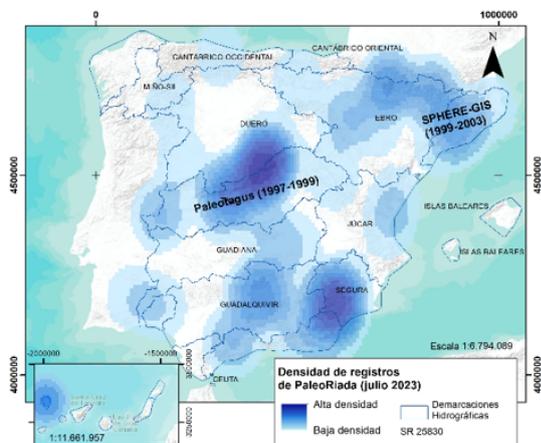
Las tablas de información espacial contienen la información relacional y espacial (coordenadas) que localiza los registros. Estas tablas relacionan los registros de paleoinundaciones con los puntos almacenados en el fichero vectorial. Esta relación se asignó teniendo en cuenta la posibilidad de que varios registros pudiesen estar asociados a un mismo punto, pues el conjunto de datos incluía en muchos casos puntos de muestreo con registros de paleoinundaciones sucesivas en un mismo lugar con coordenadas idénticas. De este modo, cada punto de localización de los registros tiene un identificador relacionado con uno o más identificadores de registro.

Por último, las tablas de información hidrológica almacenan datos de descargas, niveles y velocidades estimadas o registradas, además de información específica extraída de las publicaciones (datos de precipitaciones, métodos de estimación e incertidumbre de los valores de descarga). Las entradas de estas tablas también están relacionadas con los registros de paleoinundaciones a través de los identificadores de registro. En este caso, este tipo de relación se asignó teniendo en cuenta la posibilidad de que un mismo registro de paleoinundación pudiese relacionarse con datos hidrológicos provenientes de más de una fuente de información o método de estimación.

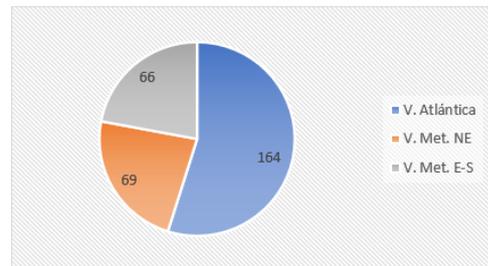
### Los registros de PaleoRiada en la actualidad (julio 2024)

En la actualidad (a fecha de julio de 2024) la base de datos PaleoRiada tiene implementado un total de **299 registros de paleoinundaciones** publicados sobre el territorio español, que se distribuyen espacio-temporalmente de la siguiente manera:

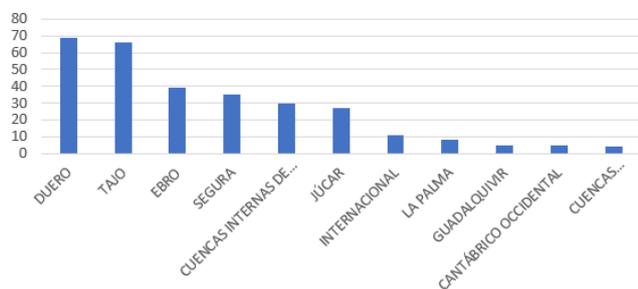
#### Densidad espacial de registros



#### Cuencas vertientes a mares y océanos

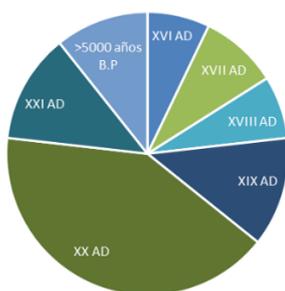


#### Demarcaciones Hidrográficas

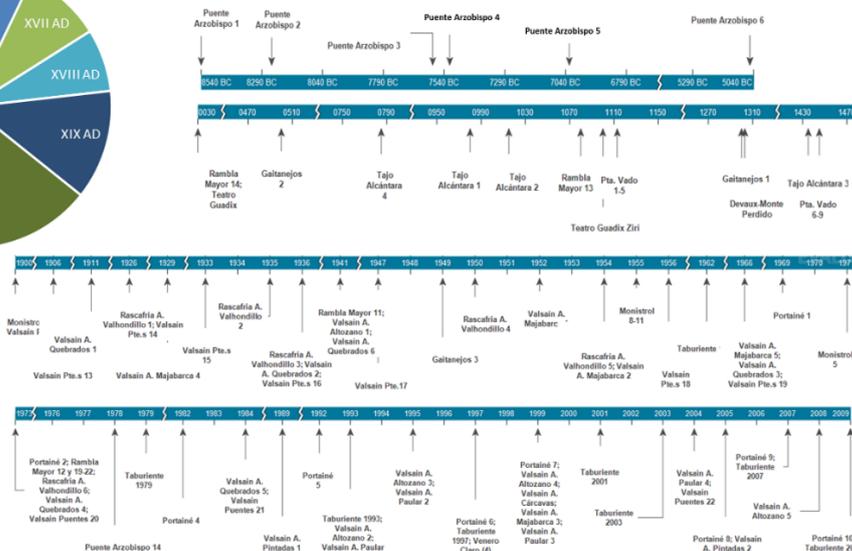


## Temporalidad de los registros de paleoinundaciones

Distribución temporal de los registros



Entre 97.000 años BP y el año 2014 CE

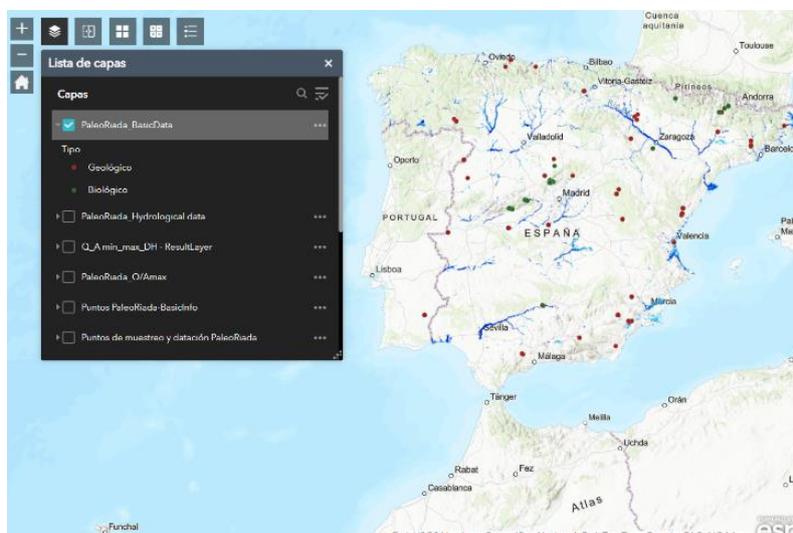


### El visor cartográfico de PaleoRiada

Para facilitar la consulta y uso de la base de datos georreferenciada, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC) ha puesto a disposición de los organismos de cuenca y empresas consultoras un **visor cartográfico soportado en la aplicación ArcGIS online**, que permite la consulta y análisis de la información de todas las tablas y registros simplemente con una conexión a Internet, sin necesidad de disponer de licencia de dicha aplicación. Además, su uso con menús de capas y persianas desplegadas de los registros es muy intuitivo y común a cualquier otro visor cartográfico, como el del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).

Para ello basta con poner en el navegador la siguiente dirección URL:

<https://sgaicisic.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=047e3ddb46354f5785e59ff06c2cd5eb>



Igualmente se ha creado una **página web-blog** en la que se actualizarán las novedades de nuevos registros, funcionalidades de la base de datos o publicaciones divulgativas de su uso y aplicación: [www.inundacion.es/paleoriada/](http://www.inundacion.es/paleoriada/)

### **Paleoriadas registradas en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental**

Se ha consultado la información del visor cartográfico de Paleoriada en la DHC Occidental. Se han detectado cinco registros de paleoinundaciones, las cuales a su vez se han agrupado en 3 zonas. Cuatro registros de ellos se ubican en el sistema de explotación del Sella en Asturias y uno en el sistema del Nansa en Cantabria. Todos ellos se encuentran vinculadas con cuevas.

