

Demarcación Hidrográfica del Segura

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

MEMORIA

DOCUMENTO CONSULTA PÚBLICA

SEPTIEMBRE 2024



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL SEGURA, O.A.



Índice

MEMORIA

1	Introducción.....	1
1.1	Objeto y ámbito de aplicación.....	1
1.2	Ámbito territorial	4
1.3	Resultados de la EPRI del primer y segundo ciclo.....	11
1.4	Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 3º ciclo.....	18
2	Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2018-2024.....	22
3	Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI.....	29
3.1	Inundaciones de origen fluvial	29
3.1.1	Metodología empleada	29
3.1.2	Análisis de tramos a añadir a las ARPSI del 2.º ciclo	30
3.1.2.1	Identificación de tramos y zonas potencialmente inundables	30
3.1.2.2	Estimación del área inundable en los tramos identificados.....	38
3.1.2.3	Estimación y valoración de los daños en cada tramo/zona	40
3.1.2.4	Clasificación de los tramos o zonas	41
3.1.2.5	Definición de umbrales e identificación de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación	42
3.1.3	Propuesta de nuevas ARPSI	43
3.1.4	Análisis de tramos a eliminar ARPSI 2.º ciclo	45
3.1.5	Actualización del trazado de los tramos ARPSI del 2.º ciclo	45
3.2	Inundaciones de origen pluvial	45
3.3	Inundaciones debidas al mar	46
4	Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.....	47
4.1	Actualización de los estudios y experiencias a nivel europeo durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024)	47
4.1.1	Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos.....	48
4.1.2	Proyecciones en España	50
4.1.3	AdapteCCa.es: el visor de escenarios de cambio climático para España	55
4.2	Identificación de nuevas ARPSI como consecuencia del aumento del riesgo debido al cambio climático e impacto en las ARPSI declaradas	57
4.2.1	Metodología.....	57
4.2.2	Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Segura	61
4.3	Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en las inundaciones	64
4.3.1	Metodología y conclusiones.....	65
4.3.2	Estudio cualitativo de los cambios en caudales máximos	68

4.3.3	Cambio climático en otros factores que influyen en el riesgo de inundación	71
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	74
4.4.1	Las paleoinundaciones como registro complementario y alternativo	75
4.4.2	PaleoRiada: la base de datos georrefenciada de paleoinundaciones publicadas en España.....	78
4.5	Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar	82
5	Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación.....	91
6	Documentación y bibliografía.....	97
7	Anexos a la memoria.....	100

ANEXOS

ANEXO 1. PLANOS

ANEXO 2. EPISODIOS HISTÓRICOS

ANEXO 3. FICHAS DE TRAMOS ARPSI

Abreviaturas

<i>AEMET</i>	<i>Agencia Estatal de Meteorología</i>
<i>AR</i>	<i>Assessment Report</i>
<i>ARPSI</i>	<i>Área de riesgo potencial significativo de inundación</i>
<i>BCN</i>	<i>Base cartográfica numérica</i>
<i>BTN</i>	<i>Base Topográfica Nacional</i>
<i>BIC</i>	<i>Bien de interés cultural</i>
<i>BOE</i>	<i>Boletín Oficial del Estado</i>
<i>CARM</i>	<i>Comunidad Autónoma de la Región de Murcia</i>
<i>CCAA</i>	<i>Comunidades Autónomas</i>
<i>CCS</i>	<i>Consortio de Compensación de Seguros</i>
<i>CEDEX</i>	<i>Centro de estudios y experimentación de obras públicas</i>
<i>CHS</i>	<i>Confederación Hidrográfica del Segura, O.A.</i>
<i>CMIP</i>	<i>Coupled Model Intercomparison Project</i>
<i>CNIH</i>	<i>Catálogo Nacional de Información Hidrológica</i>
<i>CNIG</i>	<i>Centro Nacional de Información Geográfica</i>
<i>CORINE</i>	<i>Coordination of Information on the Environment</i>
<i>CSIC</i>	<i>Centro Superior de Invesgaciones Científicas</i>
<i>C3E</i>	<i>Cambio climático en la Costa Española</i>
<i>DANA</i>	<i>Depresión aislada en niveles altos</i>
<i>DGA</i>	<i>Dirección General del Agua</i>
<i>DGCM</i>	<i>Dirección General de la Costa y del Mar</i>
<i>DHS</i>	<i>Demarcación Hidrográfica del Segura</i>
<i>DI</i>	<i>Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 23 de octubre de 2007, relativa a la Evaluación y la gestión de los riesgos de inundación</i>
<i>DMA</i>	<i>Directiva Marco del Agua (directiva 2000/60/CE)</i>
<i>DPH</i>	<i>Dominio público hidráulico</i>
<i>DPHP</i>	<i>Dominio público hidráulico probable</i>
<i>DPMT</i>	<i>Dominio público marítimo terrestre</i>
<i>EPRI</i>	<i>Evaluación Preliminar de Riesgo de Inundación</i>
<i>GEI</i>	<i>Gases de efecto invernadero</i>
<i>GEODE</i>	<i>Mapa Geológico Digital de España</i>
<i>IGN</i>	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
<i>IGR-IGN</i>	<i>Información Geográfica de Referencia del Instituto Geográfico Nacional</i>
<i>IGME</i>	<i>Instituto Geológico y Minero de España</i>
<i>INUNMUR</i>	<i>Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Región de Murcia</i>
<i>IPH</i>	<i>Instrucción de Planificación Hidrológica</i>
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>

JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MAPRI	<i>Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación</i>
MCG	<i>Modelos de Circulación Global</i>
MCR	<i>Modelos de Circulación Regional</i>
MCO	<i>Máxima Crecida Ordinaria</i>
MDT	<i>Modelo digital del terreno</i>
MITECO	<i>Ministerio para la Transición Ecológica</i>
MITERD	<i>Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico</i>
MNCN	<i>Museo Nacional de Ciencias Naturales</i>
OECC	<i>Oficina Española de Cambio Climático</i>
OMA	<i>Objetivo medioambiental</i>
PATRICOVA	<i>Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana</i>
PGRI	<i>Plan de gestión del riesgo de inundación</i>
PRICAM	<i>Plan Especial de Emergencias de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha</i>
PNACC	<i>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030</i>
PHS	<i>Plan hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura</i>
PNOA	<i>Plan Nacional de Ortofotografía Aérea</i>
PC	<i>Protección Civil</i>
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
RD	<i>Real Decreto</i>
RDI	<i>Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación</i>
RDL	<i>Real Decreto Legislativo</i>
RZP	<i>Registro de Zonas Protegidas</i>
RPH	<i>Reglamento de la planificación hidrológica</i>
RDPH	<i>Reglamento del dominio público hidráulico</i>
SAIH-ROEA	<i>Red Integrada de Estaciones de Aforos</i>
SIMPA	<i>Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación</i>
SNCZI	<i>Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables</i>
SSP	<i>Shared Socioeconomic Pathways</i>
TTMM	<i>Términos municipales</i>
TRLA	<i>Texto refundido de la Ley de Aguas</i>
UE	<i>Unión Europea</i>
WRF	<i>Weather Research and Forecasting</i>

1 Introducción

1.1 Objeto y ámbito de aplicación

El Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que transpone a la legislación española la Directiva 2007/60/CE, establece en su artículo 7 que los organismos de cuenca redactarán la evaluación preliminar del riesgo de inundación (en adelante, EPRI). Esta redacción se realizará 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. 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.

El **objeto** del presente documento es por lo tanto la revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica del Segura, correspondiente al 3.^{er} ciclo de la Directiva de Inundaciones, que debe ser actualizada a más tardar el 22 de diciembre de 2024.

Puesto que nos encontramos ya en el tercer ciclo de aplicación de la Directiva, esta EPRI se ha centrado en la revisión de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) 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.

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 Segura 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.^{er} ciclo, la información deberá remitirse a la Comisión antes del 22 de marzo de 2025.

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 ARPSI 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 los orígenes pueden actuar conjuntamente en un episodio de inundación, agravando sus efectos.

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.

Directivas europeas

- Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Normativa nacional

- 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.

- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas y sus modificaciones.
- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, modificado por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- 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, Guadiana, Ebro, Ceuta y Melilla.
- 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.

Normativa autonómica o local

- Marco de actuaciones prioritarias para la recuperación del Mar Menor (MITERD, 2021).
- Reales Decretos de Ayuda a la Adaptación: RD 1158/2020-Campo de Cartagena (Murcia) y RD 786/2022-Vega Baja del Segura (Alicante).
- Ley 3/2020, de 27 de julio, de recuperación y protección del Mar Menor y modificaciones.
- Ley 19/2022, de 30 de septiembre, para el reconocimiento de personalidad jurídica a la laguna del Mar Menor y su cuenca.
- Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia y Código de Urbanismo de la Región de Murcia.
- Ley 4/1992, de 30 de julio, de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia.
- En redacción: Plan de ordenación territorial para la prevención del riesgo de inundación en la Región de Murcia.
- Ley 4/2017, de 3 de febrero, que crea la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a las Emergencias.
- Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).
- Decreto Legislativo 1/2021, de 18 de junio, del Consell de aprobación del texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje.

- Decreto Legislativo 1/2010, de 18 de mayo de 2010, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística de Castilla-La Mancha.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía.
- Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía.
- Ley 7/2002, de 17 de diciembre, Ordenación Urbanística de Andalucía.
- Decreto 219/2003, de 22 de julio, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de la Sierra de Segura de la provincia de Jaén.
- Decreto 26/2009, de 3 de febrero, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio del Levante Almeriense y se crea su Comisión de Seguimiento.
- Decreto 206/2006, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía. Tanto el POTA como los Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional regulan los riesgos hídricos y los usos en las zonas inundables y fijan objetivos, líneas y propuestas de actuación en relación con la prevención del riesgo de inundación coherentes con los establecidos en el PGRI.

1.2 Ámbito territorial

En este apartado se realiza una sintética descripción de la Demarcación Hidrográfica del Segura. 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 del Organismo de cuenca en el siguiente enlace: <https://www.chsegura.es/es/>

Marco territorial-administrativo

El ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Segura corresponde con lo fijado en el Real Decreto 125/2007 del 2 de febrero, cuyas características más destacadas se recogen en la siguiente tabla:

MARCO ADMINISTRATIVO DEMARCACIÓN DEL SEGURA	
Cuenca:	Comprende el territorio de las cuencas hidrográficas que vierten al mar Mediterráneo entre la desembocadura del río Almanzora y la margen izquierda de la Gola del Segura en su desembocadura, incluidas sus aguas de transición; además la subcuenca hidrográfica de la Rambla de Canales y las cuencas endorreicas de Yecla y Corral Rubio. Las aguas costeras tienen como límite sur la línea con orientación 122º que pasa por el Puntazo de los Ratones, al norte de la desembocadura del río Almanzora, y como límite norte la línea con orientación 100º que pasa por el límite costero entre los términos municipales de Elche y Guardamar del Segura (Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las Demarcaciones Hidrográficas. Artículo 2º)
Área Demarcación (km²):	20.234 (19.025 km² parte continental)
Población año 2021 (hab.):	2.010.121

MARCO ADMINISTRATIVO DEMARCACIÓN DEL SEGURA	
Densidad año 2021 (hab/km ²):	106
Principales ciudades:	Murcia, Cartagena y Lorca.
Comunidades Autónomas:	Región de Murcia (58,8 % del territorio y 75,5% de la población), Castilla-La Mancha (25,0 % del territorio y 3,3% de la población), Andalucía (9,4 % del territorio y 1,7% de la población) y Comunidad Valenciana (6,8 % del territorio y 20,0% de la población)
N.º municipios:	132 municipios con superficie en la Demarcación (103 municipios con núcleo de población principal dentro de la Demarcación).

Tabla 1. Marco administrativo de la Demarcación

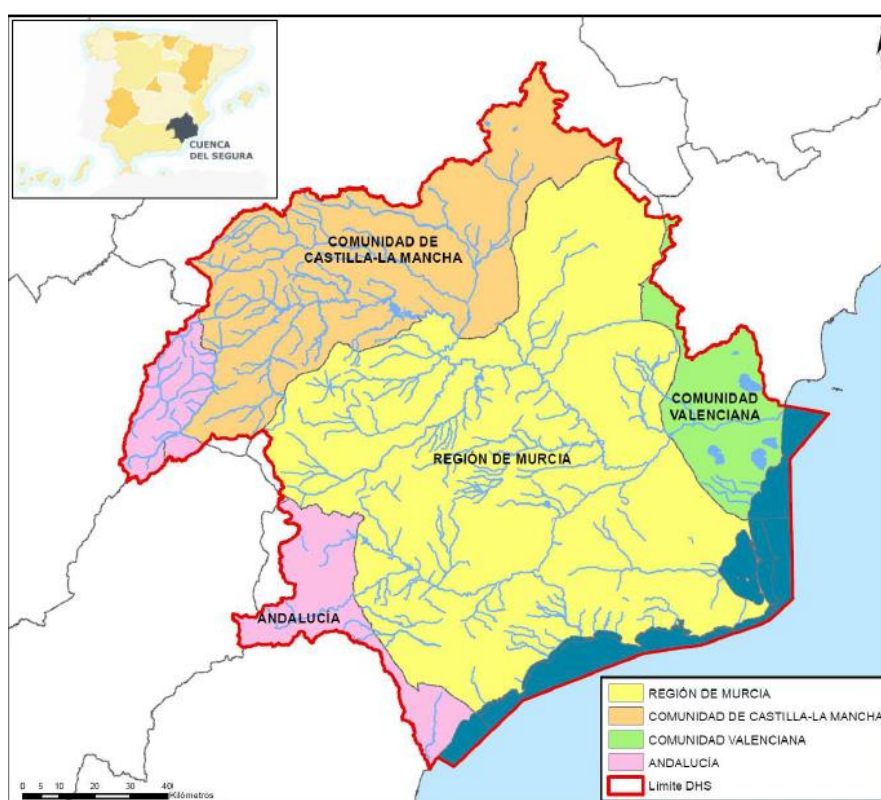


Figura 1. Ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Segura. Fuente: CHS

Relieve y litología

Topográficamente la cuenca del Segura es un territorio de gran variedad orográfica en el cual alternan las montañas con valles, depresiones y llanuras, con cotas máximas por encima de los 2.000 m. La zonificación en altura ofrece en términos generales una distribución en la cual el 18 % de superficie se sitúa por debajo de los 200 m de altitud; el 40 % se encuentra bajo los 500 m de altitud y el 81 % bajo la cota 1.000 m sobre el nivel del mar. Las sierras superan con frecuencia los 1.000 m, y los altiplanos, con alturas comprendidas entre 500 y 1.000 m, se extienden por el noroeste, con topografía suave, y pendientes acusadas en los bordes. Entre las alineaciones montañosas surgen valles, corredores, depresiones, que, correspondiéndose con los cursos fluviales, no llegan a 500 m de altitud. Por debajo de los 200 m de cota solo aparecen suaves llanuras con pendientes débiles.

La Demarcación Hidrográfica del Segura se encuentra casi en su totalidad dentro del dominio geológico de las Cordilleras Béticas. Solo en su parte norte se encuentran materiales de la cobertera tabular que ocultan los terrenos más antiguos del zócalo herciniano de la Meseta, los cuales constituyen, a su vez, la base del conjunto Bético.

Las Cordilleras Béticas, al igual que sucede con la mayoría de las cordilleras alpinas, presentan dos grandes conjuntos de características netamente diferentes: Zonas Externas y Zonas Internas. Las Zonas Externas se localizan geográficamente al norte y están formadas fundamentalmente por materiales del mesozoico - terciarios depositados en un margen de plataforma continental y plegados, posteriormente, por la orogenia alpina, sin que el zócalo rígido (continuación de los materiales paleozoicos de la Meseta) sea afectado de manera importante por esta. Las Zonas Internas, situadas al sur, están formadas en su mayor parte por rocas metamórficas o que han sufrido algún principio de metamorfización. Corresponden, en su mayor parte a dominios paleogeográficos diferentes a los de las Zonas Externas y están relacionados con la placa africana. Por otra parte, los materiales paleozoicos están afectados por la orogenia alpina de manera importante.

Hidrogeológicamente, esta complejidad da lugar a la existencia de numerosos acuíferos de mediana y pequeña extensión, con estructuras geológicas frecuentemente complejas y atormentadas, y que contribuyen apreciablemente al sostenimiento de los caudales naturales de los ríos.

Caracterización pluviométrica

En la Demarcación Hidrográfica del Segura, según datos de SIMPA (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación) 2019, la precipitación total media anual se encuentra en torno a los 385,5 mm (serie desde 1940/41 a 2017/18).

A pesar de existir diversidad en los totales pluviométricos, existen rasgos comunes para toda la Demarcación:

- Intenso déficit hídrico estival, que afecta prácticamente por igual a todo el territorio.
- La existencia de episodios de fuertes lluvias, fenómeno conocido como “gota fría”, caracterizados por precipitaciones cortas y muy intensas, que provocan grandes avenidas con un marcado carácter torrencial. Este fenómeno tiene lugar sobre todo en los meses de otoño.
- Por último, conviene mencionar la elevada irregularidad interanual de las precipitaciones con grandes desequilibrios espaciotemporales y un claro contraste entre las zonas de cabecera: Mundo y Segura hasta su confluencia, y las partes medias y bajas de la cuenca: Vegas y zonas costeras.

Todo el territorio de la Demarcación presenta grandes contrastes climáticos, frecuentes sequías, lluvias torrenciales y repetidas inundaciones, elevadas temperaturas y heladas catastróficas. De una a otra vertiente montañosa, de las altas tierras a los sectores litorales, y, en definitiva, de una zona geográfica a otra, se observan importantes diferencias climáticas. La distribución espacial de las precipitaciones medias anuales permite anticipar una estrecha relación entre relieve y lluvia. Es en las montañas situadas en el noroeste de la cuenca, y sometidas a la acción de los vientos húmedos de las borrascas atlánticas del frente polar,

donde los registros pluviométricos alcanzan sus máximos valores. En estas áreas se llega a superar los 1.000 mm/año como media. Si bien la altitud favorece las precipitaciones, la disposición u orientación suroeste-nordeste de los elevados arcos montañosos de las sierras de la cuenca alta del río Segura, (Sierras de Segura, Alcaraz, Taibilla, etc.) dificultan el avance de las influencias atlánticas arrastradas por los flujos del oeste, y hacen que la pluviometría muestre una disminución de la precipitación media anual en una diagonal de orientación noroeste-sudeste, que va desde estas tierras hasta el litoral, con valores mínimos (inferiores a 300 mm) en las zonas próximas a la costa.

A diferencia de las lluvias medias anuales, las máximas diarias parecen darse preferentemente en las zonas medias y bajas, más próximas al mar, en lugar de en la cabecera de la Demarcación, lo que se explica atendiendo al origen mediterráneo de los fenómenos convectivos productores de los aguaceros más intensos.

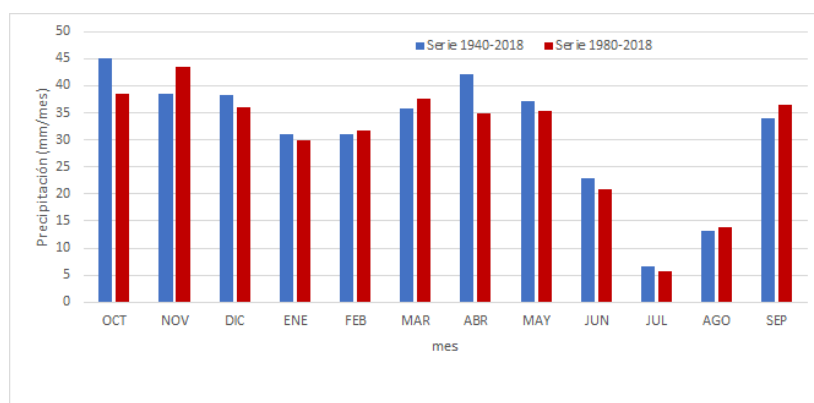


Figura 2. Distribución intraanual de la precipitación total anual (mm/mes) en la DH del Segura. PHDS 2015/21. Fuente: CHS

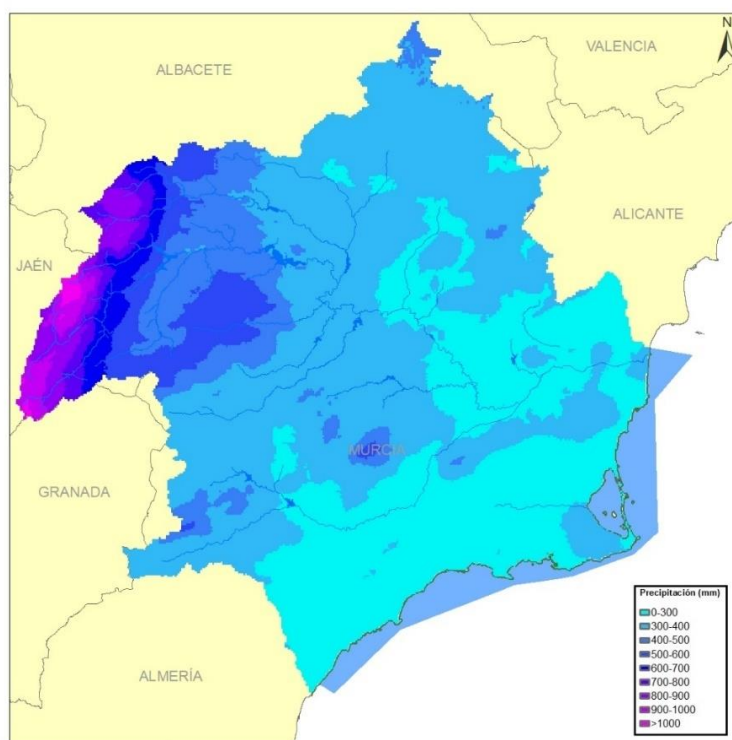


Figura 3. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) en la DH del Segura (Serie 1980/18). Fuente: CHS

Caracterización de las masas de agua de la Demarcación

La red de drenaje localizada en el territorio de la Demarcación del Segura está formada por el río Segura, como único río principal y el conjunto de sus afluentes, junto con las grandes divisorias fluviales y sus principales cumbres. El resto de los cauces son ramblas efímeras directas al mar con una respuesta hidrológica muy irregular condicionada por los aguaceros sobre sus cuencas vertientes. La producción fundamental de recursos hídricos se concentra en la cabecera de la cuenca (ríos Segura y Mundo hasta su confluencia). Aguas abajo de esta confluencia los cauces de la margen izquierda son, en general, ramblas sin aportaciones permanentes y con un marcado carácter torrencial (ramblas del Judío, Moro...); mientras que, los de la margen derecha son, en general, ríos propiamente dichos (Moratalla, Argos, Quípar, Mula, Guadalentín) con caudales exigüos pero permanentes. También existen en la Demarcación las cuencas endorreicas de Corral Rubio y Yecla.

En el ámbito costero, cabría mencionar el río Seco y el río Almanzora y algunas de las ramblas que desembocan en el mar Mediterráneo como las ramblas de Benipila, de la Maraña, de Canalejas o de Canales, Cobatillas, de Majada, de Marqueses, de Los Molares, de Minglano Cañarete, Pastrana, Valdelentisco, del Albujón, del Canal o de Las Moreras.

De acuerdo con lo establecido en el Plan Hidrológico vigente, se considera la existencia de las siguientes masas de agua:

Masas de agua	Naturaleza	Categoría				TOTAL	Nº total de masas
		Río	Lago	Transición	Costera		
Superficiales	Naturales	67	1	0	14	82	114
	Artificiales	0	3	0	0	3	
	Muy modificadas	10	15	1	3	29	
	TOTAL	77	19	1	17	114	
Subterráneas						63	63

Tabla 2. Número, tipo y categoría de masas de agua consideradas para la revisión del plan

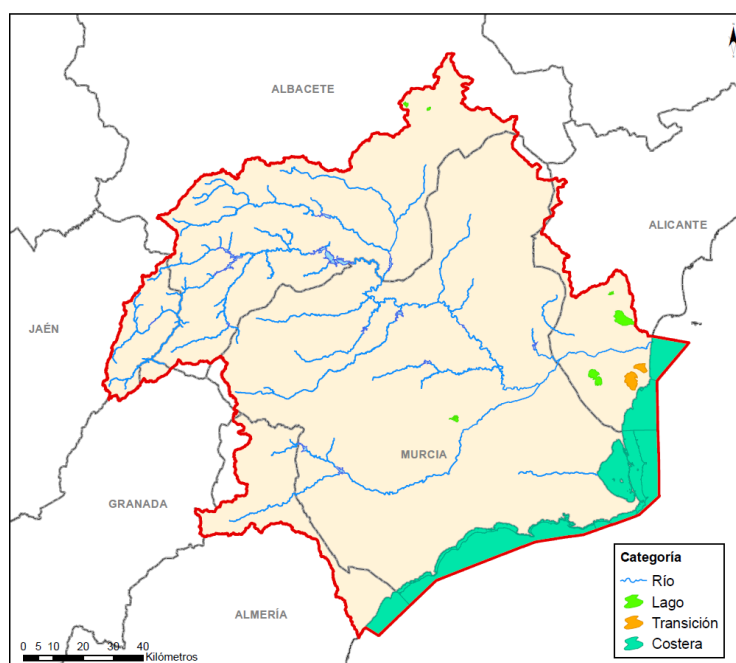


Figura 4. Distribución de las masas de agua superficial en la Demarcación. Fuente: CHS

Zonificación o agrupación de cuencas

La Demarcación Hidrográfica del Segura se ha dividido en 14 zonas hidráulicas, basándose principalmente en la delimitación física de cuencas y subcuencas (Guadalentín, Río Mundo, etc.) así como en algunos límites administrativos (Vega Media y Sur de Alicante).

A continuación, se reflejan las zonas hidráulicas y sus superficies:

I Sierra del Segura (2.605 km ²)	IX.a Sur de Alicante. Vega Baja (486 km ²)
II Río Mundo (2.419 km ²)	IX.b Sur de Alicante. Torrevieja (277 km ²)
III Noroeste de Murcia (1.688 km ²)	IX.c Sur de Alicante. RLMI (328 km ²)
IV Mula (708 km ²)	X Sur de Murcia (688 km ²)
V Guadalentín (3.340 km ²)	XI Mar Menor (1.602 km ²)
VI Ramblas del Noroeste (1.500 km ²)	XII Corral Rubio (269 km ²)
VII Vega Alta (1.389 km ²)	XIII Yecla (852 km ²)
VIII Vega Media (412 km ²)	XIV Almería (453 km ²)

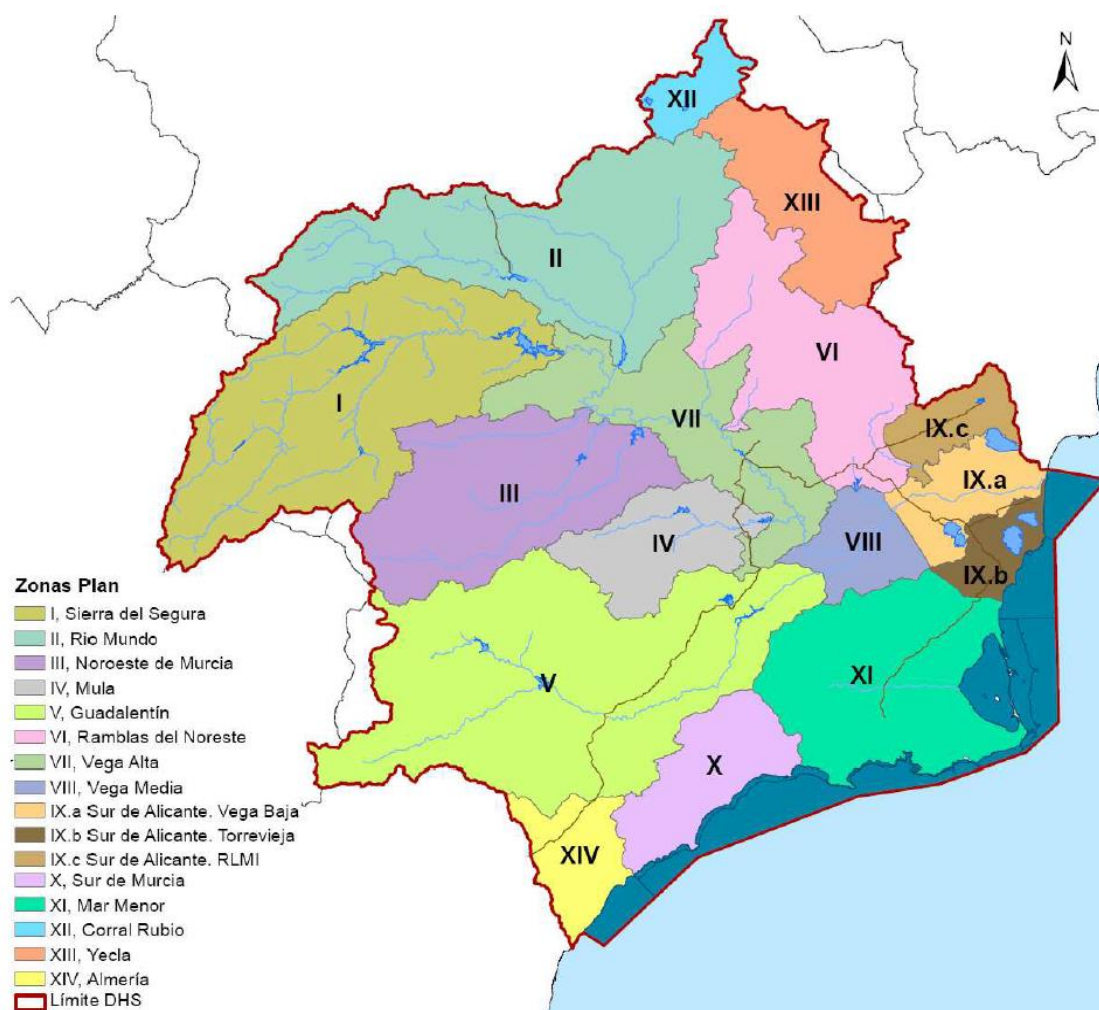


Figura 5. Zonas hidráulicas consideradas en la Demarcación del Segura. Fuente: CHS

Unidades territoriales

En la Demarcación se han considerado cuatro unidades territoriales definidas a partir de las zonas y subzonas hidráulicas referidas. Estas unidades territoriales no solo comparten elementos comunes de gestión, en su ámbito territorial, como demandas y recursos hídricos, sino que también tienen elementos medioambientales comunes vinculados al estado de sus masas de agua, a los objetivos medioambientales (OMA) en masas superficiales y subterráneas y al régimen de caudales ecológicos en los tramos ubicados en ellas, así como actuaciones del programa de medidas.

Las 4 unidades territoriales establecidas son:

Unidad territorial I: Principal.

Unidad territorial II: Cabecera.

Unidad territorial III: Ríos de la Margen Izquierda.

Unidad territorial IV: Sistema Ríos de la Margen Derecha.

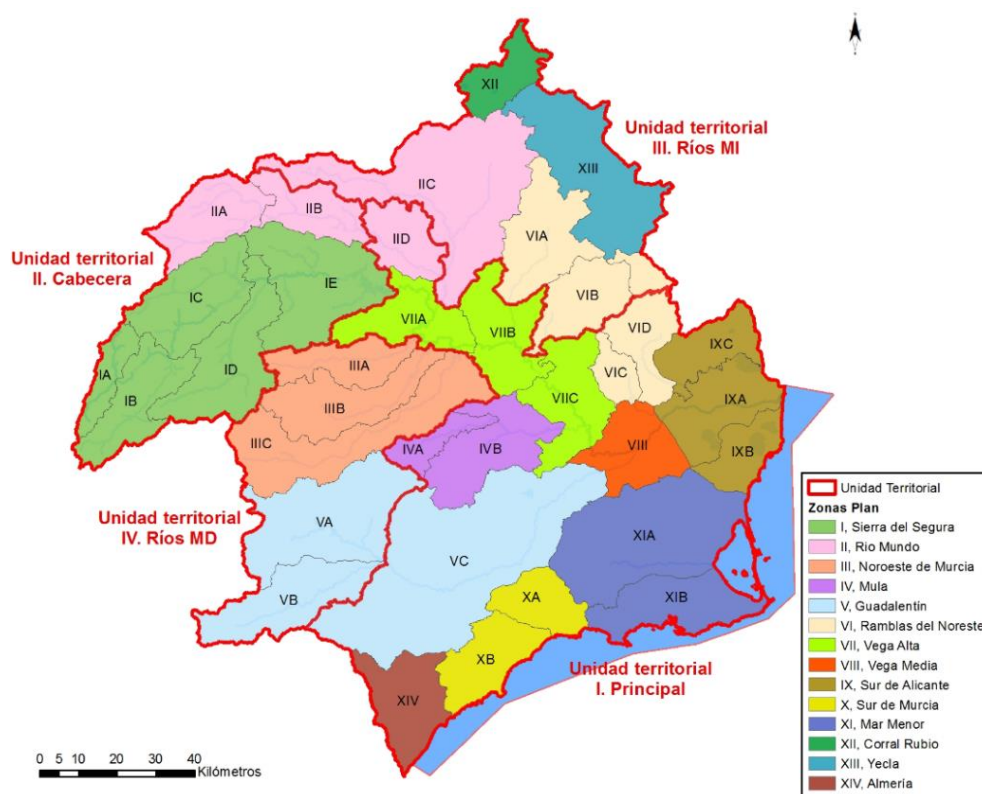


Figura 6. Relación entre unidades territoriales y zonas y subzonas hidráulicas. Fuente: CHS

Vegetación y fauna

La variabilidad, tanto climática, como orográfica y litológica, hace que la cuenca del Segura sea una zona con gran variedad de especies y hábitats.

En función de la vegetación y fauna asociada de la parte continental de la Demarcación podrían diferenciarse las siguientes zonas: Altiplano (Jumilla, Yecla, parte sur de Albacete), Zona Centro-Oeste (parte occidental de Lorca y Puerto Lumbreras), zona oriental (Cartagena, La Unión, Mazarrón, Águilas, Pulpí y parte de Alicante), Centro-Este y Comarca del Mar

Menor. En ellas, se pasa de los espartizales o matorrales-espartizales de las solanas y pedregales a amplias formaciones de pinares y sabinas de las sierras, encontrando también algunos encinares y acebuchales, coscoja y lentisco; palmito, esparto, tomillo y romero; cultivos de secano (viñedos, almendros y cereales) y de regadío en la vega del Guadalentín, así como pastizales y, en la zona más oriental, ecosistemas acuáticos (humedales, lagunas salobres, saladares y salinas) donde se encuentran especies endémicas. Es en la cabecera de la cuenca del Segura, zona de gran valor ambiental, donde se dan extensos bosques de pino laricio, negral y carrasco, y aparecen diseminados acebos y tejos.

En cuanto al medio marino y litoral cabe destacar que los fondos marinos de la Demarcación Hidrográfica del Segura acogen a una gran diversidad de organismos. Esta zona se caracteriza por una gran riqueza en bentos (conjunto de organismos vegetales y animales que vive en estrecha relación con los fondos marinos). Las especies más destacadas presentes en los fondos marinos de las aguas costeras de la Demarcación son algunos tipos de algas como la *Cystostera Zosteroides* o el *Phymatoliton Calcareum*. Además de la *Posidonia oceánica* destacan algunas plantas fanerógamas como la *Zostera Noltii*. Existe una amplia variedad de equinodermos como el erizo común, muy abundante en las zonas rocosas y en las praderas de posidonia. La variedad de peces existente es muy extensa, destacando el mero y la anguila. También es interesante resaltar la presencia de especies acuáticas que actualmente se encuentran en grave riesgo de extinción como el fartet (*Aphanius Iberus*), la nutria (*Lutra lutra*), la anguila europea (*Anguilla anguilla*), la cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), la gaviota de audouin (*Larus audouinii*), el samaruc (*Valencia hispanica*), el avetoro (*Botaurus stellaris*) y la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), entre otras.

1.3 Resultados de la EPRI del primer y segundo ciclo

En la EPRI del 1.º ciclo se identificaron un total de 35 ARPSI, 22 fluviales y de transición y 13 costeras, con una longitud total de 540,56 km y de 34,49 km, respectivamente. Si bien, tras la revisión efectuada durante la elaboración de los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación de origen marino las ARPSI costeras pasaron a ser 21 con una longitud total de 78,01 km, haciendo un total de 43 ARPSI y 618,57 km.

A cada una de estas áreas se le asignó un código compuesto de tres identificadores: i) la matrícula identificativa de la Demarcación (Segura, ES070), ii) la denominación “ARPSI” (o APSFR en inglés) en el caso de las áreas fluviales o “PM” en las costeras, iii) un número ordinal de cuatro dígitos.

En el segundo ciclo, tras la revisión de las consideraciones realizadas por la Comisión Europea al respecto, un análisis de las inundaciones ocurridas en el periodo 2011-2018, la revisión de otros estudios y la consideración de los tramos de interés de organismos interesados se procedió a la revisión de los tramos ARPSI de 1.º ciclo para su confirmación, eliminación o ampliación.

Tras la actualización y ampliación en la identificación de tramos potencialmente inundables, se añadieron 5 nuevos tramos de ARPSI de origen fluvial, en los que se produjeron episodios de inundación en los últimos años. Asimismo, se revisó la clasificación de los tramos en función del origen de la inundación, reclasificándose una parte como ARPSI fluvio-pluviales. En cuanto a las ARPSI de origen marino, no se realizó ninguna modificación respecto a las

identificadas tras la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo del 1.º ciclo. Durante la elaboración de estos mapas se reevaluó el riesgo asociado a estas ARPSI de acuerdo con una nueva metodología de identificación de zonas costeras con riesgos significativos de inundación. Estas modificaciones fueron reportadas en la EPRI del 2.º ciclo.

Por tanto, en la EPRI del 2.º ciclo se mantienen las 43 ARPSI de la Demarcación, 22 fluviales y de transición y 21 costeras, ampliándose el número de tramos de ARPSI fluviales o fluvio-pluviales de 148 a 153 tramos, lo que hace un total de 571,84 km.

Estas EPRI se pueden consultar en: [Evaluación preliminar de riesgos de inundación \(EPRI\) \(chsegura.es\)](http://chsegura.es)

Desde el visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) (<http://sig.magrama.es/snczi/>), se puede obtener información de las ARPSI de las diferentes Demarcaciones Hidrográficas españolas:



Figura 7. ARPSI 2.º ciclo en el visor del SNCZI. Fuente: MITECO

La revisión y actualización de la EPRI de la Demarcación Hidrográfica del Segura se abordó en función del origen de la inundación: fluvial y pluvial y costera. A continuación, se recogen las conclusiones del análisis pormenorizado de los tramos ARPSI de la Demarcación.

ARPSI de origen fluvial

En cuanto a la parte asociada a las inundaciones fluviales y de transición, se identificaron un total de 153 tramos, 148 identificados en la EPRI del 1.º ciclo y 5 añadidos una vez realizada la revisión y actualización (2.º ciclo), lo que hace un total de 571,84 km.

En la siguiente tabla se refleja el conjunto de tramos ARPSI definitivos. Las ARPSI identificadas en el 2.º ciclo aparecen destacadas en color azul.