En la siguiente imagen se muestra la localización geográfica de las 3 zonas (círculos naranjas) donde existen registros de paleoinundaciones en el la DHC Occidental.



**Figura 23.- Localización geográfica de los registros de paleoriadas en el la DHC Occidental extraído del visor de paleoriadas**

#### Sistema de explotación del Sella

En este sistema se han encontrado cuatro registros asociados a:

- “Cueva Rosa” (M1): 3 registros publicados en el año 2015. Los registros son:
  - Registro de 7.300 años consistente en Estalagmita con granos de arenas y arcilla dentro de su estructura.
  - Registro de 5.300 años consistente en Estalagmita con granos de arenas y arcilla dentro de su estructura.
  - Registro de 1.553 años consistente en Estalagmita con niveles detríticos, también fragmentos de madera en una marca de inundación.
- “Cueva Fria” (M2): En este sistema se ha encontrado un registro publicado en el año 2014, y con una edad de 2.900 años. Se trata de capas de óxido de Mn en las paredes de la cueva y niveles detríticos en estalagmitas.

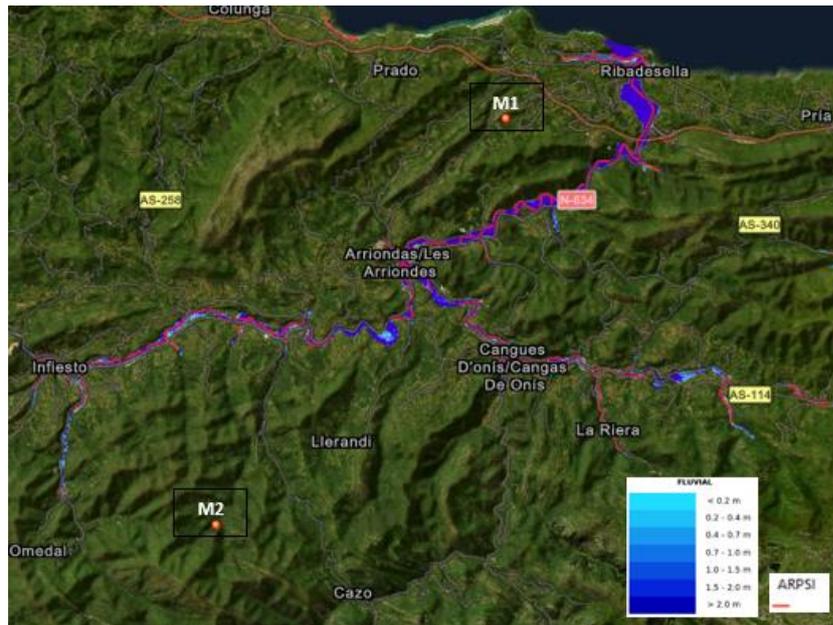


Figura 24.- Ubicación de registros de paleoriadas identificados en el sistema del Sella en la DHC Occidental

Tras revisar la información contenida en el visor de paleoriadas y visto que las zonas donde existen registros de paleoinundaciones en el sistema de explotación del Sella se ubican o bien en zonas de cabecera, o bien en zonas donde no existen zonas vulnerables donde se genere un riesgo, además de estar alejados de redes de drenaje superficial por ser cuevas y no existir otro tipo de eventos históricos de inundación, no se contempla generar ningún tramo ARPSI nuevo asociado a dichos registros.

#### Sistema de explotación del Nansa

En este sistema se ha encontrado un registro publicado en el año 2012, “Cueva el Soplao” (M3), y con una edad de 500.000 años. Se trata de Aragonita laminada intercalada entre sucesivas capas delgadas de limo y arcilla cementadas.

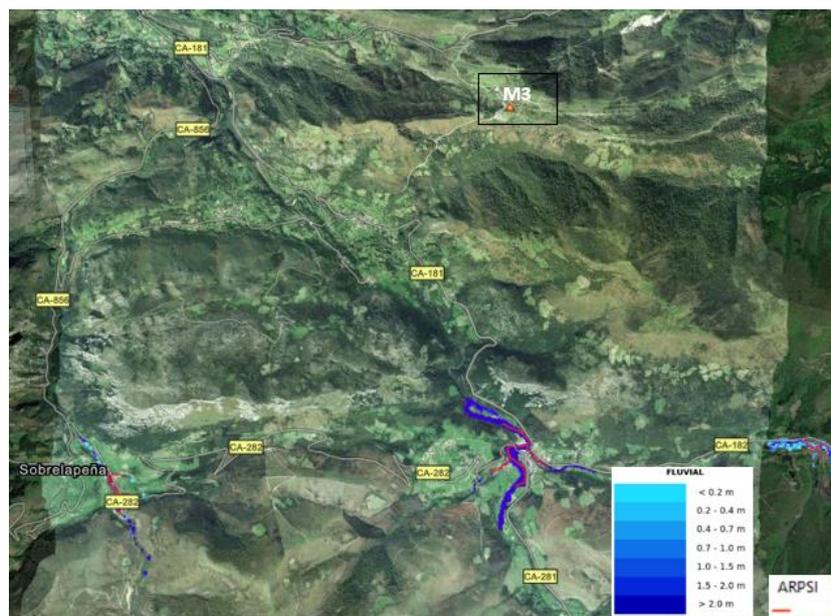


Figura 25.- Ubicación del registro de paleoriadas identificados en el sistema del Nansa en la DHC Occidental

Efectuada la revisión del registro de paleoinundaciones localizado en el sistema de explotación del Nansa, se concluye que, por su localización, inexistencia de eventos históricos de inundación conocidos y la ausencia de elementos vulnerables, no se contempla generar un tramo ARPSI nuevo asociado a dicha localización.

#### 4.5 Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar

En relación con las inundaciones debidas al mar, desde el punto de vista jurídico, la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas introdujo una regulación específica para afrontar con garantías la lucha contra los efectos del cambio climático en el litoral. Entre otras cuestiones, su Disposición adicional octava establece la obligación del entonces Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de proceder a la elaboración de una estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático en el plazo de dos años desde la entrada en vigor de la Ley. Se señala igualmente que dicha estrategia se sometería a Evaluación Ambiental Estratégica, en la que se indicaran los distintos grados de vulnerabilidad y riesgo del litoral y se propondrían medidas para hacer frente a sus posibles efectos.

De acuerdo con ello, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del entonces Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente redactó la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española, que fue sometida al procedimiento de evaluación ambiental estratégica ordinaria según lo previsto en la Sección 1ª del Capítulo I del Título II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental. Con fecha 12 de diciembre de 2016, la Secretaría de Estado de Medio Ambiente emitió Resolución por la que se formuló Declaración Ambiental Estratégica favorable de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española, concluyéndose que, cumpliendo los requisitos ambientales que se desprenden de la Declaración Ambiental Estratégica, no se producirían impactos adversos significativos.