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva
ES070/0001	5,54	ES070/0001-01	Sin Nombre (Socovos)	1.º ciclo
		ES070/0001-02	Arroyo de Letur	1.º ciclo
		ES070/0001-03	Arroyo de la Mora	1.º ciclo
		ES070/0001-04	Barranco del Agua	1.º ciclo

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva
ES070/0002	16,44	ES070/0002-01	Regato de la Acequia	1.º ciclo
		ES070/0002-02	Rambla del Ojuelo	1.º ciclo
		ES070/0002-03	Cañada de Agra	1.º ciclo
		ES070/0002-04	Rambla del Pepino	1.º ciclo
		ES070/0002-05	Rambla de las Entresieras	1.º ciclo
ES070/0003	8,64	ES070/0003-01	Rambla del Morrón	1.º ciclo
		ES070/0003-02	Rambla del Judío	1.º ciclo
		ES070/0003-03	Rambla de la Alquería	1.º ciclo
		ES070/0003-04	Rambla de Quitapellejos	1.º ciclo
ES070/0004	18,52	ES070/0004-01	Rambla de Agua Salada	1.º ciclo
ES070/0005	11,22	ES070/0005-01	Río Argos	1.º ciclo
		ES070/0005-02	Río Argos	1.º ciclo
ES070/0006	74,14	ES070/0006-01	Rambla de Agua Amarga	1.º ciclo
		ES070/0006-02	Rambla del Judío	1.º ciclo
		ES070/0006-03	Barranco de la Mina	1.º ciclo
		ES070/0006-04	Barranco de los Grajos	1.º ciclo
		ES070/0006-05	Barranco de los Cabañiles	1.º ciclo
		ES070/0006-06	Río Segura	1.º ciclo
		ES070/0006-07	Río Segura	1.º ciclo
		ES070/0006-08	Rambla de San Roque	1.º ciclo
		ES070/0006-09	Rambla del Carrizalejo	1.º ciclo
		ES070/0006-10	Cañada de Morcillo	1.º ciclo
		ES070/0006-11	Rambla de las Monjas	1.º ciclo
		ES070/0006-12	Rambla de Huete	1.º ciclo
		ES070/0006-13	Rambla del Salar Gordo	1.º ciclo
		ES070/0006-14	Cañada de Mendoza	1.º ciclo
		ES070/0006-15	Rambla de Las Salinas	1.º ciclo
		ES070/0006-16	Rambla del Chorríco	1.º ciclo
		ES070/0006-17	Rambla de las Canteras	1.º ciclo
		ES070/0006-18	Rambla del Salar	1.º ciclo
		ES070/0006-19	Rambla Salada	1.º ciclo
		ES070/0006-20	Río Segura	2.º ciclo
ES070/0007	0,93	ES070/0007-01	Sin Nombre	1.º ciclo
ES070/0008	9,02	ES070/0008-01	Río Mula	1.º ciclo
		ES070/0008-02	Río Mula y rambla de Albudeite	1.º ciclo
		ES070/0008-03	Río Mula	1.º ciclo
ES070/0009	94,70	ES070/0009-01	Río Segura	1.º ciclo
		ES070/0009-02	Rambla de la Casa del Aire	1.º ciclo
		ES070/0009-03	Rambla de Barnuevo	1.º ciclo
		ES070/0009-04	Rambla de Churra	1.º ciclo
		ES070/0009-05	Rambla de Casa Blanca	1.º ciclo
		ES070/0009-06	Rambla de la Higuera	1.º ciclo
		ES070/0009-07	Rambla Carmen	1.º ciclo

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva
		ES070/0009-08	Rambla de Cañada Ancha	1.º ciclo
		ES070/0009-09	Río Guadalentín	1.º ciclo
		ES070/0009-10	Rambla del Pocito	1.º ciclo
		ES070/0009-11	Rambla del Puerto	1.º ciclo
		ES070/0009-12	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0009-13	Rambla del Valle	1.º ciclo
		ES070/0009-14	Rambla del Valle	1.º ciclo
		ES070/0009-15	Barranco del Sordo	1.º ciclo
		ES070/0009-16	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0009-17	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0009-18	Rambla del Puerto de Garruchal	1.º ciclo
		ES070/0009-19	Cañada de Tabala	1.º ciclo
ES070/0010	58,37	ES070/0010-01	Rambla del Estrecho	1.º ciclo
		ES070/0010-02	Río Guadalentín	1.º ciclo
		ES070/0010-03	Rambla Salada	1.º ciclo
		ES070/0010-04	Rambla de los Arcos	1.º ciclo
		ES070/0010-05	Rambla de Viznaga	1.º ciclo
		ES070/0010-06	Rambla de la Señorita	1.º ciclo
		ES070/0010-07	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0010-08	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0010-09	Rambla de la Torrecilla	1.º ciclo
		ES070/0010-10	Barranco del Borruezo	1.º ciclo
		ES070/0010-11	Rambla Alta	1.º ciclo
		ES070/0010-12	Rambla de Béjar	1.º ciclo
		ES070/0010-13	Barranco del Confitero	1.º ciclo
		ES070/0010-14	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0010-15	Rambla de Nogalte	1.º ciclo
		ES070/0010-16	Rambla De Tiata	1.º ciclo
ES070/0011	26,55	ES070/0011-01	Rambla de Las Peras	1.º ciclo
		ES070/0011-02	Rambla de Totana	1.º ciclo
		ES070/0011-04	Rambla de Los Arcos	1.º ciclo
		ES070/0011-06	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0011-07	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0011-08	Rambla de las Salinas	1.º ciclo
		ES070/0011-09	Río Guadalentín	1.º ciclo
ES070/0012	36,32	ES070/0012-01	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-02	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-03	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-04	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-05	Rambla del Albujón	1.º ciclo
		ES070/0012-06	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-07	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-08	Sin Nombre	1.º ciclo

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva
		ES070/0012-09	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-10	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0012-11	Rambla del Albujón	1.º ciclo
		ES070/0012-12	Sin Nombre	2.º ciclo
ES070/0013	18,72	ES070/0013-01	Rambla de Cobatillas	1.º ciclo
		ES070/0013-02	Rambla de la Maraña	1.º ciclo
ES070/0014	20,25	ES070/0014-01	Rambla de Calarreona	1.º ciclo
		ES070/0014-02	Rambla de Matalentisco	1.º ciclo
		ES070/0014-03	Rambla de Minglano Cañarete	1.º ciclo
		ES070/0014-04	Rambla de Peñaranda	1.º ciclo
		ES070/0014-05	Rambla de Peñaranda	1.º ciclo
		ES070/0014-06	Rambla de Labradorcico	1.º ciclo
		ES070/0014-07	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0014-08	Rambla del Renegado	1.º ciclo
		ES070/0014-09	Rambla de Culebras	1.º ciclo
		ES070/0014-10	Rambla de Taray	1.º ciclo
ES070/0015	30,76	ES070/0015-01	Rambla Ramonete	1.º ciclo
		ES070/0015-02	Rambla de las Moreras	1.º ciclo
		ES070/0015-03	Rambla Grande	1.º ciclo
		ES070/0015-04	Rambla de la Cruz del Muerto	1.º ciclo
		ES070/0015-05	Rambla de los Lorentes	1.º ciclo
		ES070/0015-06	Rambla de Valdelentisco	1.º ciclo
		ES070/0015-07	Rambla de la Azohía	1.º ciclo
		ES070/0015-08	Rambla de los Aznares	2.º ciclo
ES070/0016	11,17	ES070/0016-01	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0016-02	Rambla de Canteras	1.º ciclo
		ES070/0016-03	Rambla de Benipila	1.º ciclo
		ES070/0016-04	Rambla de Benipila	2.º ciclo
		ES070/0016-05	Rambla del Portús	2.º ciclo
ES070/0017	17,04	ES070/0017-01	Rambla del Miedo	1.º ciclo
		ES070/0017-02	Rambla de la Carrasquilla	1.º ciclo
ES070/0018	3,08	ES070/0018-01	Colador del Barranco del Pla	1.º ciclo
		ES070/0018-02	Rambla de la Casa	1.º ciclo
ES070/0019	76,96	ES070/0019-01	Rambla de Abanilla	1.º ciclo
		ES070/0019-02	Río Segura	1.º ciclo
		ES070/0019-03	Barranco de San Cayetano	1.º ciclo
		ES070/0019-04	Barranco de Amorós	1.º ciclo
		ES070/0019-05	Barranco de la Mangranera	1.º ciclo
		ES070/0019-06	Rambla del Castellar	1.º ciclo
		ES070/0019-07	Barranco del Bosch	1.º ciclo
		ES070/0019-08	Cañada de la Plana	1.º ciclo
		ES070/0019-09	Barranco Cox	1.º ciclo
ES070/0020	11,95	ES070/0020-01	Cañada de las Moscas	1.º ciclo
		ES070/0020-02	Cañada de las Moscas	1.º ciclo

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva
		ES070/0020-03	Cañada de las Estacas	1.º ciclo
		ES070/0020-04	Río Nacimiento	1.º ciclo
		ES070/0020-05	Río Seco	1.º ciclo
		ES070/0020-06	Sin Nombre	1.º ciclo
ES070/0021	14,39	ES070/0021-01	Rambla de Nogantes o Charcones	1.º ciclo
		ES070/0021-02	Rambla de los Pérez	1.º ciclo
		ES070/0021-03	Rambla de los Arejos	1.º ciclo
		ES070/0021-04	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0021-05	Rambla de Canalejas o de Canales	1.º ciclo
		ES070/0021-06	Barranco de la Higuera	1.º ciclo
		ES070/0021-07	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0021-08	Sin Nombre	1.º ciclo
		ES070/0021-09	Barranco de los Caballos	1.º ciclo
		ES070/0021-10	Rambla de los Charcones	1.º ciclo
ES070/0022	7,13	ES070/0022-01	Río María	1.º ciclo
		ES070/0022-02	Sin Nombre (De la Barda)	1.º ciclo
		ES070/0022-03	Río Chico	1.º ciclo
		ES070/0022-04	Barranco de la Canal	1.º ciclo
		ES070/0022-05	Rambla de Chirivel	1.º ciclo

Tabla 3. ARPSI fluviales en la Demarcación según la EPRI del 2.º ciclo

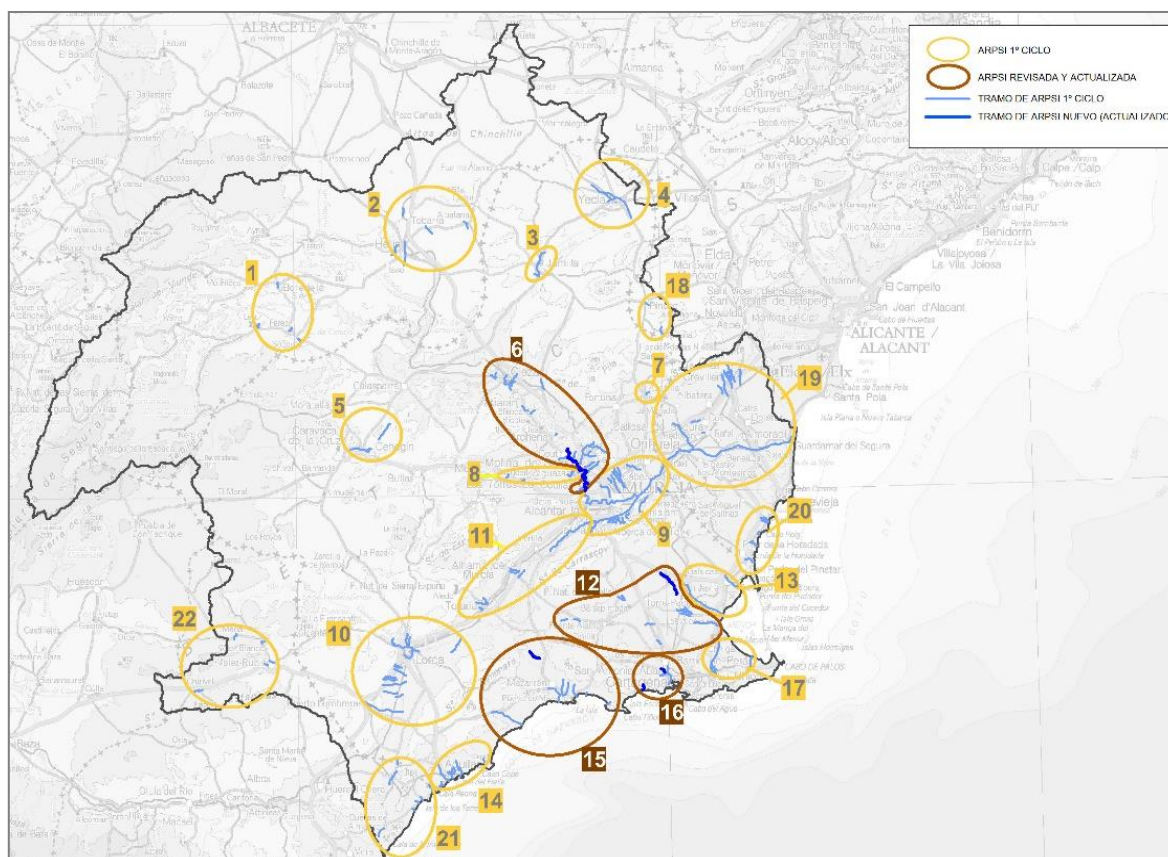


Figura 8. ARPSI fluviales en la Demarcación según la EPRI del 2.º ciclo

ARPSI de origen marino

En la siguiente tabla se refleja el conjunto de ARPSI de origen marino identificadas en la Demarcación una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI del 1.º ciclo. Las ARPSI identificadas en este 2.º ciclo aparecen destacadas en color azul.

Código ARPSI	Nombre del ARPSI	Longitud Km	Ciclo Directiva
ES070_PM_0001	Torrelamata - La Mata	1,45	1º ciclo
ES070_PM_0002	Torre vieja (desde El Palmeral hasta Playa del Cura)	14,76	1º ciclo
ES070_PM_0003	Dehesa de Campoamor (Playa La Glea)	2,79	1º ciclo
ES070_PM_0004	Desde La Torre hasta El Mojón	2,04	1º ciclo
ES070_PM_0005	La Manga del Mar Menor (desde Veneziola hasta El Faro de Estacio)	26,35	1º ciclo
ES070_PM_0007	Mazarrón (desde Cabo Cope hasta Playa Grande)	0,51	1º ciclo
ES070_PM_0008	Puntas de Calnegre	1,43	1º ciclo
ES070_PM_0009	Calabardina	3,09	1º ciclo
ES070_PM_0011	Playa La Rabiosa (San Juan de Los Terreros)	1,60	1º ciclo
ES070_PM_0012	Pozo del Esparto	6,05	1º ciclo
ES070_PM_0014	Guardamar del Segura	2,72	2.º ciclo
ES070_PM_0015	Playa Rocío del Mar	0,24	2.º ciclo
ES070_PM_0016	Playa de la Zenia	2,39	2.º ciclo
ES070_PM_0017	Cabo de Palos - Playa de la Barra	0,59	2.º ciclo
ES070_PM_0018	Playa de San Ginés - Chapineta	1,93	2.º ciclo
ES070_PM_0019	Playa de Bolnuevo	1,29	2.º ciclo
ES070_PM_0020	Águilas Bahía de Levante	2,83	2.º ciclo
ES070_PM_0021	Águilas Bahía de Poniente	2,34	2.º ciclo
ES070_PM_0022	Cala Panizo	1,39	2.º ciclo
ES070_PM_0023	El Calón	0,78	2.º ciclo
ES070_PM_0024	Villaricos	1,44	2.º ciclo

Tabla 4. ARPSI costeras en la Demarcación según la EPRI del 2.º ciclo

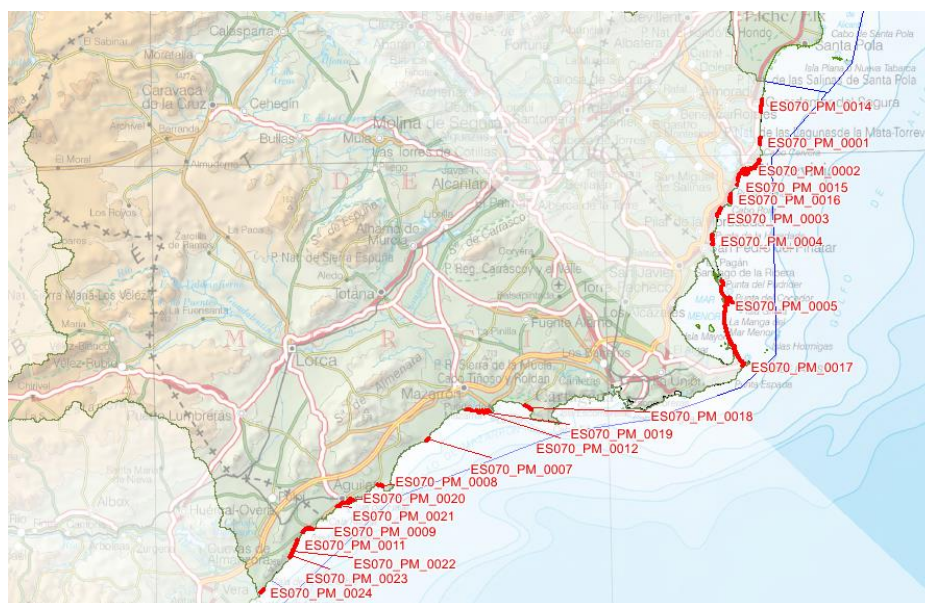


Figura 9. ARPSI costeras en la Demarcación según la EPRI del 2.º ciclo

1.4 Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 3º 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.

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

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 ARPSI. 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 (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 este sentido, la Comisión señala que las referencias a los enfoques utilizados para evaluar este impacto o consecuencias sobre la salud humana, medio ambiente, patrimonio cultural y/o actividad económica 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.

- **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 ARPSI, 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 ARPSI, 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.

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 Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2018-2024

Los principales eventos ocurridos durante este ciclo se describen a continuación:

Inundación mayo - junio 2018: Albacete (Hellín)

En mayo de 2018, varios municipios del territorio de Albacete (Pétrola, Isso, Yeste, Riópar, Liétor, La Gineta, etc.) sufrieron inundaciones debido a las fuertes tormentas de lluvia y granizo que azotaron la región. El municipio de Hellín fue uno de los más afectados, acumulándose hasta 48 litros por metro cuadrado en el casco urbano y en la Rambla de la Villareara (Torre Uchea), siendo el sector sureste el más dañado debido a que gran parte de las edificaciones están construidas en zona inundable (cauce de la Rambla).

En la primera quincena del mes de junio las lluvias torrenciales provocaron inundaciones y colapso en las localidades albaceteñas de Elche de la Sierra, Liétor y Socovos.

El gobierno de Castilla la Mancha activó el Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (PRICAM) al ser informada por la Confederación Hidrográfica del Segura de la previsión de desborde del río Segura en el tramo comprendido entre los embalses de la Fuensanta y El Cenajo, a la altura del paraje de El Gallego, y los municipios más próximos a esta zona (Elche de la Sierra y Férez). En el paraje El Gallego, el río Segura se llevó por delante la pasarela de la estación de aforos provocando daños tales que hasta en la actualidad (julio 2018) se encuentra inoperativa esa estación.

Hasta 15 intervenciones tuvo que realizar el Servicio Provincial de Prevención y Extinción de Incendios (SEPEI) en un total de siete municipios (como en Socovos) de la provincia, afectados por las lluvias llegando a superar los 150 litros por metro cuadrado en algunas zonas.

Inundación 18 de octubre de 2018

El 18 de octubre se instaló una depresión aislada sobre niveles altos en la Región de Murcia que produjo varios incidentes en diferentes puntos de la región: 20 en el municipio de Alcantarilla, 32 en la ciudad de Murcia y 4 en Molina de Segura. La policía local tuvo que rescatar 3 vehículos atrapados por el agua en Nonduermas, La Raya y Alcantarilla.

Inundación 15 de noviembre de 2018

El 15 de noviembre tres borrascas afectaron a la Región de Murcia centrándose sobre todo en la zona baja de la comarca del Guadalentín y el Campo de Cartagena. Pese a las fuertes lluvias, no dejaron incidencias reseñables salvo riadas en algunas carreteras en tramos urbanos, embolsamientos en carreteras interurbanas y el desprendimiento de rocas en el entorno de Sierra Espuña.

Inundación 19 de abril de 2019

El 19 de abril se inició una borrasca atlántica que tuvo una duración de 48 horas que afectó a Murcia y a Alicante, en la que se registraron 107 l/m² en Murcia, 103 l/m² en Cartagena, 84 l/m² en Alhama de Murcia y 102 l/m² en Mula. Como consecuencia hubo algunos heridos, desprendimientos de laderas, calles anegadas y puertos y carreteras cortadas.

Inundación 11-17 de septiembre de 2019

Entre los días 11 y 17 de septiembre se registró una de las inundaciones más devastadoras y catastróficas que se han producido en España en los últimos años, con 6 muertes, dos de ellas en la Demarcación (Redován y Orihuela), y numerosos daños materiales.

El evento de la DANA (denominada riada de Santa María), que asoló gran parte del sureste peninsular y dio lugar a precipitaciones torrenciales en muchas regiones de la vertiente mediterránea puede calificarse de extraordinario, tanto por su ciclo de vida, que se alargó durante cinco días, como por su trayectoria, al viajar hacia el sur y retornar posteriormente hacia el norte, dando lugar a que en algunas zonas padecieran sus efectos dos veces en un breve lapso de tiempo.

Carreteras, colegios y los aeropuertos de Murcia y Alicante cerraron. Se contabilizaron 3.500 personas evacuadas y 1.100 militares desplegados (Observatorio Dartmouth, 2019).

En la Vega Alta, el río Segura se desbordó a su paso por Cieza, Blanca (en la que también desbordó la rambla de San Roque), Molina de Segura y Alguazas. Se produjeron inundaciones de gran extensión en las Vegas Media y Baja del río Segura (de más de 500 km²) donde el agua discurrió a gran velocidad en algunas zonas (flujos preferentes), mientras que en la gran mayoría permanecieron anegadas durante días debido a la dificultad de drenaje del territorio (tanto por sus características geológicas como por la ocupación del territorio).

El río Segura a su paso por Murcia estuvo a punto de desbordar, y aguas abajo de esta ciudad, a la altura del municipio de El Raal, el encauzamiento del río se rompió, tras el registro de las lluvias más fuertes. Hubo otros puntos de rotura de las motas del encauzamiento.

El municipio de Orihuela también se inundó debido al cuello de botella formado por el monte de San Miguel y a la falta de capacidad del río Segura a su paso por este municipio, con secciones críticas de capacidad menor a 350 m³/s. El municipio de Orihuela además se vio gravemente afectado por el desbordamiento de la rambla de Abanilla.

Las lluvias de este evento comenzaron el día 11 de septiembre y finalizaron el día 17 del mismo mes. Sin embargo, las máximas intensidades de las precipitaciones se registraron durante los días 12 y 13. En el periodo que duró el evento se registraron máximos históricos, alcanzándose 521,6 l/m² en Orihuela, 396,4 l/m² en Jacarilla y 308,7 l/m² en la zona del Albuñón.

Durante el evento, los satélites Sentinel del programa europeo Copernicus de observación de la Tierra capturaron imágenes de los efectos del evento. Mediante estas imágenes, se pueden identificar como las zonas más afectadas a la Vega Baja del río Segura y al Campo de Cartagena, coincidentes con las áreas con valores máximos de lluvia que se distinguen en el mapa de precipitación acumulada.

Inundación 3 de diciembre de 2019

El día 3 de diciembre una nueva gota fría descargó en la zona del Campo de Cartagena produciendo inundaciones y destrozos en San Javier, donde se recogieron 120 l/m². Además, 100 personas fueron voluntariamente desalojadas en Los Alcázares, ante la posibilidad de que se produjera la inundación de sus viviendas. Este municipio, junto al de San Javier, fueron

los lugares más afectados por las intensas precipitaciones. En Pilar de la Horadada, el túnel de la AP-7 volvió a sufrir problemas de acumulación de agua.

Inundación 20-21 de diciembre de 2019

Entre los días 20 y 21 de diciembre, se produjeron lluvias intensas de más de 100 l/m² en 24 horas en la cabecera del Segura y en algunos afluentes como el Mundo, que produjeron el desbordamiento de ambos cauces. Las localidades más afectadas por la inundación fueron Yeste, el río Mundo registró un caudal de 283 m³/s, Riópar y Santiago de la Espada.

Inundación 21 de enero de 2020

El 21 de enero y durante 48 horas, la borrasca Gloria afectó a la cuenca del Segura dejando registros de 64 l/m² en Cartagena, 61 l/m² en San Javier, 51 l/m² en Lorca y Abanilla, 47 l/m² en Murcia y Ricote, 45 l/m² en Fortuna, 42 l/m² en Bullas, 38 l/m² en Cieza y Molina de Segura.

Los municipios más afectados por las lluvias fueron San Javier, Los Alcázares y San Pedro del Pinatar. En Los Alcázares los registros fueron de entre 86 y 142 l/m², produciéndose el desbordamiento de las ramblas de La Maraña y Albujón.

Inundación 24-25 marzo de 2020

Entre los días 24 y 25 de marzo se produjeron intensas lluvias que afectaron principalmente a zonas de la costa de la Región de Murcia, como Cartagena, San Javier y Los Alcázares. En los municipios de Cartagena y Murcia, se registraron en ese periodo 120 y 72 l/m², respectivamente. En la estación medidora de Tentegorra, los pluviómetros de la AEMET recogieron 110 l/m² solo en 12 horas. Los pluviómetros de la Confederación Hidrográfica del Segura registraron acumulaciones de entre 90 y 100 l/m² en doce horas en municipios como Torre Pacheco o Los Alcázares.

Se produjeron numerosos cortes de carreteras debidos principalmente al desbordamiento de las ramblas de la Maraña y Albujón. En la rambla de Benipila llegaron a registrarse caudales de 20 m³/s.

Inundación 30 de marzo de 2020

El día 30 de marzo se produjo una fuerte tormenta acompañada de granizo en Caravaca de la Cruz que llegó a acumular 27 l/m² en poco menos de media hora. En la red de pluviómetros de AEMET, CHS e IMIDA se llegaron a registrar 17 l/m² aunque en la estimación del radar de la precipitación acumulada en 6 horas (14-20h del día 30/03/2020) de la AEMET, se cree que esa lluvia pudo superar con creces los 30 l/m².

Inundación 12 agosto de 2020

El día 12 de agosto una gota fría descargó en la zona norte de la cuenca, afectando principalmente a los municipios de Yecla y Jumilla. En Jumilla llegaron a caer más de 30 mm en una hora, 20 de ellos en menos de 10'. Las zonas más afectadas fueron el núcleo urbano y zonas del sur de la localidad. El Hondo el Prao, donde se resgistraron hasta 43 l/m², que supone uno de los valores máximos de la Región de Murcia. En el núcleo urbano de Jumilla cayeron 20 l/m². Así mismo, en Yecla la estación meteorológica de Casa del Campillero (red de Yeclameteo) se registraron 15,5 litros de precipitación, mientras que en zonas como Sierra Salinas, El Pulpillo o El Boalaje registraron acumulaciones de lluvia de hasta 20 l/m².

Inundación 7 marzo de 2021

El 7 de marzo el paso de una borrasca provocó decenas de carreteras cortadas, acumulaciones de agua e inundaciones de bajos y garajes en gran parte de los municipios del litoral. Diversos puntos de la Región superaron los 50 l/m² acumulados en 24 horas. Los municipios más afectados fueron Águilas, San Pedro de Pinatar, Cartagena y Murcia, donde los pluviómetros llegaron a contabilizar hasta 70 l/m² en el caso de Águilas.

Inundación 23-28 de abril de 2021

Entre los días 23 y 28 de abril se produjeron intensas lluvias acompañadas de granizo que afectaron principalmente a Cartagena y Torre-Pacheco donde se registraron 20,6 y 20,2 l/m² respectivamente. El granizo ocasionó grandes pérdidas en la comarca del río Mula, la Vega alta del Segura y la comarca del Bajo Guadalentín.

Inundación 23 de mayo de 2021

El 23 de mayo se produjeron fuertes lluvias en la Región de Murcia que, aunque sin daños de gravedad, provocaron el corte de varias carreteras de la Región. Según la red de pluviómetros de la Confederación Hidrográfica del Segura, en 12 horas se registraron 72 l/m² en Águilas, 48 l/m² en Calasparra-Moratalla, 67,6 l/m² en Canteras (Cartagena) y 66,8 l/m² en la rambla de Benipila, también en Cartagena.

Inundación de 6 de junio de 2021

El 6 de junio una tormenta de gran intensidad cayó sobre la Región de Murcia provocando algunos incidentes leves. El Altiplano, Molina de Segura y Murcia se llevaron la peor parte de la tormenta. En Yecla, la borrasca llegó acompañada de fuertes vientos. En Jumilla, otra de las localidades más afectadas, la borrasca dejó casi 18 l/m² en apenas diez minutos. En Molina de Segura, en 10 minutos se registraron 11 l/m².

Inundación del 29 de agosto al 2 de septiembre de 2021

Lluvias localmente fuertes en la cabecera del Segura y en la zona de Pulpí y Águilas. Destacan los 56 mm en el pluviómetro de Pulpí (Almería) caídos en una hora y los 38 mm en el de la Rambla de Minglamo (Águilas - Murcia) caídos en hora y media. La DANA descargó en Águilas trombas de agua de hasta 25 litros por metro cuadrado en 30 minutos y aunque los daños materiales fueron cuantiosos no hubo que lamentar daños personales. El temporal desbordó todas las ramblas del municipio y el tráfico permaneció cortado durante casi dos horas en la carretera RM-11 que une Lorca con Águilas, a la altura del kilómetro 27. El Polígono Industrial de Águilas se encontró completamente anegado de agua. A causa de las fuertes lluvias registradas en Águilas, se produjo una rotura en la tubería general de agua potable en la entrada al núcleo urbano.

Inundación de 21 de septiembre de 2021

El 21 de septiembre una DANA dejó grandes precipitaciones, principalmente en las Vegas Media y Baja del Segura, Valle del Guadalentín y Campo de Cartagena, sin incidencias significativas. Los cauces fueron capaces de transportar todos los volúmenes recibidos, solo reseñar el desbordamiento de la rambla del Albuñón a su paso por la pedanía de Pozo Estrecho, pero sin consecuencias graves. Los datos más relevantes en cuanto a precipitación

registrada fueron: En Hellín 16 l/m², Mula 34 l/m², Pliego 36,1 l/m², Murcia 20,2 l/m², Ojós 35,8 l/m², Cartagena 60,6 l/m², Fuente Alamo 32,7 l/m², Cuevas del Almanzora 19,8 l/m² y Orihuela 45 l/m².

Inundación de 22-23 de Octubre de 2021

Lluvias localmente fuertes en algunos puntos de la Región como la costa (Los Alcázares y San Javier), Murcia, Totana, Alhama y Mula, entre otros lugares. En los Alcázares los bomberos del Consorcio han auxiliado a 6 personas cuyos vehículos quedaban parados a consecuencia del agua. Los datos recogidos por los pluviómetros de la CHS: 28 litros por metro cuadrado en Murcia, 27 en Cartagena, 24 en Fortuna, 22 en Abanilla o 17 en Cieza. Según datos de la AEMET, en San Javier cayeron 34 litros por metro cuadrado y Totana (9 de ellos en apenas 10 minutos).

Inundación de 19-22 de noviembre de 2021

El 19 de noviembre se produjeron intensas lluvias que afectaron principalmente a zonas de la costa de la Región de Murcia, registrándose precipitaciones de 30 l/m², afectando a las poblaciones del Campo de Cartagena, Mazarrón, Valle del Guadalentín, Lorca y Águilas. En el Mojón, San Pedro de Pinatar, se produjeron inundaciones con apenas 11,6 l/m².

El 22 de noviembre una tormenta muy localizada y gran intensidad dio lugar a inundaciones al norte de Cartagena, principalmente en Los Dolores y el polígono residencial Santa Ana. Las precipitaciones registradas alcanzaron los 100 l/m².

Inundación 16-23 de marzo de 2022

Entre los días 16-17 y 22-23 de marzo se registraron más de 100 l/m² de lluvias en la zona de Torrevieja y Almoradí, así como episodios de “tubas”, similares a las mangas marinas pero que no llegan a tocar el mar, además de rachas de viento que superaron 90 km/h. Como consecuencia se produjo un socavón y desprendimiento en la RM-E22. Asimismo, ocasionó el desbordamiento de la red de saneamiento en Torrevieja.

Inundación 2-3 de mayo de 2022

En la madrugada del 2 al 3 de mayo una borrasca, con una intensidad muy fuerte, provocó una granizada e inundaciones en la comarca del Noroeste, Mula y Altiplano. Como consecuencia, se produjeron daños en cosechas, cortes de carreteras y vehículos arrastrados. Así como el desbordamiento del río Argos. Según los registros de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), se recogieron 77 l/m² en Bullas, 58 l/m² en Caravaca, o 25 l/m² en Mula. Los pluviómetros de la Confederación Hidrográfica muestran registros de hasta 75 l/m² en el término municipal de Mula y 71 en el de Caravaca.

La tormenta de granizo también causó problemas de circulación en la tarde en la autovía A-30, a su paso por la provincia de Albacete en dirección a Murcia. En concreto, a la altura de Navajuelos y Tobarra. Las precipitaciones acumularon una capa de cuatro centímetros de espesor de hielo sobre la calzada.

Inundación de 25-26 de septiembre de 2022

Entre los días 25 y 26 de septiembre de 2022 se produjeron precipitaciones de intensidad fuerte que afectaron a Albacete, sur de Alicante y Región de Murcia, provocando inundaciones

en la zona de Murcia, Cartagena, Los Alcázares, Torre-Pacheco y Javalí Viejo, en este último municipio produciéndose la pérdida de una vida humana. Según la AEMET, cayeron 105 l/m² en la estación Cartagena-Salinas Cabo de Palos y en Cartagena, 113 en 12 horas, de los que 88 cayeron en tan solo una hora. En el norte de la región, el pluviómetro de la AEMET de la estación de Guadalupe registró 40,6 l/m² en diez minutos, lo que equivale a una intensidad horaria de 243,6 mm/h. En Los Alcázares fueron 80 litros. En la pedanía murciana de El Palmar, la carretera RM-611 se inundó por las lluvias y tuvo que cerrarse al tráfico.

Inundación 10-11 de octubre de 2022

Entre los días 10 y 11 de octubre de 2022 una tormenta de gran intensidad cayó sobre el sur de Alicante y la Región de Murcia. Las precipitaciones de alta intensidad afectaron a los municipios de Torrevieja, Murcia, Cartagena, Molina de Segura, Lorca, Alhama, Ojós y Villanueva del Segura.

En Ojós se registraron 108 l/m², Alhama con 52,6 l/m² recogidos en caserío de Gebas, seguida de Cartagena con 34,6 l/m² recogidos en El Albuñón, Murcia con 30,2 l/m² en La Murta, Torre Pacheco con 27,2 l/m² y Lorca con 24,2 l/m².

Inundación de 22-23 de mayo de 2023

Entre los días 22 y 23 de mayo se produjeron lluvias muy intensas, registrándose más de 228 mm en 24 h en rambla Gachas (Almería) y más de 105 mm en rambla de Benipila (Cartagena). Por su parte, junto a la rambla del Tinajón en Molina de Segura, se recogieron 29 mm en 1 hora. Además de cortes de carretera, provocaron inundaciones en Molina de Segura, Cartagena y Murcia y el desbordamiento del canal de drenaje de vía férrea en barrio San Félix, Cartagena. La actividad lectiva quedaba suspendida durante el día en los colegios e institutos de los municipios de Lorca, Aledo, Alhama de Murcia, Totana, Águilas, Puerto Lumbreras, Mazarrón, Cartagena, Torre Pacheco, Fuente Álamo, San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares y La Unión.

Inundación de 30 de mayo de 2023

El 30 de mayo de 2023 un temporal de lluvia, viento y granizo provocó inundaciones en Molina de Segura y en el municipio de Murcia. En Murcia, la rambla Churra transportó agua a gran velocidad y aumentó progresivamente su calado. Además de cerrar la rambla de Churra a la circulación, la Policía Local de Murcia cortó los accesos a la rambla del Sordo, en Santo Ángel; la avenida de la Ciudad del Transporte, en Sangonera la Seca; la calle Mayor de La Alberca; la carretera RM-5 desde la Redonda de Corvera hasta La Murta; dos tramos de la Costera Sur, uno desde la calle Salabosque de La Alberca hasta la calle Agustín García Solano y otro desde Algezares hasta la carretera de Santa Catalina; la rambla de Espinardo; parte de la avenida de La Alberca, en Algezares; y la rambla del Carmen, en Cabezo de Torres. Las pedanías de Tercia, La Hoya y la zona de la Condomina se vieron afectadas por granizo que dejó afectado a los cultivos.

Inundación de 21 de junio de 2023

El 21 de junio, un temporal de lluvia y granizo dejó 41 mm en 1 hora en Caravaca (de 17 a 18 h), afectando a Caravaca, Moratalla, Cehegín y Jumilla. Como consecuencia se produjeron inundaciones en el casco de Caravaca, Cehegín y Moratalla con arrastre de contenedores de basura, motocicletas y otros objetos. A esto se le suma el rescate con éxito de tres personas

en una caseta próxima al río Argos, en Cehegín. El río Argos se desbordó en diferentes puntos y estuvo a punto de desbordarse a la altura del puente de Santa Inés, cerca del casco urbano de Caravaca de la Cruz.

Inundación de 30 de agosto de 2023

El 30 de agosto tuvo lugar un temporal de lluvia y granizo que dejó 30,4 litros/m² en media hora en Zarzadilla de Totana. Se dio lugar el arrastre de elementos en vía pública e inundaciones en instalaciones municipales, además de daños en los cultivos (almendros).

Inundación de 15 de septiembre de 2023

El 15 de septiembre se produjo un temporal de lluvia, viento y granizo que afectó a Murcia, Alcantarilla, Molina de Segura, Alguazas, Las Torres de Cotillas. Durante el evento se produjeron obstáculos en la vía pública, el rescate de personas atrapadas en vehículos y tres incendios provocados por rayos. En torno a 33 litros por metro cuadrado se registraron en zonas de Cieza y Moratalla, y la mitad de esa cifra en Lorca y Alhama de Murcia. Las imágenes mostraban desbordamientos de ramblas y acequias en áreas de Cieza y Molina de Segura

Inundación de 8 de junio de 2024

El día 8 de Junio de 2024, se desarrolló una DANA que dejó precipitaciones abundantes en las comarcas de Almansa y Hellín en la provincia de Albacete y en la zona norte de la provincia de Murcia, principalmente en el Noroeste y el Altiplano. Las precipitaciones más abundantes se presentaron entre las 19:00-21:00 h.

En la población de Hellín se produjeron inundaciones, llegando a alcanzar unas precipitaciones de 29,3 l/m². En la región de Murcia se registraron en Cieza 26,4 l/m², Calasparra 33,8 l/m², Moratalla 62,3 l/m², Jumilla 30,5 l/m² y Yecla 42,7 l/m². Asimismo, se cortó el tráfico en la carretera RM-B19 Cieza-Calasparra por el desbordamiento de una rambla.

Inundación de 12 de junio de 2024

El día 12 de Junio de 2024 se produjo un temporal que azotó el sudeste de la Península. Los municipios más afectados fueron Murcia, Torres de Cotillas, Cartagena y Molina de Segura.

En el entorno de la ciudad de Murcia la lluvia fue de gran intensidad, registrándose 44 l/m² en 20 minutos, 33 de ellos en tan solo 10 minutos. Se desbordaron varias ramblas como la Churra y Espinardo y numerosas calles permanecieron anegadas varias horas como las Avenidas de Alicante, Reino de Murcia, Miguel de Cervantes, Miguel Indurain y Juan de Borbón a la altura de la rotonda de Los Cubos, entre otras.

Asimismo, se produjeron varios cortes de autovías y carreteras en La Ñora, Cabezo de Torres, la carretera del Puerto del Garruchal, la antigua carretera de Mazarrón y la de la Venta de la Paloma.

Las lluvias acumuladas fueron las siguientes: Murcia hasta 57 l/m², con 48,3 l/m² en la zona de Espinardo y 55,5 l/m² en el centro de la ciudad, Torres de Cotillas con hasta 61 l/m², Los Alcázares con hasta 53,1 l/m², en la rambla del Albuñón a la altura de La puebla con 36 l/m² y Molina del Segura con hasta 38,6 l/m².

3 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 presas 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 con el 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, pudiéndose dar inundaciones pluviales conjuntamente con las 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 los orígenes pueden actuar conjuntamente y existen ARPSI con varios posibles orígenes de las inundaciones.