En julio de 2017, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar resolvió aprobar la [Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española](#). Esta Estrategia se estructura en tres partes:

- *Primera parte: Diagnóstico de la situación actual:*

*Esta primera parte recoge fundamentalmente una descripción de la costa española, con sus diferentes vertientes y características, un resumen del último informe IPCC y sus implicaciones para nuestra costa y un diagnóstico para toda la costa en relación al cambio climático.*

- *Segunda parte: Objetivos específicos, directrices generales y medidas*

*En este apartado se recogen los objetivos específicos de la Estrategia y las directrices generales (incluyéndose los sistemas sobre los que se consideran los efectos del cambio climático, los factores de cambio, los escenarios y proyecciones, los impactos incluidos y los niveles de riesgo y de consecuencias), así como las medidas propuestas.*

- *Tercera parte: Implementación y seguimiento*

*Esta última parte recoge aspectos tales como los análisis coste-eficacia de las medidas, las fuentes de financiación y calendario y el seguimiento de la estrategia. Asimismo, se incluyen aspectos como la coordinación y los instrumentos adicionales.*

A la hora de evaluar la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar, se ha de tener en cuenta el diagnóstico incluido en la primera parte de la Estrategia, para el cual se han empleado los resultados del proyecto C3E ([Cambio Climático en la Costa Española](#)). Entre los objetivos de este proyecto se incluía la necesidad de:

- *Aportar una visión de los principales cambios acontecidos en las costas españolas en décadas recientes*
- *Proporcionar una cuantificación de los cambios futuros apoyada en diversos escenarios de cambio*
- *Inferir los posibles impactos en horizontes de gestión de varias décadas*
- *Proporcionar una visión de la vulnerabilidad actual de las costas ante los mismos*
- *Establecer métodos, datos y herramientas para sucesivos pasos y análisis a escalas de mayor resolución espacial con el fin de establecer líneas de actuación encaminadas a la gestión responsable y la disminución de los riesgos, en aras de un desarrollo más sostenible y seguro del litoral español.*

Las principales conclusiones derivadas del proyecto C3E, publicadas en el visor cartográfico <https://c3e.ihcantabria.com/> y directamente relacionadas con las inundaciones debidas al mar, son las siguientes:

- *Los sistemas costeros y, en especial, las zonas bajas como el Delta del Ebro, desembocaduras de los ríos y estuarios y marismas, experimentarán impactos adversos como la inundación costera y la erosión debido a la subida del nivel del mar y cambios en la dirección e intensidad del oleaje.*
  - *Para cualquier escenario de aumento del nivel medio del mar, los mayores aumentos en porcentaje en la cota de inundación de las playas se producirán en la cuenca Mediterránea siendo, en términos absolutos, mayor la cota de inundación en las costas cantábrico-atlántica y canaria.*
  - *Aunque las proyecciones de marea meteorológica tienen un elevado grado de incertidumbre, la subida del nivel del mar potenciará los eventos extremos de inundación aumentando su intensidad y especialmente su frecuencia.*
  - *Considerando un escenario tendencial de aumento del nivel medio del mar a 2040 (aproximadamente 6 cm), las playas de la cornisa cantábrico-atlántica y norte de las Canarias experimentarán retrocesos medios cercanos a los 3 m, 2 m en el Golfo de Cádiz y valores medios entre 1 y 2 m en el resto de las fachadas. Es necesario hacer constar que estos valores son cotas inferiores. Por un lado, consideran un escenario tendencial con un valor de aumento del nivel del mar muy inferior al proyectado en el último informe del IPCC para dicho horizonte que cuadruplica aproximadamente el valor tendencial. En segundo lugar, estos valores de retroceso corresponden*

*únicamente a la componente de inundación lenta por aumento del nivel del mar, sin tener en cuenta, los posibles efectos de los eventos extremos.*

- *Más aún, es necesario hacer constar que el uso de escenarios tendenciales, es decir, obtenidos a partir de la extrapolación de las observaciones históricas se encuentra del lado de la inseguridad a la hora de la evaluación de riesgos, dado que infravalora el impacto que las emisiones presentes y futuras puedan tener sobre el nivel del mar. Por ello, es esperable que los retrocesos en las playas vayan a ser superiores a los correspondientes a los escenarios tendenciales.*
- *Si la tendencia en el aumento de la población, actividades y localización de bienes en la costa española continúa, se incrementará la exposición y vulnerabilidad costera. Los riesgos y consecuencias sobre el sistema socioeconómico debidas a eventos extremos de inundación ya experimentadas en la actualidad continuarán, y se verán agravadas, por los efectos del cambio climático y en especial por la subida del nivel del mar.*
- *Los puertos sufrirán alteraciones en sus condiciones de operatividad. El aumento del nivel del mar producirá una reducción general en el número de horas disponibles para realizar las operaciones en todos los puertos de España. Asimismo, la proyección de los cambios en el oleaje observados hasta el momento, hacen previsible que en 2040 se haya producido una reducción de la operatividad en los puertos del Cantábrico, sureste de las Islas Canarias y norte de Mallorca y un aumento de la misma en los puertos del Mediterráneo, si no se toman medidas de adaptación. En cuanto a la fiabilidad de las estructuras, el aumento del nivel del mar reducirá la fiabilidad de la mayor parte de las obras marítimas de los puertos de España, siendo este efecto contrarrestado en algunos casos (Mediterráneo principalmente) por los cambios del oleaje.*
  - *Los citados impactos negativos por aumento del nivel medio del mar, se verán potenciados en el horizonte 2100 para cualquier proyección de aumento del nivel del mar considerada en todos los puertos españoles o infraestructuras localizadas en la costa (energía, transporte, abastecimiento, saneamiento, etc.) requiriendo la introducción de medidas de adaptación durante las próximas décadas.*
  - *Ante un escenario de aumento del nivel medio del mar de 50 cm en el periodo 2081-2100, el incremento de la cota de las obras de protección frente a la inundación costera o de las infraestructuras de defensa portuarias, necesario para mantener la misma frecuencia de excedencias por eventos de inundación que la observada en el periodo 1986-2005, se sitúa entre 40 y 60 cm en el Cantábrico.*
  - *Considerando escenarios tendenciales para el aumento del nivel del mar y la vulnerabilidad en la costa noratlántica, en el año 2040 la población afectada por inundación permanente estará en torno al 2-3% de la población total de las provincias de Coruña, Cantabria y Guipúzcoa en 2008. Para un incremento de nivel del mar medio de 50 cm en el horizonte 2100, el número de personas por provincia afectadas a lo largo de la costa entre Pontevedra y Guipúzcoa varía entre el 1% y el 4% de la población en 2008, siendo su distribución irregular por provincias. Tanto para 2040 como para 2100 las proyecciones se han realizado sin considerar adaptación.*

- *En la fachada costera, entre las provincias de Pontevedra y Guipúzcoa, a 2040 la proyección tendencial de la inundación permanente sin adaptación implicaría unos costes entre el 0,4 y 1,5% del PIB anual provincial a 2008, considerando una tasa de descuento del 3%.*
- *Si se considera el evento extremo de inundación de periodo de retorno de 50 años a día de hoy y sin adaptación, las consecuencias económicas se distribuirían irregularmente entre las provincias de Pontevedra y Guipúzcoa alcanzando valores de entre el 0,4% y el 2,6 % del PIB provincial ante un evento extremo equivalente en 2040.*
- *Las infraestructuras son el principal activo expuesto en todas las provincias estudiadas. En la fachada noratlántica, para un escenario de subida de nivel del mar global de 85 cm (próximo al peor previsto por el IPCC) en el año 2100, más del 10 % del suelo correspondiente a infraestructuras se podría ver afectado en las provincias gallegas.*