3.1 Inundaciones de origen fluvial

3.1.1 Metodología empleada

La revisión de la evaluación preliminar del riesgo de inundación se ha realizado siguiendo lo dispuesto en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de

Zonas Inundables (SNCZI), Evaluación Preliminar del Riesgo” (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente):

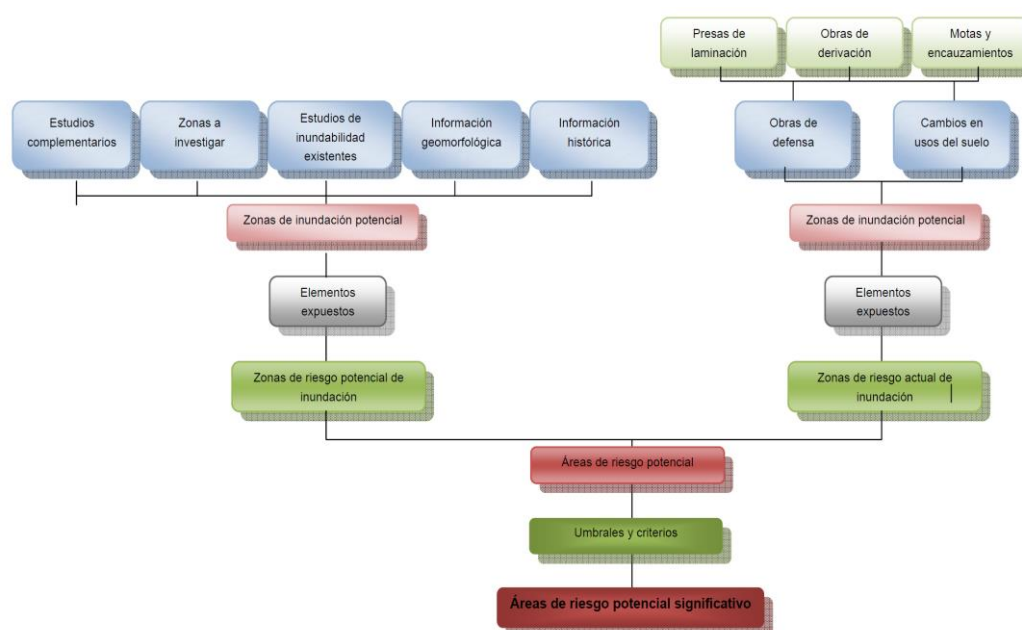


Figura 10. Metodología aplicada en el desarrollo de la EPRI

La EPRI del 3.º ciclo se basa en los resultados obtenidos en la EPRI del 1.º ciclo y en su posterior revisión y actualización, EPRI del 2.º ciclo, por lo que esta constituye el punto de partida de los trabajos. La EPRI del 3.º ciclo consiste fundamentalmente en la actualización de la información relacionada con la inundabilidad.

Por tanto, la actualización de la información conlleva todos los trabajos de actualización que se marcan en el esquema anterior, desde la actualización de los eventos históricos, hasta la aportación de nuevos datos relacionados con el cambio climático o con las paleoecrecidas. Muy importante también en el proceso de actualización es considerar las aportaciones tanto de los responsables de la CHS, como de otros organismos implicados en la gestión de las inundaciones como Protección Civil. Su experiencia acumulada en el primer y segundo ciclo es muy valiosa a la hora de actualizar la EPRI. Asimismo, de gran relevancia son los datos proporcionados por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) del Ministerio de Economía, Comercio y Empresa.

Finalmente, una vez recogidos todos los datos y propuestas de tramos a estudiar como ARPSI, se realiza una valoración conjunta de todos los criterios, que tiene en cuenta también la valoración de daños potenciales del primer y segundo ciclo. Así, se determina una propuesta actualizada y revisada de ARPSI.

3.1.2 Análisis de tramos a añadir a las ARPSI del 2.º ciclo

3.1.2.1 Identificación de tramos y zonas potencialmente inundables

En esta fase del trabajo se ha realizado una actualización de la identificación inicial de tramos y zonas potencialmente afectadas por inundación fluvial que se presentó en la EPRI del 2.º ciclo.

Para la preselección de zonas de riesgo potencial de inundación fluvial se han utilizado 4 tipos de fuentes de información:

- Información histórica.
- Estudios previos.
- Tramos de interés de diferentes Organismos.
- Zonas a investigar.

Información histórica:

En las EPRI de 1.º y 2.º ciclo la selección de tramos de históricos alcanzó los 2.893 km. De estos tramos, 1.884 km derivaban del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH) elaborado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (Ministerio del Interior) y el resto provenían de información histórica procedente de otras fuentes. En concreto estas fuentes fueron: las encuestas realizadas por el Instituto del Agua y del Medio Ambiente (INUAMA), el Plan de Prevención de Inundaciones en los cascos urbanos de Andalucía (Agencia Andaluza del Agua), la Guardería Fluvial de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura y finalmente por el estudio de hemeroteca.

De manera que, en la actual fase de revisión, para completar la información histórica, se ha partido de la información de los eventos descritos en cada informe de seguimiento del PGRI desde 2018 completándose con un estudio de hemeroteca para el intervalo temporal desde la elaboración de la EPRI de 2.º ciclo a la actualidad (fecha de redacción del presente documento).

Para realizar una búsqueda más dirigida en la hemeroteca se han utilizado los registros de eventos de la CHS y la base de datos de Consorcio Compensación Seguros (CCS) del Ministerio de Economía y Empresa.

Las inundaciones consideradas por el CCS se ciñen a “inundaciones extraordinarias”, excluyéndose la inundación “costera/embate de mar”, pero no distinguiendo entre inundación fluvial y pluvial. La información remitida para este estudio incluye los datos de siniestros (expedientes) por inundación producidos en la Demarcación a nivel de código postal en el periodo 1996-2023 a escala anual y en el periodo 2018-2023 a escala diaria. Recogen el año o la fecha del siniestro según el periodo de tiempo, la localización (código postal, municipio/población y provincia) y el importe de las indemnizaciones por el bien afectado (viviendas, vehículos, resto y total).

La distribución por comunidad autónoma de los importes de las indemnizaciones y n.º de siniestros para el periodo 1996-2023 se recoge en la siguiente tabla:

	Región de Murcia	Comunidad Valenciana	Castilla-La Mancha	Andalucía	Total
Indemnización total	457.072.334 €	241.207.474 €	1.615.603 €	7.809.953 €	707.705.364 €
Indem. viviendas	221.362.958 €	106.486.171 €	480.917 €	2.560.601 €	330.890.647 €
Indem. vehículos	64.048.013 €	48.496.145 €	195.710 €	1.585.417 €	114.325.285 €
Indemnización resto	171.661.364 €	86.225.158 €	938.976 €	3.663.935 €	262.489.432 €
Tramitaciones totales	63.648	25.482	324	929	90.383

Tabla 5. Importe de las indemnizaciones por inundación y siniestros, periodo 1996-2023 (CCS)

Del importe total indemnizado en la Demarcación durante el periodo 1996-2023, el 65 % se derivan de inundaciones localizadas en la Región de Murcia y el 34 % en la Comunidad Valenciana. En el caso del periodo 2018-2023, se mantiene el porcentaje total entre ambas comunidades, pasando a representar el 55 % la Región de Murcia y 44 % la Comunidad Valenciana.

La distribución por año de los importes indemnizaciones para el periodo 2018-2023 se recoge en la siguiente tabla:

Importes indemnizaciones para el periodo 2018-2023					
Año	Región de Murcia	Comunidad Valenciana	Castilla-La Mancha	Andalucía	Total
2018	5.117.366,77 €	1.162.535,89 €	462.698,08 €	164.527,22 €	6.907.127,96 €
2019	241.332.633,36 €	214.931.812,12 €	651.422,00 €	301.199,98 €	457.217.067,46 €
2020	1.107.032,62 €	322.202,25 €	18.394,23 €	475,85 €	1.448.104,95 €
2021	3.548.884,01 €	957.757,05 €	37.138,90 €	51.422,78 €	4.595.202,74 €
2022	9.408.161,67 €	960.142,32 €	6.058,15 €	14.614,42 €	10.388.976,56 €
2023	10.351.321,50 €	52.677,58 €	16.621,90 €	469.209,99 €	10.889.830,97 €
Total	270.865.399,93 €	218.387.127,21 €	1.192.333,26 €	1.001.450,24 €	491.446.310,64 €

Tabla 6. Importe de las indemnizaciones por inundación para el periodo 2018-2023 (CCS)

En cuanto al importe de las indemnizaciones a escala anual, destaca el año 2019 por ser el año con las inundaciones más devastadoras y catastróficas de la Demarcación, representando el 65 % del importe total indemnizado para el periodo 1996-2023 y el 93 % para el periodo 2018-2023.

A continuación se muestra una tabla y una figura donde se recogen los códigos postales de los municipios con mayores indemnizaciones medias anuales en el periodo 1996-2023.

Código Postal	Municipio	Total (€)	Media anual (€/año)	Código Postal	Municipio	Total (€)	Media anual (€/año)
30710	Los Alcázares	95.072.912	3.395.461	03158	Catral	10.593.136	378.326
03300	Orihuela	73.559.823	2.627.137	30817	Lorca	10.022.020	357.929
30700	Torre-Pacheco	18.345.520	655.197	30720	San Javier	9.651.382	344.692
30730	San Javier	18.145.084	648.039	30370	Cartagena	9.515.948	339.855
03160	Almoradí	17.080.454	610.016	30740	San Pedro del Pinatar	9.399.047	335.680
03150	Dolores	16.990.802	606.814	03316	Orihuela	9.333.235	333.330
30800	Lorca	16.660.261	595.009	30009	Murcia	9.138.083	326.360
30813	Lorca	12.982.343	463.655	03310	Jacarilla	8.931.724	318.990
30709	Torre-Pacheco	12.786.793	456.671	30739	Torre-Pacheco	8.298.357	296.370
30500	Molina de Segura	12.682.530	452.947	03315	Orihuela	8.052.124	287.576

Tabla 7. Indemnizaciones medias anuales por inundación en la DHS, periodo 1996-2023 (CCS)

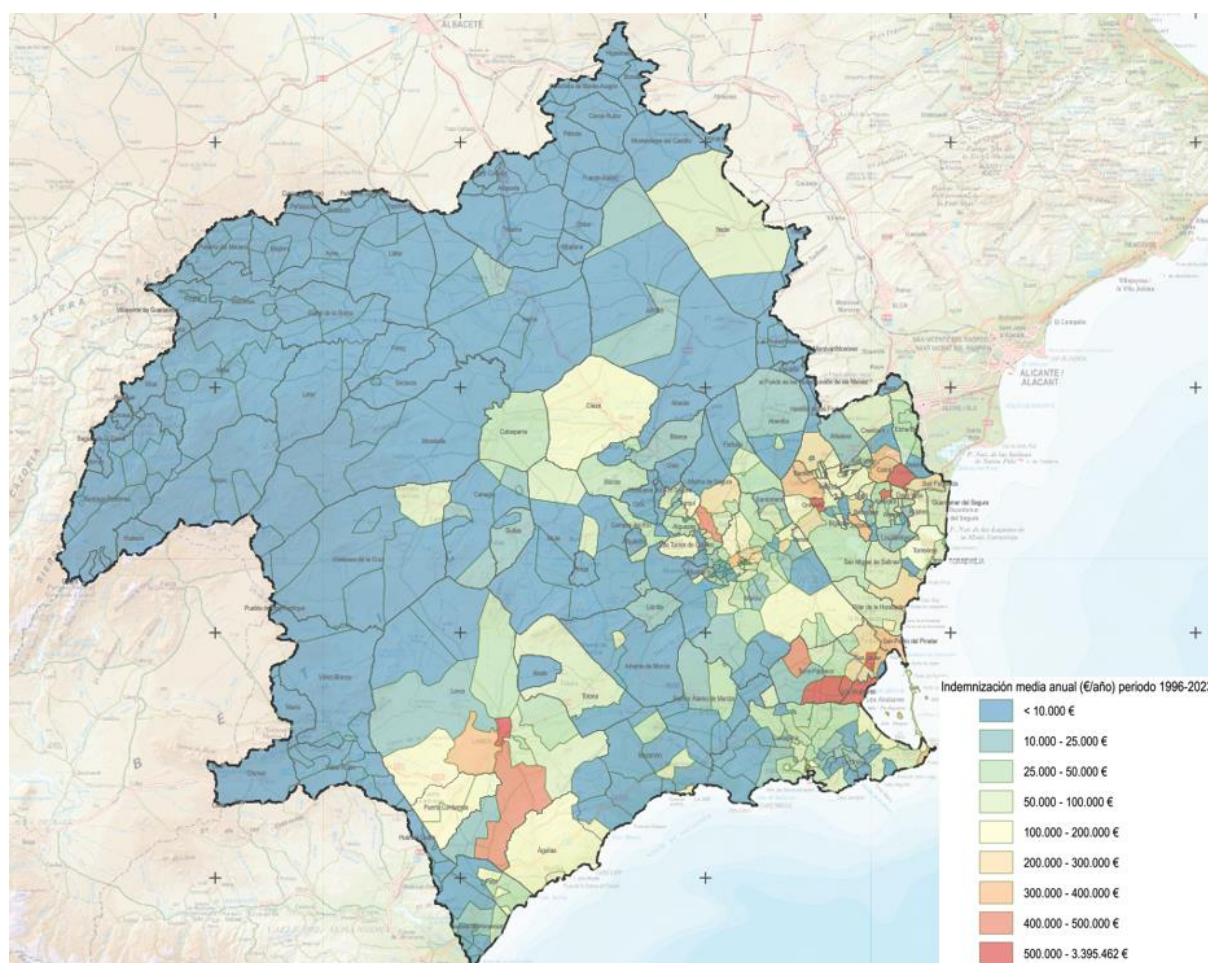


Figura 11. Indemnizaciones medias anuales por inundación en la DHS, periodo 1996-2023 (CCS)

En el periodo que abarca la actualización de la EPRI, el 80 % de los importes de las indemnizaciones se corresponde con inundaciones ocurridas en Orihuela, Los Alcázares, Murcia, Cartagena, Torre-Pacheco, San Javier, Almoradí, Dolores, Molina de Segura y Catral.

En la siguiente gráfica se muestran los municipios de la Demarcación con mayor indemnización en el periodo 2018-2023, ordenados de mayor a menor, junto con el porcentaje acumulado que representan frente a la indemnización total de la Demarcación.

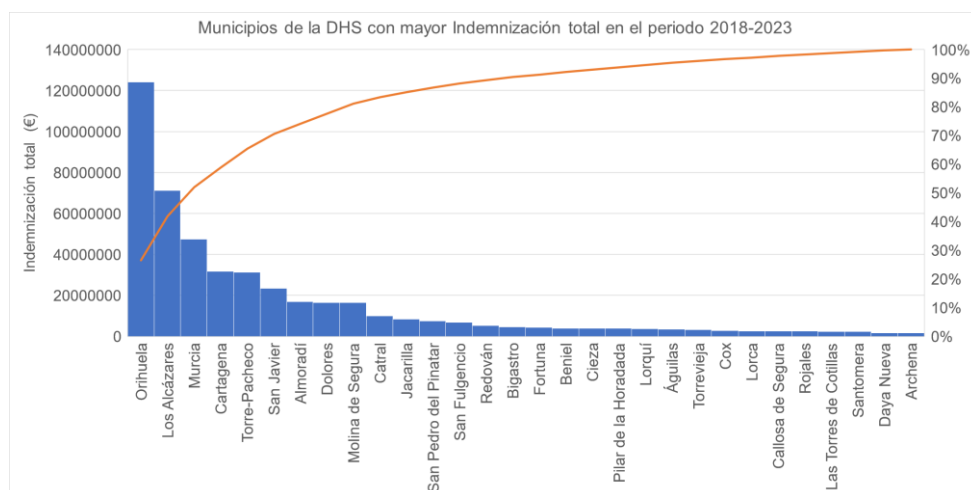


Figura 12. Municipios de la DHS con mayor indemnización total acumulada en el periodo 2018-2023

Con objeto de identificar los eventos más significativos del periodo 2018-2023, se han agrupado los datos diarios de daños por periodos consecutivos y se les ha asignado un código identificativo de evento. Posteriormente, se ha obtenido para cada evento: la duración aproximada del evento, el ámbito geográfico afectado y la magnitud de los daños (importe de indemnización total por evento) a nivel de código postal.

En la siguiente gráfica se muestran la indemnización total por evento, ordenado de mayor a menor, y el porcentaje acumulado que representa frente a la indemnización total de la Demarcación, sin considerar la DANA de septiembre de 2019.



Figura 13. Indemnizaciones por eventos en la DHS en el periodo 2018-2023

Tras el análisis de las indemnizaciones por evento para el periodo 2018-2023, se han identificado los eventos más relevantes del periodo de evaluación de la EPRI. Para ello se ha establecido que, para este ciclo, un evento es significativo cuando los daños ocasionados por el evento suponen indemnizaciones del CCS superiores a 500.000 €, dado que las indemnizaciones acumuladas de todos los eventos, ordenados de mayor a menor, del periodo que cumplen esta condición representan el 85 % de los daños totales de la Demarcación (sin incluir el evento de la DANA de septiembre de 2019, con el que el porcentaje ascendería al 99 %). Estos eventos han sido contrastados con los datos de hemeroteca recopilados en el periodo 2018-2023.

A continuación, se muestra una tabla donde se recogen los episodios más significativos acaecidos durante el periodo 2018-2023, entre los que destaca la DANA de septiembre de 2019, una de las inundaciones con la siniestralidad más costosa en la historia del Consorcio de Compensación de Seguros.

Evento	Fecha inicio siniestros (CCS)	Fecha fin siniestros (CCS)	Importe total indemnizaciones (€)
11/09/2019	10/09/2019	15/09/2019	450.053.873,27
22/05/2023	21/05/2023	27/05/2023	8.558.580,84
25/09/2022	20/09/2022	29/09/2022	8.175.582,83
15/11/2018	14/11/2018	22/11/2018	4.644.831,80
03/12/2019	02/12/2019	04/12/2019	4.458.437,22
19/04/2019	18/04/2019	22/04/2019	1.837.434,32
21/09/2021	20/09/2021	22/09/2021	1.525.541,04

Evento	Fecha inicio siniestros (CCS)	Fecha fin siniestros (CCS)	Importe total indemnizaciones (€)
30/05/2023	28/05/2023	07/06/2023	1.433.123,58
02/05/2022	02/05/2022	04/05/2022	887.681,51
22/10/2021	22/10/2021	23/10/2021	819.227,01
21/01/2020	18/01/2020	23/01/2020	760.613,08
02/06/2018	27/05/2018	06/06/2018	724.886,34
15/09/2023	11/09/2023	17/09/2023	641.471,50
02/09/2021	29/08/2021	02/09/2021	596.348,06
22/11/2021	18/11/2021	23/11/2021	563.546,37

Tabla 8. Eventos significativos en la DHS para el periodo 2018-2023 (CCS)

Asimismo, se ha identificado la localización de cada evento significativo, seleccionando los códigos postales con indemnizaciones en el periodo del evento superiores a 50.000 €/evento. En la siguiente imagen se pueden observar los códigos postales de la Demarcación con mayor número de eventos con indemnizaciones superiores al umbral anterior, durante el periodo 2018-2023.