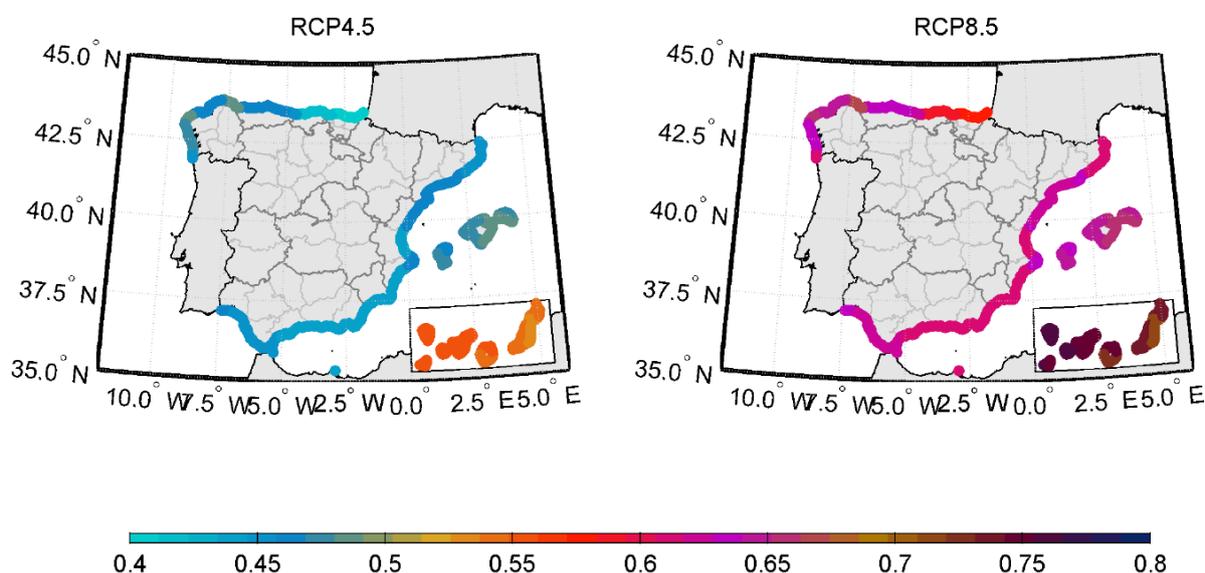


Figura 26.- Proyecciones regionalizadas de aumento del nivel del mar (m) en el período 2081-2100 (con respecto al período 1986-2005) para los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) en las costas españolas. Fuente: adaptado de Slangen et al. (2014)

Posteriormente, dentro de las actividades desarrolladas en el marco del proyecto “Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española” realizado entre el MITECO y la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, se presentaron en noviembre de 2019 las nuevas proyecciones de las dinámicas marinas regionalizadas y que el MITECO ha puesto a disposición (<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategia-adaptacion-cambio-climatico.html>).

En el marco de dicho proyecto, se ha procedido a evaluar la incorporación de las repercusiones del cambio climático en la incidencia de las inundaciones costeras, haciendo uso de los desarrollos y bases de datos mencionados anteriormente, realizando las actualizaciones necesarias en la información generada durante el primer ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

Esta tarea se ha resuelto haciendo uso de las nuevas bases de datos de proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas, para estimar el impacto en la inundación costera, tomando como base las metodologías y herramientas desarrolladas en el [proyecto iOLE](#), a lo largo de los perfiles topo-batimétricos generados en dicho proyecto que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español. Una de las tareas fundamentales de este trabajo ha sido adaptar la metodología original del iOLE para emplear dichas nuevas bases de datos en lugar de las originalmente utilizadas, desarrolladas en el proyecto C3E. De esta forma se ha revisado el impacto del cambio climático en la inundación costera a lo largo de los perfiles topo-batimétricos generados en el proyecto iOLE que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español.

La nueva metodología generada ha permitido comparar los eventos extremos de inundación costera proyectados con los históricos, en cada uno de los perfiles topo-batimétricos y acotando la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España. Para ello se han utilizado distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodos de tiempo (1985-2005, 2026-2045, 2081-2100), modelos climáticos, función distribución de ANMM (aumento del nivel medio del mar) y periodos de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Este amplísimo escenario de alternativas estudiadas ha permitido obtener una profunda visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se han organizado en dos escalas espaciales. Primeramente, con base a los resultados obtenidos directamente en las proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (resolución espacial de aproximadamente 10 km) se ha generado un atlas con la distribución del nivel del mar compuesto (TWL) a lo largo de la costa española. La definición de TWL utilizada, incorpora únicamente las componentes de nivel del mar respecto al nivel medio del mar local, es decir la suma de la marea astronómica, marea meteorológica y ANMM, sin la contribución del oleaje. Posteriormente, se ha evaluado la inundación costera a la escala de los 200 m, mediante el uso de los perfiles topo-batimétricos del iOLE, lo que ha permitido evaluar todos los procesos de inundación bidimensionales debidos a la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje. La inundación costera se ha caracterizado por medio de la cota de inundación (CI, distancia en vertical, respecto al NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas) y la distancia de inundación (DI, distancia en horizontal, respecto a la línea costa del NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas). Cabe señalar que los procesos de inundación costera se han resuelto mediante el modelo numérico IH2VOF (<https://ihcantabria.com/specialized-software/ih2vof/>), que es uno de los más avanzados en su clase, debido fundamentalmente a su versatilidad, robustez y su extensa validación para reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes. Asimismo, la gran cantidad de información utilizada se ha administrado eficientemente mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011).

Los resultados de ambas aproximaciones permiten caracterizar de forma general el impacto del cambio climático en toda España. De forma particular, los resultados del atlas (a la escala de los 10 km) son válidos en zonas dónde el oleaje no tiene relevancia (por ejemplo, en el interior de rías o estuarios, o al abrigo de infraestructuras portuarias). Por otro lado, los resultados de la cota y distancia de inundación costera (a la escala de los 200 m) se generan a lo largo de la línea de costa directamente expuesta a la acción del oleaje (sin

entrar en rías, estuarios, interior de puertos, etc.); no se generan en acantilados, pues se considera que no se ven afectados por la inundación costera; tampoco se generan resultados donde la inundación supera los 1000 m, pues los perfiles del iOLE tienen una extensión máxima emergida de 1000 m. Todos los resultados obtenidos, a ambas escalas, evalúan la inundación costera para distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos. Dichos resultados se organizan en mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia, calculando la media y la desviación típica del ensemble de los distintos modelos climáticos evaluados; también se representan los valores del periodo histórico de referencia. Los mapas de cambio respecto al periodo de referencia se generan de forma adimensional, permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la magnitud de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de incremento relativo (%) y también permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la frecuencia de ocurrencia de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de Factor de Amplificación del periodo de retorno.

La ingente cantidad de mapas generados a escala nacional, complica la gestión y observación de los resultados a la escala espacial de su generación (hasta ~200 m a lo largo de la línea de costa). Por ello, todos los mapas se han hecho accesibles a través de un visor web específico ( <https://pima-directiva.ihcantabria.com/> ), en el que se muestran los mapas a escala nacional, pero también se puede identificar y visualizar toda la información por demarcación hidrográfica o provincia, a elección del usuario, permitiendo gestionar los resultados concretos en cada zona. En el visor se organizan todos los mapas de valores del periodo de referencia, incremento relativo y Factor de Amplificación del nivel del mar compuesto, cota de inundación y distancia de inundación, a lo largo de todo el litoral español. Los mapas de cambio respecto al periodo de referencia se han particularizado para los distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodos de tiempo futuro (2026-2045 y 2081-2100), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica del multi-modelo), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 y 5%) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Todo ello permite obtener una amplia visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, estudiando las distintas escalas espaciales (~10 km, ~200 m), variables de impacto de la inundación costera (TWL, CI y DI) y prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre del Cambio Climático en los resultados obtenidos. Adicionalmente se presenta un resumen de los resultados con los valores del Incremento Relativo y Factor de Amplificación de TWL, CI y DI, para los distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. También se representan los valores de TWL, CI y DI para el periodo histórico de referencia. De todos ellos se evalúa la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como el rango de valores más representativo entre los que oscilan específicamente para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

En cuanto a los resultados obtenidos, cabe señalar que las distintas variables de impacto han generado mapas coherentes entre sí, por lo que ante la posible falta de resultados de CI o DI en una zona específica, siempre se puede recurrir a los de TWL. Los valores de TWL en general son algo mayores que los de CI y DI, y éstos últimos menores y más localizados, ya que se evalúan a una mayor resolución espacial y teniendo en cuenta los procesos de propagación, rotura e inundación del oleaje en la costa. Todos ellos (TWL, CI y DI) presentan incrementos relativos mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico, pues la marea astronómica es menor en el Mediterráneo. Los incrementos relativos aumentan en

función del ANMM y para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos Escenarios Climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son en general significativas. Los Factores de Amplificación tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, lo que implica que los periodos de retorno futuros descienden hasta tener una recurrencia anual.