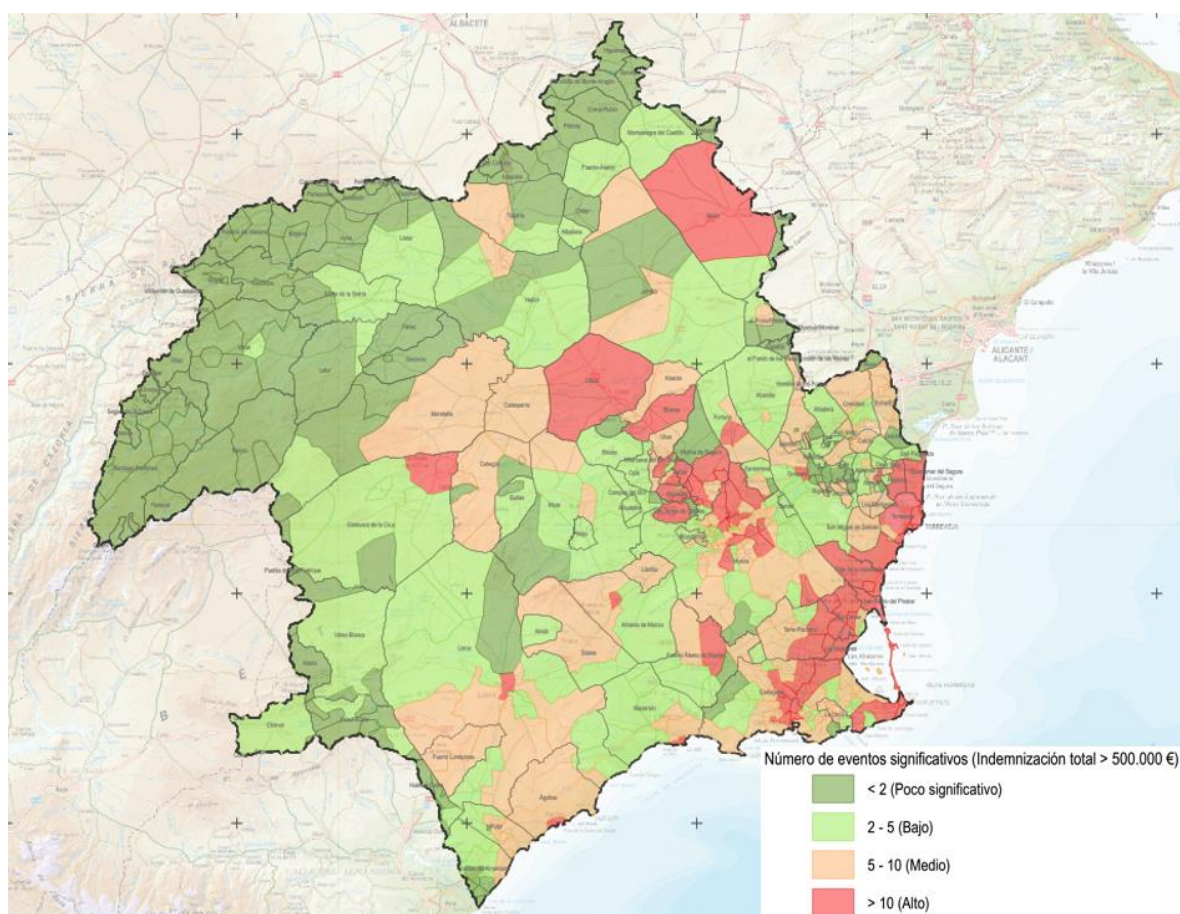


Figura 14. Número de eventos significativos en la DHS para el periodo 2019-2023 (CCS). Fuente: Elaboración propia

Como conclusión de esta actualización de la hemeroteca y datos de la base de datos del CCS, se han identificado 15 episodios significativos, que también quedan descritos en el apartado

2. El análisis de estos episodios ha derivado en la identificación de 1.391,7 km de tramos de la red de drenaje, siendo 17 km de ellos no coincidentes con los 2.893 kilómetros de las anteriores EPRI, resultando una nueva selección de tramos históricos de 2.910 km.

Por último es preciso mencionar, que no es inmediato determinar a qué tramo de río se está refiriendo un determinado dato a nivel de municipio, código postal o referencia procedente de la hemeroteca, puesto que pueden existir diversos cauces susceptibles de haber provocado el daño concreto.

A continuación se muestra una figura con los tramos históricos de las EPRI del 1.º y 2.º ciclo y los tramos identificados en la revisión de la hemeroteca.

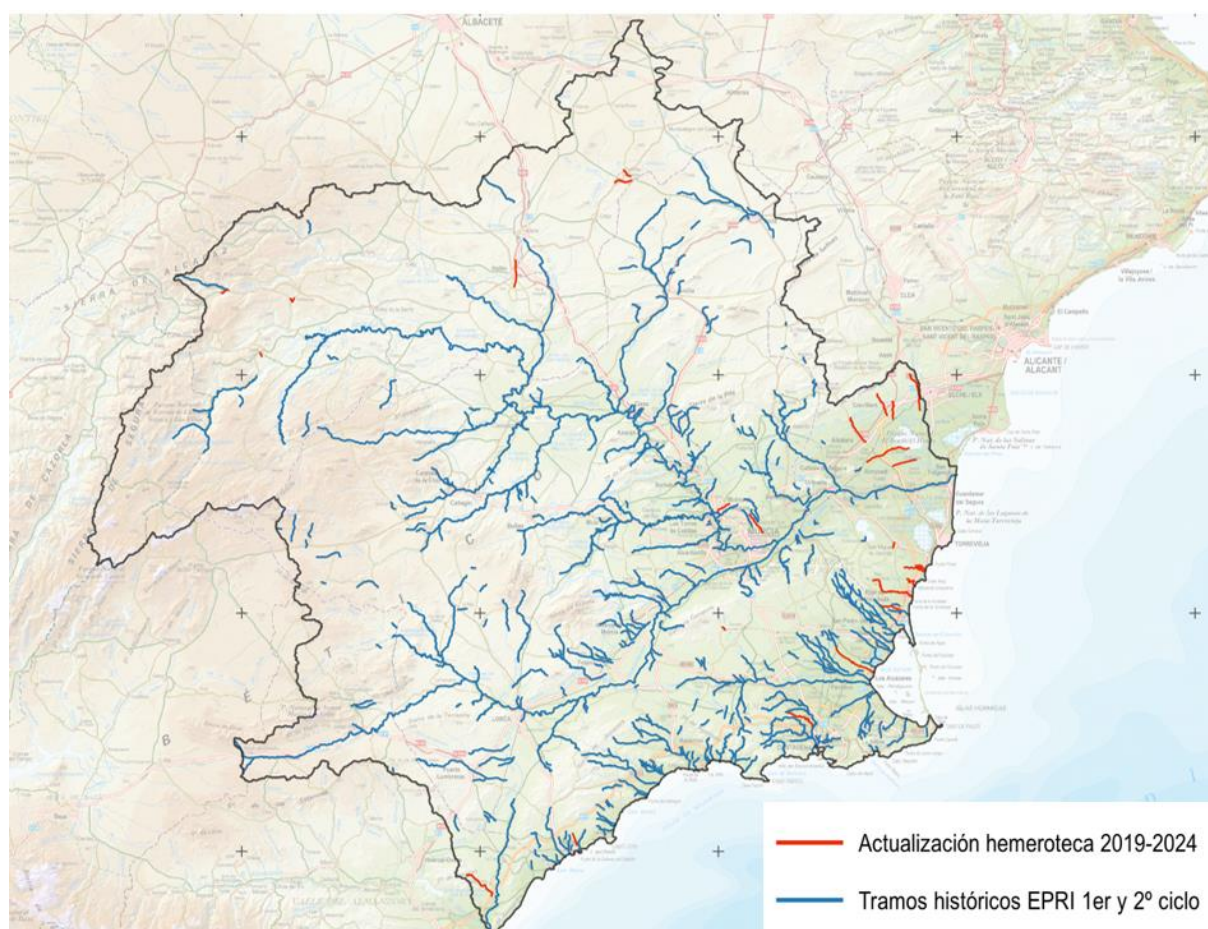


Figura 15. Actualización Hemeroteca. Fuente: Elaboración propia

Estudios previos:

Para la revisión de dicha EPRI del 2.º ciclo se han recopilado las nuevas zonas inundables del SNCZI de la Demarcación.

Tramos de interés de diferentes Organismos:

En esta fase de revisión se ha consultado con los Servicios de Protección Civil de las 4 CC.AA. de la Demarcación la necesidad de revisar los tramos ARPSI de la Demarcación o de identificar nuevos tramos. Fruto de estas consultas, se ha recopilado una colección de tramos de interés de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha y de la Comunidad Valenciana.

En la Región de Murcia ya se identificaron en la anterior revisión 740 km incorporándose a la evaluación realizada para la EPRI de 2.º ciclo.

Adicionalmente, en la actual fase de revisión, también se han seleccionado áreas de Interés para la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura como la rambla de la Ventosa, zonas urbanas de San Javier, San Pedro del Pinatar y norte de Los Alcázares, zona de Lorca y Puerto Lumbreras, entre otras.

En la siguiente imagen se recogen los tramos de interés analizados.

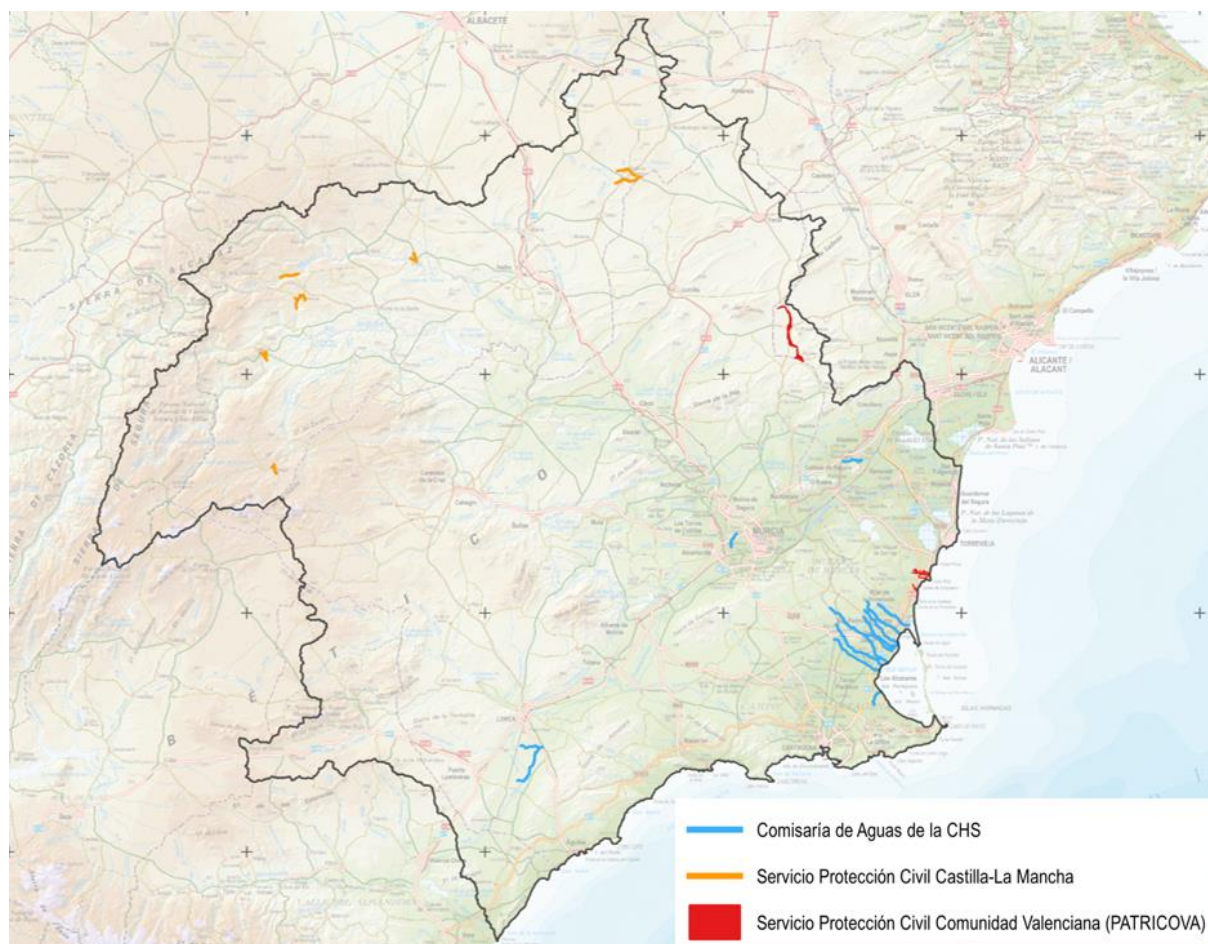


Figura 16. Tramos de interés propuestos de los Servicios de Protección Civil y por Comisaría de aguas de la CHS. Fuente: Elaboración propia

Zonas a investigar:

En las EPRI de 1.º y 2.º ciclo se incluyó la información geomorfológica contenida en el Mapa Geológico Digital de España (GEODE) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

En EPRI del 1.º ciclo se identificaron las zonas potencialmente inundables seleccionando los conos de deyección, los abanicos aluviales, los fondos de valle, los depósitos de ramblas etc. Adicionalmente se incluyeron, de los grupos clasificados como “indiferenciado”, zonas potencialmente inundables en función de la evaluación de otras fuentes de información (imágenes aéreas, mapas de pendientes, etc.). Este proceso añadió 4.589 km² que se tradujeron en una longitud equivalente de 3.325 km. Tras el análisis preliminar de riesgo se

concluyó que casi el 90% de estos tramos eran poco significativos y solamente 345 km de estos más de 3.000 km fueron declarados tramos ARPSI.

En la EPRI del 2.º ciclo con el fin de mejorar la mencionada metodología, se consideró incluir como zonas a investigar el resto de la red de drenaje significativa, es decir, aquella que no tuviera delimitada una zona inundable por un estudio previo o un área clasificada como inundable debido a su caracterización geomorfológica. La longitud total de estos tramos añadidos superó los 17.000 km.

A continuación se adjunta una figura que ilustra estos tramos a investigar junto a la zona inundable de 500 años de estudios previos.

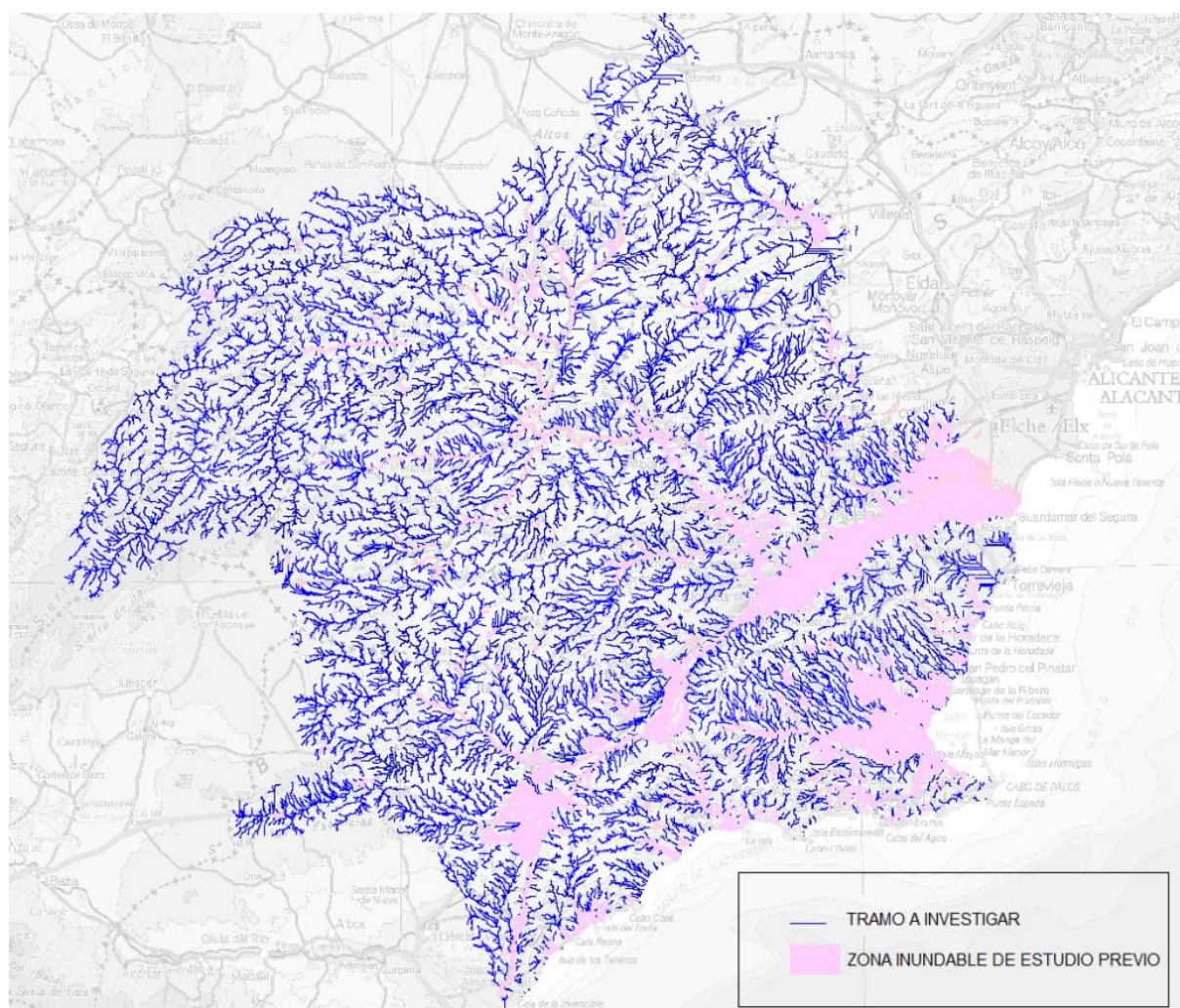


Figura 17. Tramos a investigar. Fuente: EPRI 2.º ciclo.

En esta actualización no se ha considerado conveniente la revisión de estas zonas, puesto que la información base no ha sufrido cambios significativos.

3.1.2.2 Estimación del área inundable en los tramos identificados

Los tramos están clasificados en los siguientes grupos:

- Tramos con estudios de inundabilidad existentes.

- Tramos procedentes de Información histórica (no incluidos en el grupo anterior).
- Tramos de interés de diferentes Organismos.
- Tramos a investigar (resto de la red de drenaje, no incluidos en los grupos anteriores).

Esta es la misma clasificación realizada en las EPRI anteriores.

Hay dos clases claramente diferenciadas en relación con la posibilidad de realizar la identificación del área inundable. Por un lado, el primer grupo correspondiente a tramos en los que se han llevado a cabo estudios hidrológicos e hidráulicos (delimitaciones de Dominio Público Hidráulico, zonas inundables del SNCZI, etc.) o geomorfológico, donde sí se conoce dicha área inundable, y, por otro lado, el resto de los grupos, donde es necesario estimarla.

En el primero de los casos, en los que se dispone de estudios previos, se ha asignado el área inundable correspondiente a 500 años de periodo de retorno en los tramos con estudios de inundabilidad existentes o los conos de deyección identificados mediante la información geomorfológica.

En el segundo de los casos, se ha asignado al tramo una zona inundable equivalente a través de un estudio hidromorfológico. Esta zona inundable va asociada a una altura máxima respecto a la cota del fondo de la línea de drenaje, que se fijó en 5 metros, tras un análisis de diversas alturas durante la redacción de la EPRI de 1.º ciclo. El objetivo era descartar los ámbitos que estuvieran fuera de esa zona semejante a lo que inundaría un calado de 5 m, ya que se estaba analizando la totalidad del territorio de la Demarcación. Se comparó dicha zona inundable de 5 metros de calado máximo con la zona inundable de 500 años para los tramos que disponían dicho estudio y se comprobó que la semejanza era notable, suficiente para la precisión requerida en una EPRI.

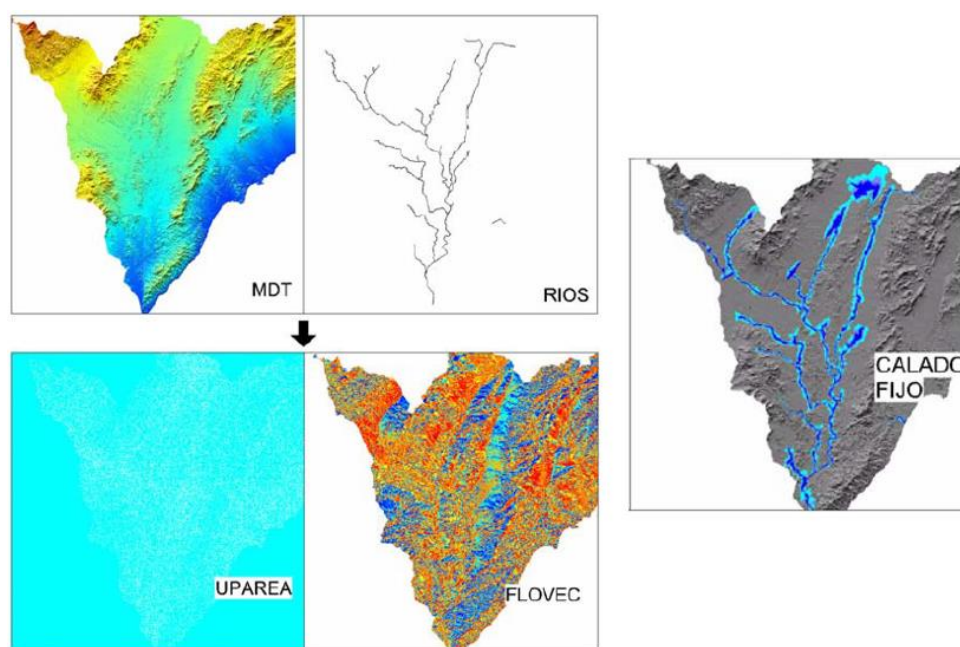


Figura 18. Fases del estudio Hidromorfológico. Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los dos tipos de zonas: la del estudio de inundabilidad existente y la equivalente a partir del estudio hidromorfológico de calado máximo.