Como los resultados obtenidos de cota y distancia de inundación, debido a su altísima variabilidad espacial, no permiten resumir los valores concretos que se han obtenido en los mapas del visor, se resumen únicamente los resultados del atlas de TWL:

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL en el Mediterráneo, para el medio plazo (2026-2045), tienen valores bastante homogéneos a lo largo de la cuenca mediterránea para los periodos de retorno  $Tr=10$  y 50 años, estando más zonificados los valores máximos para el periodo de retorno  $Tr=500$  años. Dichos valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP 8.5 y ANMM=95%.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. En el Cantábrico se llegan a valores del orden del 30%, y hasta el 60% en las Canarias, ambos para el RCP 8.5 y ANMM=95%. En las Baleares, para la mayoría de casos analizados, se supera el 100% de incrementos relativos de TWL para los distintos  $Tr$ . Para la cuenca Mediterránea los valores máximos son aún mayores y varían en función del periodo de retorno analizado, disminuyendo los valores a medida que aumenta  $Tr$ ; así, por ejemplo,  $Tr=10$  años, presenta valores máximos de incremento relativo de TWL en el Mediterráneo desde el 130% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 230% para el RCP 8.5 y ANMM=95%; en cambio para  $Tr=500$  años, dichos valores máximos serían, respectivamente, del 60% y 150%.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10% en el Atlántico; en cambio, en el Mediterráneo presentan valores más elevados, llegando a valores máximos desde el 20% hasta el 70%, respectivamente para los periodos de retorno desde  $Tr=10$  años hasta  $Tr=500$  años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA son similares. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045, 2081-2100), para la península Ibérica y las islas Baleares. En el archipiélago Canario los valores de Factor de Amplificación siempre coinciden con el periodo de retorno ( $FA=Tr$ ) y sus desviaciones típicas son muy pequeñas, lo que indica que de forma bastante robusta, el periodo de retorno futuro en la mayoría de casos desciende hasta 1 año.
  - Los valores máximos de FA de TWL en la península Ibérica y las islas Baleares, para el medio plazo (2026-2045), son del orden de  $Tr$ . Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para  $Tr=10$  años los mínimos se producen en el Cantábrico y son del orden de 5; para  $Tr=50$  y 100 años los mínimos se

encuentran entre 5 y 1 en el Cantábrico y en el Mediterráneo; y para  $Tr=500$  años, existen valores incluso inferiores a 1 en el Mediterráneo.

- Los valores máximos de FA de TWL en la península Ibérica y las islas Baleares, para el largo plazo (2081-2100), también son del orden de  $Tr$ . Los valores mínimos tan solo se reducen en el Mediterráneo para  $Tr=500$  años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, para la península Ibérica y las islas Baleares presentan siempre valores muy pequeños, sólo aumentan ligeramente cuando el FA es inferior a  $Tr$ .

Finalmente, también se ha definido la metodología para generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera, por si fuese necesario o de interés en algún tramo costero. Si bien, se considera que con toda la información que contiene el visor web del proyecto, se ha tenido en cuenta la repercusión del cambio climático en la inundación costera en España (tal y como expresa la Directiva de Inundaciones), pues el impacto del cambio climático en la inundación costera está perfectamente cuantificada respecto al periodo histórico de referencia. Lo que implica la no necesidad de generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera para el presente ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

Acceso al Informe resultado de esta tarea:

[https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea\\_4\\_pima\\_adapta\\_mapama\\_digitalweb-comprimido\\_tcm30-523734.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea_4_pima_adapta_mapama_digitalweb-comprimido_tcm30-523734.pdf).

Por otro lado, se ha elaborado recientemente El **Plan Estratégico Nacional para la Protección de la Costa Española** considerando los Efectos del Cambio Climático (en adelante, PEN), financiado por el Programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Unión Europea e implementado en colaboración con EUCC y sus socios, y la Comisión Europea, tiene como objetivo general proporcionar un enfoque coherente en el ámbito nacional, garantizando la armonización regional y la aplicación de las medidas de protección más adecuadas para todo el litoral español, entendidas como todas aquellas que medidas que recaen dentro de las competencias de la Dirección General de la Costa y del Mar (DGCM) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), fundamentalmente en relación a la gestión del riesgo de erosión de la costa, buscando **sinergias con la gestión del riesgo de inundación** e incorporando la adaptación al cambio climático.

La misión del PEN es guiar la toma de decisiones para ordenar las actuaciones y realizar por la DGCM en el ámbito nacional durante el presente ciclo de gestión, desde la actualidad (año de referencia 2022) hasta 2045, en el marco de sus competencias.

Para ello, el PEN incluye una propuesta de 5 programas de actuación, que se desarrollan en 17 actuaciones estratégicas y 80 actuaciones específicas de ámbito nacional, con el fin de mejorar la comprensión de las características y funcionamiento del sistema costero y hacer posible la racionalización de las intervenciones sobre el mismo alineándolas con las funciones y usos permitidos de la costa.

El PEN sigue las directrices marcadas por la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española y constituye la base y marca los principios a los que deben ajustarse las Estrategias para la Protección de la Costa.

El texto del Plan puede consultarse en el siguiente enlace

<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/planestrategiconacional.html>

Como complemento a este Plan, se ha elaborado una [Guía para el análisis regional del riesgo de erosión e inundación costera considerando los efectos del cambio climático](#). Esta metodología ya ha sido empleada para la redacción de las Estrategias de Cádiz, Málaga, Almería, e Illes Balears (también financiadas con cargo al Programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la UE).

## 5 Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación

Una vez realizado el análisis de la información relativa a inundaciones fluviales, pluviales y marinas, se presentan a continuación las conclusiones derivadas para cada una de ellas:

### ARPSIs de origen fluvial y fluvial-marino

Como resultado del desarrollo de la metodología expuesta, incluyendo entre otras, la actualización del registro de inundaciones históricas, la información relativa al impacto de las inundaciones pasadas, la incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación, la información suministrada por Protección Civil, así como otra información que pudiera modificar el riesgo en el ámbito de estudio, se considera que no es preciso modificar ni incluir ninguna nueva ARPSI de tipo fluvial y fluvial-marino en la EPRI 3.º ciclo de la DHC Occidental, al estar adecuadamente contemplado el riesgo en los tramos ARPSI definidos en el 2.º ciclo en la Demarcación.

### ARPSIs de origen pluvial

Con base a la actualización del estudio de los eventos históricos realizado en la revisión de esta EPRI, así como tomando en consideración los aspectos topográficos e hidrometeorológicos y el conocimiento que se tiene del área de estudio, se concluye que no hay evidencias claras para designar ARPSIs de tipología pluvial en la EPRI 3.º ciclo de la DHC Occidental.

### ARPSIs de origen marino

Al igual que en las ARPSIs de origen fluvial y fluvial-marino no se contempla modificación alguna, tampoco se hace en las ARPSIs marinas definidas en el 2º ciclo de la EPRI, manteniéndose con plena vigencia las mismas ARPSIs para la Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 3.º ciclo) de la DHC Occidental.

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, **se concluye que la revisión y actualización de la EPRI correspondiente al tercer ciclo en la DHC Occidental debe mantener las ARPSIs definidas en la EPRI del segundo ciclo, y que no es necesario realizar cambios en su delimitación.**

La relación completa de ARPSIs fluviales, fluviales-marinas y marinas identificadas en las EPRI de los ciclos anteriores, una vez realizada la revisión y actualización (tercer ciclo), se incluye en la siguiente tabla.

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-1-1	Arroyo Monjardín	Asturias	Asturias	Vegadeo	Arroyo Monjardín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-1-2	Río Suarón	Asturias	Asturias	Vegadeo	Río Suarón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-2-1	Río Navia	Asturias	Asturias	Navia	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-3-1	Río Negro	Asturias	Asturias	Valdés	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-3-2	Río Negro	Asturias	Asturias	Valdés	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-4-1	Arroyo de Yerbo	Asturias	Asturias	Tineo	Arroyo de Yerbo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-5-1	Río Navelgas	Asturias	Asturias	Tineo	Río Navelgas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-6-1	Río Esva	Asturias	Asturias	Valdés	Río Esva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-7-1	Río Nisón \ Río Fresnedo	Asturias	Asturias	Allande	Río Nisón - Río Fresnedo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-8-1	Río Narcea	Asturias	Asturias	Cangas del Narcea	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-8-2	Río Narcea	Asturias	Asturias	Cangas del Narcea	Río Narcea – Río Naviego	2º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-9-1	Río Narcea	Asturias	Asturias	Tineo	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-10-1	Río Narcea - Soto de los Infantes	Asturias	Asturias	Salas	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-1	Río Narcea \ Río Pigüaña	Asturias	Asturias	Salas/Belmonte de Miranda	Río Narcea - Río Pigüaña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-2	Río Pigüaña	Asturias	Asturias	Belmonte de Miranda	Río Pigüaña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-11-3	Río Narcea - Puente Laneo	Asturias	Asturias	Salas	Río Narcea	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-12-1	Río Narcea \ Río Nonaya	Asturias	Asturias	Pravia	Río Narcea - Río Nonaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-13-1	Río Nalón - Tramo Bajo	Asturias	Asturias	Pravia, Soto del Barco	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-13-2	Río Nalón	Asturias	Asturias	Pravia	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-14-1	Río Cubia	Asturias	Asturias	Grado	Río Cubia - Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-15-1	Arroyo San Claudio	Asturias	Asturias	Oviedo	Arroyo San Claudio	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-16-1	Río Trubia	Asturias	Asturias	Oviedo	Río Trubia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-17-1	Río Trubia	Asturias	Asturias	Santo Adriano	Río Trubia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-18-1	Río Teverga	Asturias	Asturias	Teverga	Río Teverga	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-19-1	Río Llano o Riosa	Asturias	Asturias	Morcín, Riosa	Río Riosa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-20-1	Río Caudal	Asturias	Asturias	Morcín	Río Caudal	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-21-1	Río Caudal \ Arroyo de La Nicolasa	Asturias	Asturias	Mieres	Río Caudal - Arroyo Nicolasa	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-22-1	Río de San Juan	Asturias	Asturias	Mieres	Río de San Juan	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-22-2	Río San Juan	Asturias	Asturias	Mieres	Río de San Juan	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-23-1	Río Turón	Asturias	Asturias	Mieres	Río Turón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-1	Río Aller	Asturias	Asturias	Aller	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-2	Río Aller	Asturias	Asturias	Mieres	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-24-3	Río Aller - Confluencia Río Negro	Asturias	Asturias	Aller	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-25-1	Río Aller - Confluencia Arroyo San Isidro	Asturias	Asturias	Aller	Río Aller	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-26-1	Río Negro	Asturias	Asturias	Aller	Río Negro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-27-1	Río San Isidro	Asturias	Asturias	Aller	Río San Isidro	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-28-1	Río Nalón - Soto de Ribera	Asturias	Asturias	Ribera de Arriba	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-29-1	Río Nalón - Tramo Medio	Asturias	Asturias	Oviedo	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-30-1	Río Nalón	Asturias	Asturias	Langreo, Laviana, San Martín del Rey Aurelio	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-31-1	Río Nalón - Río Seco	Asturias	Asturias	Sobrescobio	Río Nalón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-32-1	Río Villoría - Villoría	Asturias	Asturias	Laviana	Río Villoría	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-32-2	Río Villoría - San Pedro de Villoría	Asturias	Asturias	Laviana	Río Villoría	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-33-1	Río del Alba	Asturias	Asturias	Sobrescobio	Río del Alba	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-34-1	Río Nora \ Río Noreña	Asturias	Asturias	Oviedo, Siero, Llanera	Río Nora - Río Noreña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-35-1	Río Noreña	Asturias	Asturias	Noreña	Río Noreña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-36-1	Río Nora	Asturias	Asturias	Siero	Río Nora	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-1	Ría de Avilés	Asturias	Asturias	Avilés	Ría de Avilés	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-37-2	Arroyo de La Villa	Asturias	Asturias	Avilés	Arroyo de la Villa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-3	Arroyo de Molleda	Asturias	Asturias	Avilés, Corvera de Asturias	Arroyo de Molleda	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-37-4	Río Raíces	Asturias	Asturias	Avilés, Castrillón	Río Raíces	2º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-38-1	Río Albares	Asturias	Asturias	Corvera de Asturias	Río Albares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-39-1	Arroyo de Lantada	Asturias	Asturias	Gozón	Arroyo de Lantada	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-AST-40-1	Río Pinzales	Asturias	Asturias	Gijón	Río Pinzales	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-41-1	Arroyo La Pedrera	Asturias	Asturias	Gijón	Arroyo La Pedrera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-42-1	Río Piles	Asturias	Asturias	Gijón	Río Piles	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-43-1	Ría de Villaviciosa	Asturias	Asturias	Villaviciosa	Ría de Villaviciosa	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-43-2	Río de Villaviciosa	Asturias	Asturias	Villaviciosa	Ría de Villaviciosa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-44-1	Río Fuensanta	Asturias	Asturias	Bimenes	Río Fuensanta	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-45-1	Río Piloña	Asturias	Asturias	Piloña, Parres	Río Piloña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-46-1	Río Sella - Arriendas	Asturias	Asturias	Parres, Cangas de Onís	Río Piloña - Río Sella	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-46-2	Río Sella - Cangas de Onís	Asturias	Asturias	Parres, Cangas de Onís	Río Sella	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-47-1	Río Güeña	Asturias	Asturias	Cangas de Onís	Río Güeña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-48-1	Río Güeña \ Río Tabardín	Asturias	Asturias	Cangas de Onís	Río Güeña - Río Tabardín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-49-1	Río Güeña	Asturias	Asturias	Onís	Río Güeña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-50-1	Río Sella	Asturias	Asturias	Ribadesella	Río Sella	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-50-2	Río Sella - Confluencia Río Zardón	Asturias	Asturias	Ribadesella	Río Sella	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-51-1	Río de Las Cabras o Bedón	Asturias	Asturias	Llanes	Río Bedón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-52-1	Río Cares	Asturias	Asturias	Cabrales	Río Cares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-53-1	Río Deva - Panes	Asturias	Asturias	Peñamellera Baja	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-54-1	Río Espinaredo	Asturias	Asturias	Piloña	Río Espinaredo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-55-1	Arroyo de Tarabica	Asturias	Asturias	Llanera	Arroyo de Tarabica	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-56-1	Río Somiedo	Asturias	Asturias	Somiedo	Río Somiedo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-AST-57-1	Río Piles \ Arroyo de La Pedrera	Asturias	Asturias	Gijón	Río Piles - Arroyo de la Pedrera	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-AST-58-1	Arroyo Cañeo	Asturias	Asturias	Gozón	Arroyo Cañeo	1.º Ciclo	Marina
ES018-AST-59-1	Río Raíces	Asturias	Asturias	Castrillón	Río Raíces	1.º Ciclo	Marina