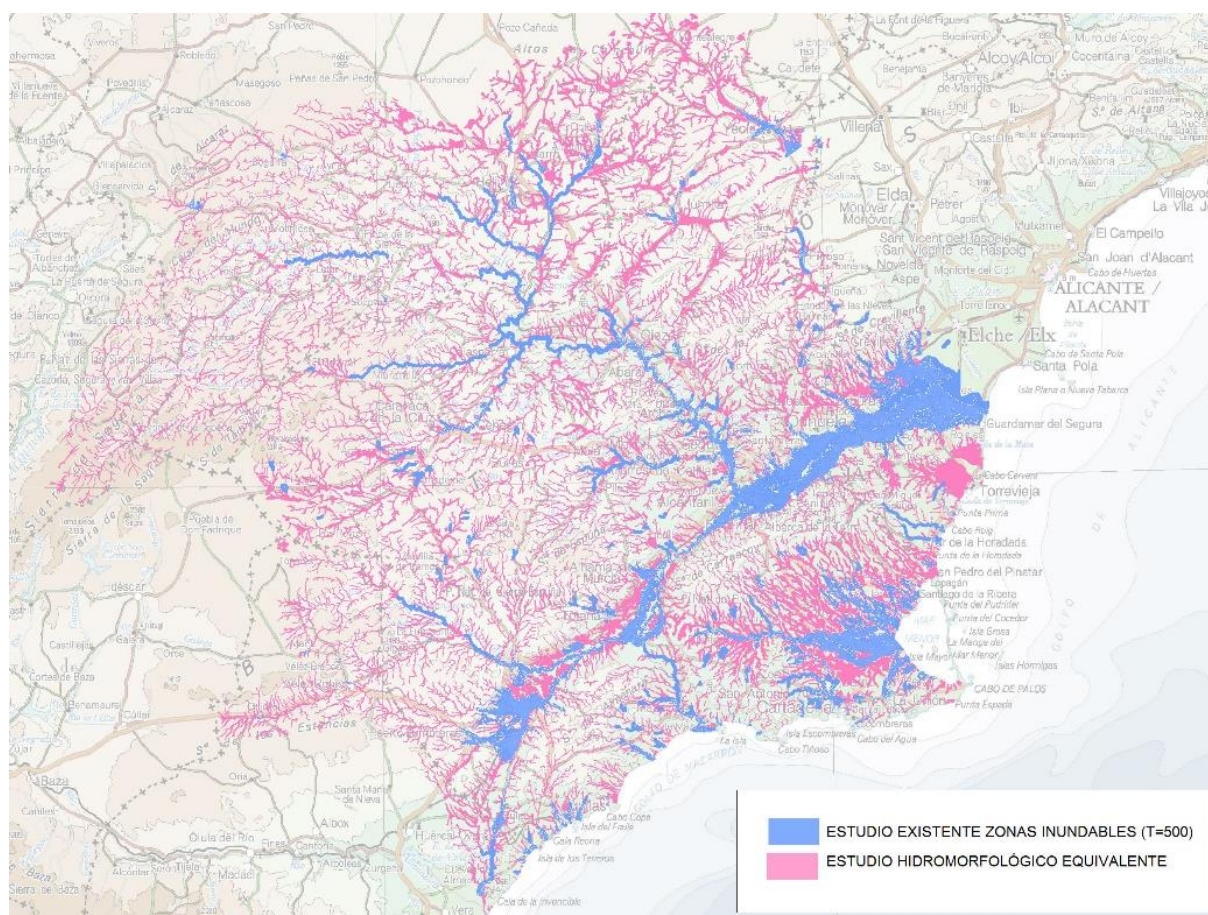


Figura 19. Zonas inundables según tipo de estudio. Fuente: Elaboración propia

Los ámbitos en los que no se dispone de dicha zona se debe a que la cartografía base no refleja claramente la línea de drenaje. En estas zonas el área se definió a partir de un buffer aplicado a la línea del tramo añadido.

3.1.2.3 Estimación y valoración de los daños en cada tramo/zona

Para tener una valoración homogénea, las extensas zonas inundables se segmentan para normalizarlas por kilómetro de la red de drenaje. En la EPRI del 1.º ciclo se realizó la clasificación de 4.206 zonas correspondientes 6.804 km de tramos. En la revisión realizada para la EPRI del 2.º ciclo se clasificaron 13.500 zonas adicionales correspondientes a 18.500 km de tramos. Por último, en la revisión para la EPRI del 3.º ciclo se han añadido 9 km. Cabe mencionar que, dado que la identificación de un tramo puede proceder de varios orígenes (estudios inundables, geomorfología, datos históricos) se eliminan los duplicados.

La estimación de los daños potenciales para cada tramo o zona se ha llevado a cabo —tanto en las EPRI anteriores como en esta revisión— a partir del cruce de los usos del suelo con la siguiente información del área inundable:

- La ocupada por la avenida de 500 años en los tramos con estudios previos.
- La calculada con el estudio hidromorfológico equivalente en los restantes tramos de la red hidrográfica.

- La calculada a partir de un buffer a los tramos no incluidos en la red e identificados por los servicios de protección civil de las CC.AA., los equipos de la CHS o el análisis de eventos históricos.

Los usos del suelo en el 1.º ciclo se obtuvieron a partir de diversas fuentes complementarias (CORINE LC, BCN25, ortofotografías del PNOA, etc.) donde se distinguieron: usos asociados a zonas urbanas, industriales o agropecuarias; servicios esenciales (autovías, carreteras de primer orden, equipamiento sanitario, etc.); infraestructuras del transporte; exposición medioambiental (lugares con especial protección, depuradoras, desaladoras, industrias contaminantes, etc.) y bienes históricos.

En la revisión del 2.º ciclo, la actualización del mapa de usos de suelo (*ver plano n.º 1 del Anexo 1. Planos de dicha EPRI*) se utilizaron fuentes cartográficas más actuales como el SIOSE de 2018, la Red de Transporte del Instituto Geográfico Nacional (2017), la cobertura de Usos de Suelo Urbano y Urbanizable proporcionada por la Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunitat Valenciana (2018), la cobertura de carreteras proporcionada por la Dirección General de Infraestructuras de la Junta de Andalucía así como la Red de Carreteras de Castilla la Mancha en formato vectorial, el Catálogo de la Red Autonómica de Carreteras y el Mapa de Carreteras que la Dirección General de Carreteras y Transportes, junto con la Dirección General de Planificación Territorial y Sostenibilidad, de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, que edita periódicamente y cuya última edición es de 2018 (coincidentes estas últimas con la información de la Red de Transporte del IGN).

Para la revisión del 3.º ciclo se ha utilizado la información más actualizada del SIOSE (2017) completada con la información de la última Base Topográfica Nacional (BTN25, 2017) y se ha comprobado con las capas actualizadas de los Usos de Suelo Urbano y Urbanizable proporcionada por la Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunitat Valenciana (2021), la Red Autonómica de Carreteras de Andalucía de la Junta de Andalucía (2022) así como el Catálogo y Mapa de Carreteras de Castilla - La Mancha (2022). Adicionalmente se ha realizado una comparación entre las ortofotografías aéreas del PNOA en los ámbitos ARPSI para identificar cambios sustantivos en los usos del suelo.

La estimación de daños se ha realizado mediante la superposición del área inundable con la cobertura de los usos del suelo valorados. Dicha valoración puede consultarse en la memoria de la EPRI de 2.º ciclo.

A partir de esta valoración por uso se obtiene un daño medio para cada área inundable correspondiente a cada uno de los tramos de la red de drenaje, cuya longitud calculada es de 1 kilómetro. En el caso de las zonas del estudio hidromorfológico equivalente y en el caso de las zonas delimitadas mediante buffer, este daño medio se multiplicó por un factor corrector de 0,7 pues en las EPRI anteriores se comprobó que, a pesar de la notable equivalencia, en estas zonas se podía conducir a una sobrevaloración de los daños.

3.1.2.4 Clasificación de los tramos o zonas

Tras la obtención de dichas valoraciones por área normalizada, estas se ordenaron de mayor a menor valoración para identificar aquellos ámbitos que acumulaban mayor porcentaje del daño total.

En la EPRI del 2.^o ciclo, además de la actualización de la información, se añadieron más de 17.000 km de la red de drenaje. El hecho de añadir nuevos tramos tuvo como consecuencia el aumento del daño total de la Demarcación y cambios en la curva de clasificación establecida en el 1.^{er} ciclo. Como los tramos añadidos en la EPRI de 3.^o ciclo son insignificantes respecto del total analizado, la curva de clasificación apenas ha variado respecto de la del 2.^o ciclo.

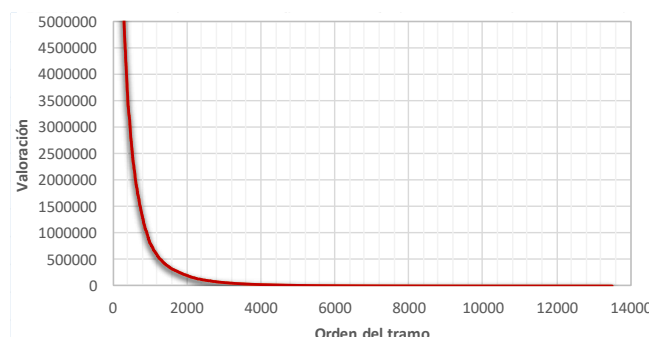


Figura 20. Daños por tramos, EPRI 2.^o ciclo, válida para la EPRI 3.^o ciclo. Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5 Definición de umbrales e identificación de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación

Obtenido un valor por cada tramo, se procedió a realizar el análisis de los resultados con el objeto de definir los impactos significativos y las consecuencias negativas potenciales.

Para ello, en las EPRI anteriores, una vez ordenados los tramos de mayor a menor daño normalizado, se analizó el porcentaje acumulado por tramo respecto al daño total de la Demarcación, con el objetivo de establecer el umbral a partir del cual el hecho de añadir un tramo más a la selección no reflejaba cambios significativos en el porcentaje acumulado. Es decir, no se producen cambios en la pendiente de la curva.

Así, en el 2.^o ciclo se estableció como umbral aquel con el que se acumulaba el 80 % de los daños, o lo que es lo mismo, que la valoración de daño en el tramo es igual a 3.900.000 puntos/km, de forma que los tramos de menor puntuación quedarían descartados. Este umbral sigue vigente en la revisión de la EPRI del 3.^o ciclo.

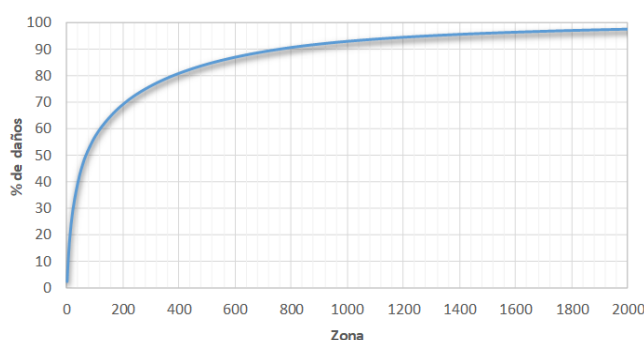


Figura 21. Valoración acumulada en porcentaje EPRI 2.^o ciclo, válida para la EPRI 3.^o ciclo. Fuente: Elaboración propia

Tras aplicar esta metodología a los tramos propuestos por los diferentes Organismos, se analizaron los resultados uno por uno, en especial todos aquellos situados por debajo del umbral. Varios se descartaron debido a que el riesgo procedía de problemas concretos de drenaje de carreteras o porque la cuenca de aportación era urbana.

Como caso especial se ha evaluado la rambla de la Ventosa a su paso por Jabalí Viejo donde la intensidad de la precipitación alcanzó los 40,6 litros por metro cuadrado en diez minutos. Con la base de los estudios existentes no se ha considerado pertinente que sea declarado ARPSI, pero sí que sea estudiado de nuevo durante este ciclo.

Durante el ciclo se seguirán realizando estudios complementarios de peligrosidad que permitan en la siguiente revisión mejorar la toma de decisión sobre la incorporación de algunos de estos ámbitos como tramo ARPSI. Este procedimiento ya se ha aplicado en esta revisión.

3.1.3 Propuesta de nuevas ARPSI

Finalmente, después del análisis pormenorizado de cada tramo preseleccionado para la actualización de la EPRI del 3.º ciclo y de las observaciones realizadas por técnicos de la Confederación Hidrográfica del Segura, se considera recomendable la inclusión de 10 nuevos tramos ARPSI, de los que 4 son prolongaciones de tramos ARPSI ya existentes: rambla de Béjar - ES070/0010-12, rambla de Nogalte - ES070/0010-15, rambla del Miedo (ES070/0017-01) y Sin Nombre (Cox) - ES070/0019-09. En los 10 tramos seleccionados se han producido episodios de inundación en último ciclo.

Estos tramos se recogen en la siguiente tabla y se representa en la imagen que aparece a continuación de la tabla.

Código de Tramo	Nombre	Longitud (km)	Código ARPSI	Revisión
ES070/0010-17	Rambla de Béjar	5,18	ES070/0010	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0010-12
ES070/0010-18	Rambla de Nogalte	10,50	ES070/0010	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0010-15
ES070/0013-03	Sin Nombre - San Pedro del Pinatar	4,18	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-04	Sin Nombre - El Mirador	3,01	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-05	Sin Nombre	6,41	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-06	Sin Nombre (San Cayetano 1)	11,30	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-07	Sin Nombre	4,29	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-08	Sin Nombre (La Colonia y Los Camachos)	2,41	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0017-03	Rambla del Miedo	3,90	ES070/0017	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0017-01
ES070/0019-10	Sin Nombre (Cox)	2,22	ES070/0019	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0019-09

Tabla 9. Tramos de ARPSI nuevos (actualización). Fuente: elaboración propia

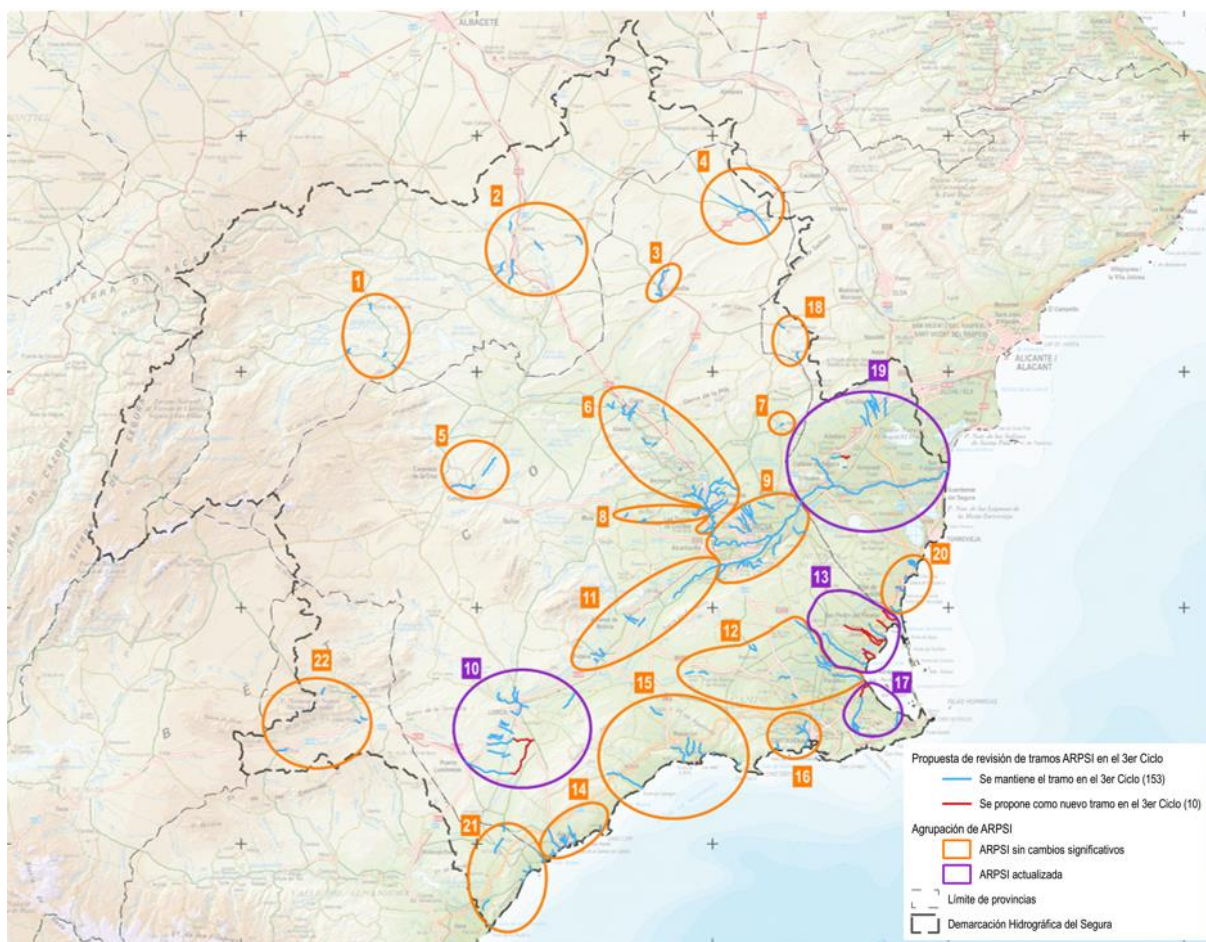


Figura 22. Revisión y actualización ARPSI (EPRI 3.º ciclo)

Todas las revisiones se sitúan en los ámbitos más castigados tras los eventos de septiembre de 2012 y septiembre de 2019.

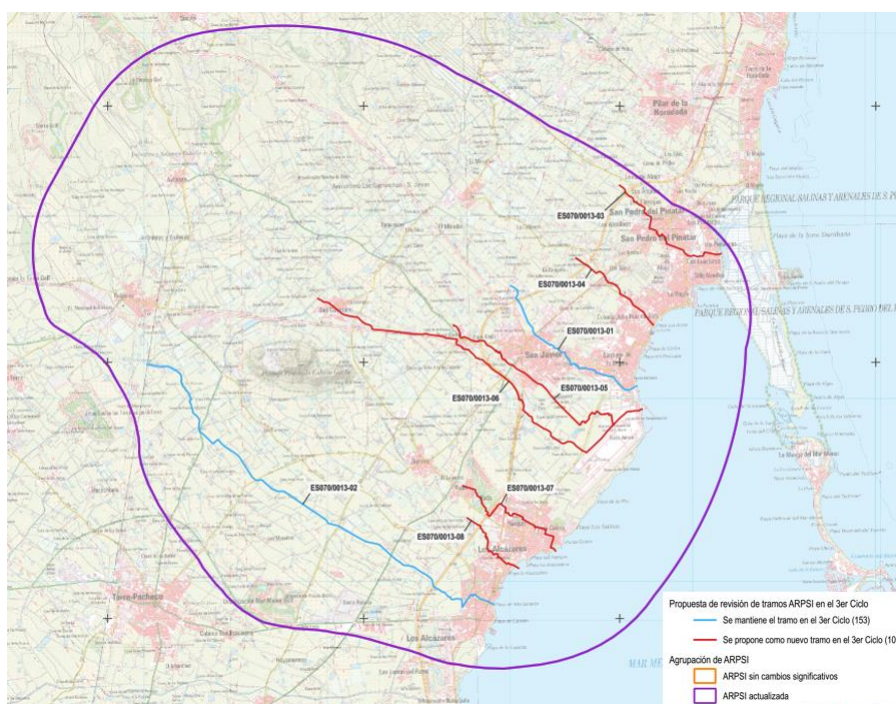


Figura 23. Detalle del ARPSI 13, en la que se han añadido 6 tramos nuevos en la EPRI 3.º ciclo

3.1.4 Análisis de tramos a eliminar ARPSI 2.º ciclo

Para considerar si algún tramo ARPSI debe ser excluido en este 3.^{er} ciclo, al igual que en el 2.º ciclo, se ha recurrido a la caracterización de las ARPSI llevada a cabo en el vigente Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI del 2.º ciclo).

Se concluye que los tramos ARPSI con los valores más bajos de peligrosidad y riesgo de inundación, disponen de referencias históricas de inundaciones fluviales causantes de daños, por lo que no se contempla su eliminación.