ES018-AST-60-1	Río Espasa	Asturias	Asturias	Colunga	Río Espasa	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-1-1	Arroyo Sámano	Cantabria	Cantabria	Castro-Urdiales	Arroyo Sámano	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-1-2	Arroyo Sámano	Cantabria	Cantabria	Castro Urdiales	Arroyo Sámano	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-1-3	Arroyo Sámano	Cantabria	Cantabria	Castro-Urdiales	Arroyo Tabernillas	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-CAN-2-1	Río Agüera	Cantabria	Cantabria	Guriezo	Río Agüera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-2-2	Río Agüera	Cantabria	Cantabria	Guriezo	Río Agüera	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-3-1	Arroyo de Hazas	Cantabria	Cantabria	Liendo	Arroyo de Hazas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-4-1	Río Asón \ Río Carranza	Cantabria	Cantabria	Ramales de la Victoria	Río Asón, Río Carranza	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-5-1	Río Asón Confluencia Río Ruahermosa	Cantabria	Cantabria	Ampuero	Río Asón - Río Bernales	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-5-2	Río Asón -Limpias	Cantabria	Cantabria	Ampuero	Río Asón	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-6-1	Río Campiezo	Cantabria	Cantabria	Hazas de Cesto	Río Campiezo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-6-2	Río Campiezo	Cantabria	Cantabria	Hazas de Cesto	Río Campiezo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-1	Río Pas	Cantabria	Cantabria	Vega de Pas	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-2	Río Pas - Puente Viesgo	Cantabria	Cantabria	Puente Viesgo, Santiurde de Toranzo	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-3	Río Pas - Entrambasmestas	Cantabria	Cantabria	Corvera de Toranzo, Santiturde de Toranzo, Luena	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-7-4	Arroyo de La Plata	Cantabria	Cantabria	Santiurde de Toranzo	Arroyo de la Plata	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-8-1	Regato Troneda	Cantabria	Cantabria	Santiurde de Toranzo	Regato Troneda	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-1	Río Pisueña	Cantabria	Cantabria	Selaya, Villacarriedo, Villafufre	Río Pisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-2	Río Pisueña \ Arroyo Suscuaja	Cantabria	Cantabria	Santa María de Cayón	Río Pisueña - Arroyo Suscuaja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-3	Río Pisueña - Pomaluengo	Cantabria	Cantabria	Castañeda	Río Pisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-9-4	Río Pisueña - La Penilla	Cantabria	Cantabria	Santa María de Cayón	Río Pisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-10-1	Río Pas \ Río Carrimont	Cantabria	Cantabria	Miengo, Piélagos	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-10-2	Río Pas - Oruña	Cantabria	Cantabria	Piélagos	Río Pas	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-10-3	Río Pas \ Río Carrimont	Cantabria	Cantabria	Piélagos	Río Pas / Río Carrimont	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-1	Arroyo Revilla	Cantabria	Cantabria	Riotuerto	Arroyo Revilla	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-2	Río Miera \ Río Aguanaz	Cantabria	Cantabria	Ribamontán al Monte, Entrambasaguas, Marina de Cudeyo	Río Miera / Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-11-3	Río Miera	Cantabria	Cantabria	Liérganes	Río Miera	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-CAN-11-4	Río Miera	Cantabria	Cantabria	Ríotuerto	Río Miera	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-12-1	Río Aguanaz	Cantabria	Cantabria	Entrambasaguas	Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-12-2	Río Aguanaz	Cantabria	Cantabria	Entrambasaguas	Río Aguanaz	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-13-1	Río Pontones	Cantabria	Cantabria	Ribamontán al Monte	Río Pontones	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-14-1	Bahía de Santander \ Ría del Carmen o de Boó	Cantabria	Cantabria	Santander, Camargo, Astillero, Marina de Cudeyo	Bahía de Santander - Ría del Carmen o de Boó	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-14-3	Ría del Carmen o de Boó	Cantabria	Cantabria	Camargo	Ría del Carmen o de Boó	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-15-1	Río Besaya \ Río Bisueña	Cantabria	Cantabria	Bárcena de Pie de Concha	Río Besaya - Río Bisueña	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-16-1	Río Besaya \ Río Casares \ Río de Los Praos	Cantabria	Cantabria	Arenas de Iguña, Molledo	Río Besaya - Río Casares - Río de los Praos	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-17-1	Río Cieza	Cantabria	Cantabria	Cieza	Río Cieza	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-18-1	Río Besaya	Cantabria	Cantabria	Torrelavega, Cartes	Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-18-2	Río Besaya	Cantabria	Cantabria	Los Corrales de Buelna, San Felices de Buelna	Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-19-1	Río Saja \ Río Besaya	Cantabria	Cantabria	Torrelavega, Santillana del Mar	Río Saja - Río Besaya	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-19-2	Río Saja	Cantabria	Cantabria	Torrelavega, Suances, Polanco	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-20-1	Río Saja - Renedo	Cantabria	Cantabria	Cabuérniga, Ruento	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-21-1	Río Saja - Ruento	Cantabria	Cantabria	Ruento	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-22-1	Río Saja - Cabezón de la Sal	Cantabria	Cantabria	Cabezón de la Sal, Mazcuerras	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-23-1	Arroyo de La Sierra	Cantabria	Cantabria	Mazcuerras	Arroyo de la Sierra	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-24-1	Río Saja	Cantabria	Cantabria	Reocín, Cabezón de la Sal, Mazcuerras	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-25-1	Río Saja	Cantabria	Cantabria	Udías	Arroyo de Subía	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-26-1	Río Saja	Cantabria	Cantabria	Reocín	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-27-1	Río del Escudo	Cantabria	Cantabria	Valdáliga	Río del Escudo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-28-1	Río del Escudo \ Arroyo de Bustriguado	Cantabria	Cantabria	Valdáliga	Río del Escudo - Arroyo de Bustriguado	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-29-1	Río Nansa \ Río Quivierda	Cantabria	Cantabria	Cabuérniga	Arroyo Collada - Arroyo Hoyamala	1.º Ciclo	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	NOMBRE	CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S	CICLO	ORIGEN
ES018-CAN-30-1	Río Nansa \ Río Quivierda \ Barranco de Río seco	Cantabria	Cantabria	Rionansa	Río Nansa, Río Quivierda, Barranco de Río seco	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-31-1	Río Lamasón	Cantabria	Cantabria	Lamasón	Río Lamasón	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-32-1	Río Nansa	Cantabria	Cantabria	Val de San Vicente	Río Nansa	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-33-1	Río Quiviesa	Cantabria	Cantabria	Vega de Liébana	Río Quiviesa	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-34-1	Río Deva - Areños	Cantabria	Cantabria	Camaleño	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-35-1	Río Deva - Potes	Cantabria	Cantabria	Potes, Cillorigo Castro	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-36-1	Río Deva - Barcena	Cantabria	Cantabria	Camaleño	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-37-1	Río Deva	Cantabria	Cantabria	Peñarrubia	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-CAN-38-1	Río Deva	Cantabria	Cantabria	Val de San Vicente	Río Deva	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-39-1	Río Agüera o Mayor	Cantabria	Cantabria	Liendo, Castro Urdiales	Río Agüera	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-40-1	Río Asón \ Río Clarín \ A, Regatón \ A Jurisdic.	Cantabria	Cantabria	Laredo, Colindres	Río Asón - Río Clarín - Arroyo Regatón	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-41-1	Río Asón \ Río Clarín \ Canal de Boo	Cantabria	Cantabria	Santoña, Argoños, Escalante	Río Asón - Río Clarín - Canal de Boo	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-42-1	Ría de Cabo Quejo	Cantabria	Cantabria	Noja, Arnúero	Ría de Cabo Quejo	1.º Ciclo	Marina
ES018-CAN-43-1	Río Saja	Cantabria	Cantabria	Suances	Río Saja	1.º Ciclo	Fluvial/Marina
ES018-CAN-44-1	Arroyo Gandaria	Cantabria	Cantabria	Comillas	Arroyo Gandaria	1.º Ciclo	Marina
ES018-LEO-1-1	Río Cares	Castilla y León	León	Posada de Valdeón	Río Cares	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-1-1	Río Eo	Galicia	Lugo	A Pontenova	Río Eo	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-2-1	Rego de Machín	Galicia	Lugo	Riotorto	Rego de Machín	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-3-1	Río Navia	Galicia	Lugo	Navia de Suarna	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial
ES018-LUG-4-1	Río Navia	Galicia	Lugo	As Nogais	Río Navia	1.º Ciclo	Fluvial

El resultado es un total de **145 tramos ARPSI** para la presente Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 3.<sup>er</sup> ciclo) de la DHC Occidental.

La propuesta de delimitación detallada de ARPSIs se muestra en los **Anexos 2 y 3** de este documento.

En el **Anexo 2** se incluyen mapas específicos de la demarcación: mapa general, mapa de topografía, mapa de unidades hidrológicas, mapa de usos del suelo, y un último mapa guía de la demarcación con la ubicación de todas las ARPSIs propuestas para la EPRI 3.<sup>er</sup> ciclo.

El **Anexo 3** se compone de fichas descriptivas de cada una de estas ARPSIs. Cada ficha contiene información básica del ARPSI, incluyendo ubicación, cauces, cartografía de peligrosidad, inundaciones históricas y riesgos potenciales actualizada para este 3.<sup>er</sup> ciclo.

## 6 Consulta pública

Dando cumplimiento al artículo 7 del RD 903/2010, este documento, junto con los anejos que lo acompañan, serán sometidos a consulta pública durante un plazo mínimo de tres meses. Este apartado se completará tras la finalización de esta consulta pública, indicando las modificaciones que, en su caso, y en función de los resultados de dicho procedimiento, se hagan a la documentación de la Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 3.º ciclo) de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.

## 7 Documentación y bibliografía

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., (1998). Large area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 34(1): 73-89.

Ballesteros Cánovas, J. A., Eguibar, M., Bodoque, J. M., Díez-Herrero, A., Stoffel, M., & Gutiérrez-Pérez, I. (2011). Estimating flash flood discharge in an ungauged mountain catchment with 2D hydraulic models and dendrogeomorphic palaeostage indicators. Hydrological Processes, 25(6), 970-979.

Ballesteros Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., ... & Kaitna, R. (2016). Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance. Science of the total environment, 557, 142-153.

Bathurst, J. C., Birkinshaw, S. J., Cisneros Espinosa, F., & Iroumé, A. (2017). Forest impact on flood peak discharge and sediment yield in streamflow. River System Analysis and Management, 15-29.

Beneyto, C.; Aranda, J.Á.; Francés, F. (2024). On the Use of Weather Generators for the Estimation of Low-Frequency Floods under a Changing Climate. Water 2024, 16, 1059. <https://doi.org/10.3390/w16071059>

Benito G, Ballesteros-Cánovas, J.A. and Díez-Herrero, A. (2023). Palaeoflood Hydrology: Reconstructing rare events and extreme flood discharges. In: Paron, P. and Di Baldassarre, G. (eds.). Hydro-Meteorological hazards, risks, and disasters. Hazards and Disasters Series, Elsevier, Amsterdam. 65-103.

Benito, G, Lang, M, Barriendos, M, Llasat, M.C, Francés, F, Ouarda, T, Thorndycraft, V, Enzel, Y, Bardossy, A, Coeur, D, Bobée, B. (2004). Use of systematic, palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation. Review of scientific methods. Natural Hazards 31, 623–643.

Bermúdez, M., Farfán, J. F., Willems, P., & Cea, L. (2021). Assessing the effects of climate change on compound flooding in coastal river areas. Water Resources Research, 57(10), e2020WR029321.

Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R. A., Parajka, J., Merz, B., ... & Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature, 573(7772), 108-111.

Bonsoms, J., López-Moreno, J. I., & Alonso-González, E. (2023). Snow sensitivity to temperature and precipitation change during compound cold-hot and wet-dry seasons in the Pyrenees. The Cryosphere, 17(3), 1307-1326.

Cutillas-Lozano, L. G., López, M. S. C., Velasco, A. P., Andrés-Doménech, I., & Olcina-Cantos, J. (2023). Local-scale regionalisation of climate change effects on rainfall pattern: application to Alicante City (Spain). Theoretical and Applied Climatology, 154(1-2), 377-402.

EXCIMAP. (2007). Handbook on good practices for flood mapping in Europe. Excimap (European exchange circle on flood mapping).

- García-Ruiz J.M, Lana-Renault N., (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140: 317-338. DOI: 10.1016/j.agee.2011.01.003
- Garijo, C., & Mediero, L. (2018). Influence of climate change on flood magnitude and seasonality in the Arga River catchment in Spain. *Acta Geophysica*, 66, 769-790.
- Gosling S.N., Zaherpour J., Ibarreta D., (2018). PESETA III: Climate change impacts on labour productivity, EUR 29423 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-96912-6, doi:10.2760/07911, JRC113740
- Harden, T.M., Ryberg, K.R., O'Connor, J.E., Friedman, J.M., and Kiang, J.E. (2021): Historical and paleoflood analyses for probabilistic flood-hazard assessments—Approaches and review guidelines. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 4, chap. B6, 91 p., <https://doi.org/10.3133/tm4B6>.
- IPCC 2022. Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., ... & Okem, A. (2022). IPCC, 2022: Summary for policymakers.
- Jiménez Álvarez, A. (Coord.; 2021): Paleocrecidas y avenidas históricas y su aplicación a la seguridad hidrológica de las presas. Monografías CEDEX, M-143, Madrid, 224 pp.
- López de la Cruz, J. (2013). Análisis estadístico y modelación del régimen de las crecidas en ríos de la España Península en un contexto no estacionario. Tesis de Doctorado. Director: F. Francés. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Lorenzo, M. N. y Alvarez, I. (2020). Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050. *Science of The Total Environment*, 723, 138014.
- Martín-Vide, J. P., Bateman, A., Berenguer, M. Ferrer-Boix, C., Amengual, A., Campillo, M., Corral, C., Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Gómez, S., Marín-Esteve, B., Prats-Puntí, A., Ruiz-Carulla, R., Sosa-Pérez, R., (2023). A flash flood with large Woody debris clogged bridges. The 2019 event of Francolí River (NE Iberian Peninsula), *J. Hydrol.: Regional Studies*, 47, 101348.
- MITECO (2018). Inundaciones y Cambio Climático. Estudio y experiencias a nivel Europeo en el primer ciclo de la Directiva de Inundaciones. Madrid, 105 pp.
- Montiel-Molina, C., Vilar, L., Romão-Sequeira, C., Karlsson, O., Galiana-Martín, L., Madrazo-García de Lomana, G., & Palacios-Estremera, M. T. (2019). Have historical land use/land cover changes triggered a fire regime shift in central Spain? *Fire*, 2(3), 44.
- Morin, S., Samacoïts, R., François, H., Carmagnola, C. M., Abegg, B., Demiroglu, O. C., ... & Cauchy, A. (2021). Pan-European meteorological and snow indicators of climate change impact on ski tourism. *Climate Services*, 22, 100215.
- Riahi, K. et al., (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168,

Rodríguez-Lloveras, X., Buytaert, W., Benito, G., (2016). Land use can offset climate change induced increases in erosion in Mediterranean watersheds. *CATENA*, 143: 244-255.

Ruiz-Villanueva, V., Díez-Herrero, A., Bodoque del Pozo, J.M., Bladé, E., (2015). Avances en el análisis del material leñoso en ríos, incorporación, transporte e influencia en el riesgo por inundaciones. *Cuaternario y Geomorfología*, 29, 7-33.

Sanmiguel-Vallelado, A., López-Moreno, J. I., Morán-Tejeda, E., Alonso-González, E., Navarro-Serrano, F. M., Rico, I., & Camarero, J. J. (2020). Variable effects of forest canopies on snow processes in a valley of the central Spanish Pyrenees. *Hydrological Processes*, 34(10), 2247-2262.

Tuset, J., Barriendos, M. & Barriendos, J. (2022). "Historical Floods on the Spanish Mediterranean Basin: A Methodological Proposal for the Classification of Information at High Spatio-Temporal Resolution—AMICME Database (CE 1035–2022)" *Land* 11, no. 12: 2311. <https://doi.org/10.3390/land11122311>

Van Leeuwen, C. C., Cammeraat, E. L., de Vente, J., & Boix-Fayos, C. (2019). The evolution of soil conservation policies targeting land abandonment and soil erosion in Spain: A review. *Land use policy*, 83, 174-186.

Vázquez-Tarrío, D., Ruiz-Villanueva, V., Garrote, J., Benito, G., Calle, M., Lucía, A., & Díez-Herrero, A. (2024). Effects of sediment transport on flood hazards: Lessons learned and remaining challenges. *Geomorphology*, 446. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108976>

Zittis, G., Bruggeman, A., & Lelieveld, J. (2021). Revisiting future extreme precipitation trends in the Mediterranean. *Weather and Climate Extremes.*, 34, 100380. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100380>.