3.1.5 Actualización del trazado de los tramos ARPSI del 2.º ciclo

Otro de los trabajos realizados dentro de esta revisión de la EPRI ha consistido en la actualización del trazado en planta de los 153 tramos ARPSI identificados en el 2.º ciclo con objeto de adaptarlos a la realidad del territorio. Para ello se han tomado como referencia la red hidrográfica oficial (IGR-IGN) de la Demarcación y sus mapas de peligrosidad y riesgo de inundación, junto con sus delimitaciones de dominio público hidráulico y zonas de flujo preferente. Como consecuencia, se han modificado la longitud de parte de los tramos. La variación en la longitud de los tramos se refleja en las fichas de los tramos ARPSI recogidas en el Anexo n.º 3.

3.2 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.

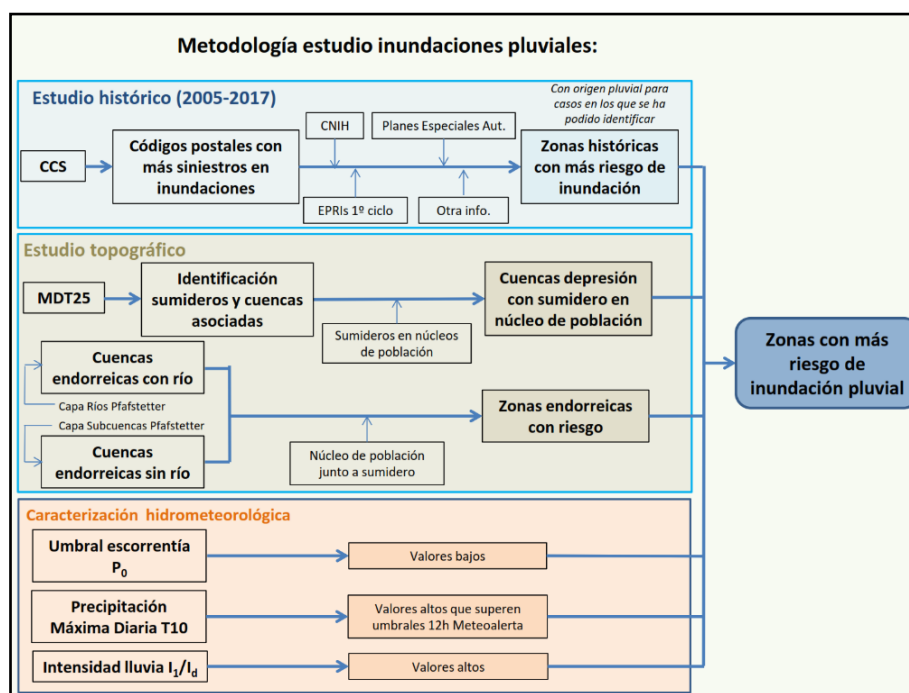


Figura 24. Esquema de la metodología del estudio de inundaciones pluviales. Fuente: EPRI 2.º ciclo

Se partió de la siguiente información: i) zonas con riesgo de inundación pluvial señaladas por el Inunmur; ii) áreas endorreicas del procedentes del estudio de Ordenación del Territorio de la CARM y iii) áreas de inundaciones pluviales delimitadas a partir del estudio de la hemeroteca. A cada una de estas áreas se le asignó un valor de precipitación y un porcentaje de daño en función de la altura del agua (relación estudiada por el CCS) y finalmente se cruzó con los usos de suelo valorados según la metodología empleada en la identificación de ARPSI fluviales y se normalizaron las áreas también con la misma metodología. Se comprobó que ninguna de ellas supera el valor de daño de 3.900.000, fijado en el apartado 3.1.1.5 *Definición de umbrales e identificación de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación*. De esta forma, se determinó no incluir ninguna de estas zonas como nuevas ARPSI. Este análisis se puede consultar en el capítulo 3.2 *Inundaciones de origen pluvial* de la memoria de la EPRI del 2.º ciclo.

Al tratarse de un estudio pormenorizado de todo el ámbito de la Demarcación y al no disponer de información base adicional, que no sea la ya analizada del Consorcio de Compensación de Seguros, no se ha considerado necesario realizar la actualización de este estudio. Si bien, se ha revisado la identificación de los tramos ARPSI cuya tipología se pueda definir como fluvial-pluvial.

3.3 Inundaciones debidas al mar

En relación con los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación causada por el mar en las aguas costeras y de transición, de acuerdo con el artículo 10.1 del Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión del riesgo de inundación, es la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el órgano competente para la elaboración de esta información.

La metodología de cálculo no ha sido modificada con respecto a la seguida en el primer ciclo, cuya descripción puede encontrarse en el documento *“Elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo requeridos por el Real Decreto 903/2010 en la costa española, anejo 7: Demarcación Hidrográfica del Segura”*:

https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/gestioninundacion/docsdescarga/COSTA_S_Anejo-7-Consulta-publica-DH-Segura.pdf

Pero sí se han actualizado las bases de datos que sirvieron para la elaboración de dichos mapas durante la implantación del primer ciclo de la Directiva, se mantienen los mapas ya publicados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Esta información de los nuevos resultados proyectados del nivel del mar y oleaje que se puede alcanzar y las conclusiones que se extraen de dicho estudio, se presentan en el punto 4.5. de esta memoria. Una de las conclusiones es que no es necesario generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera para el presente ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

Por tanto, en el apartado 5 del presente documento se incluyen los mismos tramos ARPSI costeros que en la EPRI del 2.º ciclo. Estas están publicadas en la página WEB de la Confederación Hidrográfica del Segura y forman parte del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), y su visor cartográfico: <http://sig.mapama.es/snczi/>.

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 AdapteCCa¹ 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 presentan (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 climáticos de EURO-

¹ <https://adaptecca.es/>

CORDEX² (anidados a las proyecciones globales del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas CMIP5³) que incluye el conjunto completo utilizado en el último informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC-AR6⁴) 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 AdapteCCa⁵).

4.1.1 Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos

El último informe de evaluación 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 cuales son 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 informe de evaluación AR6 están basadas en la resolución de los modelos climáticos CMIP6 del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (CMIP en sus siglas en inglés, *Coupled Model Intercomparison Project, fase 6*). Estas proyecciones, denominadas vías socioeconómicas compartidas (SSP, Shared Socioeconomic Pathways, que describen cinco escenarios futuros socioeconómicos alternativos: desarrollo sostenible (SSP1), desarrollo intermedio (SSP2), la rivalidad regional (SSP3), la desigualdad (SSP4) y el desarrollo con combustibles fósiles (SSP5)), 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 (Representative Concentration Pathway o trayectoria de concentración representativa y concentraciones atmosféricas, emisiones de contaminantes atmosféricos y uso del suelo: RCP 2.6 o mitigación exigente; RCP 4.5 y RCP 6.0 o escenarios de estabilización intermedia; y RCP 8.5 o emisiones de GEI muy altas. El número que sigue al acrónimo RCP identifica el valor aproximado de forzamiento radiativo (en W/m²) que se espera alcanzar en el año 2100) del 5º informe de evaluación AR5 (Figura 25).

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 CO₂ 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 CO₂ 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 se debería llegar en torno a 2050, seguidas de niveles variables de emisiones netas negativas de CO₂.

² <https://www.euro-cordex.net/>

³ <https://pcmdi.llnl.gov/mips/cmip5/>

⁴ <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

⁵ <https://escenarios.adaptecca.es/doc/datos.pdf?v=2024>

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.

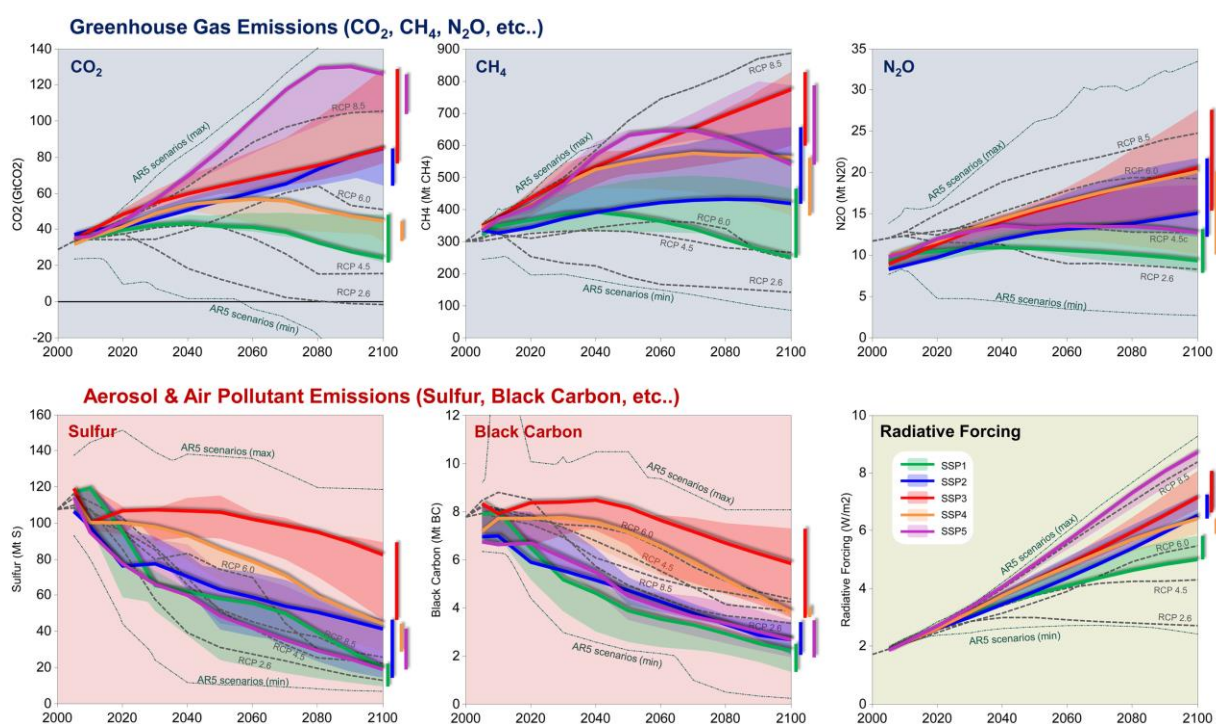


Figura 25. Evolución temporal de las emisiones de los gases con efecto invernadero, aerosoles y contaminación del aire para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017)

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 comprender 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 desarrollar 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 26). 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).

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.

En la región Mediterránea, los modelos CMIP6 (escenarios SSP) y EURO-CORDEX (escenarios RCP) sugieren aumentos en las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) de precipitaciones a escala diaria/sub-diaria, especialmente para los escenarios futuros más adversos (SSP2-4.5 y SSP5-8.5). De hecho, la intensidad de precipitación en 30 minutos de lluvia se incrementa en el periodo 2022-2100 en hasta un 6 % para el periodo de retorno de 25 años, un 17 % para el de 50 años y un 36 % para el de 100. Sin embargo, para los periodos de retorno menores de 25 años, los valores de IDF actuales pueden ser representativas de escenarios futuros (Cutillas-Lozano *et al.*, 2023). En el noreste de España, las situaciones sinópticas de depresiones aisladas de niveles altos (DANA) podría aumentar hasta un 88 %. Este aumento puede ser de hasta un 61% en el mar Mediterráneo contiguo, de acuerdo con

las simulaciones del WRF (*Weather Research and Forecasting*) relacionadas con precipitaciones extremas.

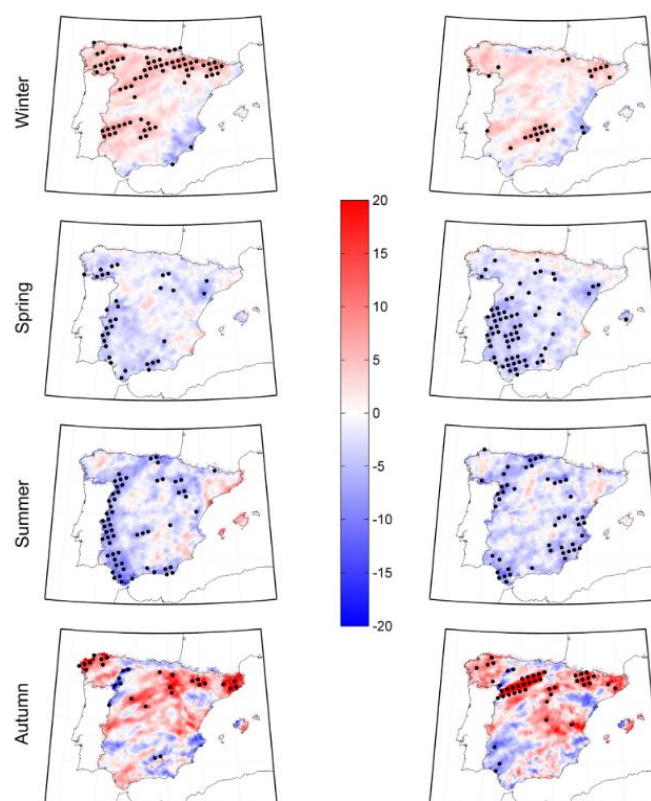


Figura 26. Análisis estacional de los cambios en la precipitación diaria máxima (índice RX1D) proyectado (%) del conjunto de modelos múltiples entre el periodo de referencia (1971-2000) y el periodo futuro próximo (2021-2060) para los escenarios de emisiones RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (según Lorenzo 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

Estos resultados muestran una mayor resolución estacional y espacial que las anteriores proyecciones de extremos de precipitación, aplicadas en la EPRI del segundo ciclo de la Directiva de inundaciones. De hecho, se observa que los cambios en la precipitación correspondiente al periodo de retorno de 100 presentados en las EPRI de las Demarcaciones Hidrográficas del Duero y del Guadiana y en la zona noroeste de Galicia son coherentes con los observados en otoño e invierno por Lorenzo y Álvarez (2020). Del mismo modo, los cambios en las D.H. del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña y norte de D.H. del Júcar se muestran en ambos casos asociadas a las lluvias de otoño y primavera.

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 un 6 % para el periodo de retorno de 25 años, un 17 % para el de 50 años y un 36 % para el de 100.
- Para los períodos de retorno menores de 25 años, los valores de las curvas 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 las estaciones 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 Crocus⁶ basado en las proyecciones del EURO-CORDEX muestra una reducción significativa de los días con nieve con espesores menores de 30 cm (Morin *et al.*, 2021). En una situación análoga se encuentra 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). El modelo matemático Crocus es un modelo unidimensional basado en la termodinámica capaz de simular el balance de energía y masa del manto de nieve. Luego se trata de un estudio específico nival.

Analizando 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 en las montañas del territorio español se reducirán de manera generalizada, pero con una alta variabilidad interanual.
- 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.

⁶ Centre National de Recherches Météorologiques, (CNRM). Francia

- 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 LUISA⁷ (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 particular, la región de Galicia, el norte de España (Asturias, Cantabria, Gipuzkoa, Bizkaia), el noreste de España (región de Aragón), los Pirineos centrales/cuenca del Ebro (Huesca, Navarra, Lleida) y el sureste de España (Murcia, Almería, Alicante, Málaga) sufrirán importantes procesos de abandono del uso agrícola.

Se espera que la superficie forestal pueda aumentar significativamente, mientras que el área de pastizales y arbustos tenderá a disminuir. Se espera también que el área urbana tienda a aumentar de igual manera. 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 relacionados con las proyecciones climáticas de caudales en España usando los modelos que incluyen las premisas del informe de evaluación AR6 son limitados y están, por lo general, restringidos a ciertas cuencas de estudio.

En la región Mediterránea las proyecciones indican que los caudales medios se verán reducidos, debido a una menor cantidad de precipitación anual. Sin embargo, la tendencia es opuesta en relación con las precipitaciones extremas, indicando que la probabilidad de ocurrencia de inundaciones repentinas puede aumentar como consecuencia del calentamiento global de 1,5º a 3º C por encima de los niveles preindustriales.

De hecho, en esta región mediterránea la probabilidad de inundaciones aumenta con respecto al período de referencia (1976-2005) para la mayoría de los modelos y períodos de

⁷ https://joint-research-centre.ec.europa.eu/luisa_en?prefLang=es

calentamiento al considerar la combinación de escenarios más desfavorables SSP5-RCP 8.5. Si se consideran escenarios más favorables (SSP3), la probabilidad de eventos de inundación extremos podría, sin embargo, verse reducida hacia finales del siglo XXI (Cortés *et al.* 2019). En esta región mediterránea, la expansión de zonas urbanas puede además contribuir a un aumento de la exposición y a la generación de caudales de escorrentía.

En las cuencas del norte de España, 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 (RCP 8.5), 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 RCP 8.5, pero reducirse ligeramente para el escenario RCP 4.5.

Los modelos, en las cuencas del norte de España, indican que es probable que las inundaciones se retrasen 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, en concreto el de 100 y 500 años (figura siguiente; Garijo y Mediero 2018). El aumento de los caudales máximos es mayor en el escenario RCP 8.5 que en RCP 4.5, oscilando entre un 10 % y un 30 %.

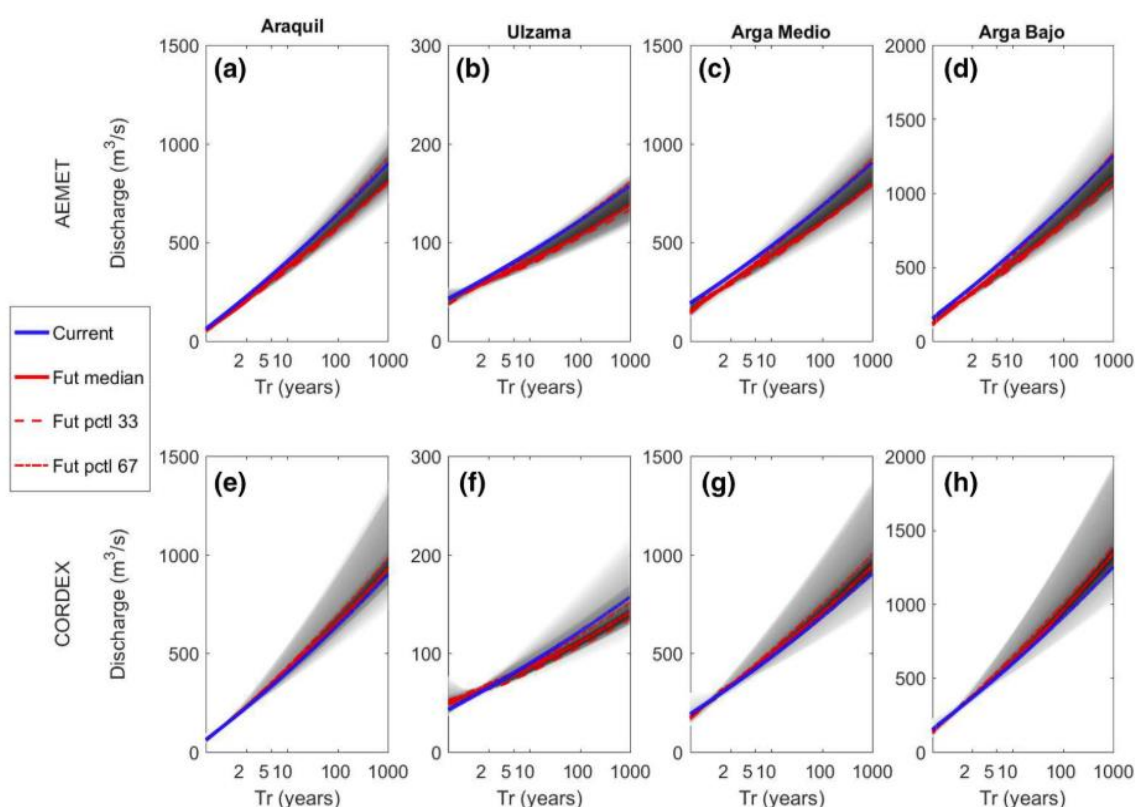


Figura 27. Ejemplo de curvas de frecuencia de inundaciones esperadas (Tr periodo de retorno) en el futuro para el RCP 8.5 para el río Arga (Garijo y Mediero, 2018). La línea azul gruesa representa la simulada con modelos hidrológicos, la línea roja sólida muestra la mediana de los modelos climáticos; 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, las proyecciones sobre caudales extremos muestran una elevada incertidumbre. Los estudios existentes en la actualidad usando datos de los modelos climáticos que han considerado los resultados del informe de evaluación AR6 solo se han completado en unas pocas cuencas piloto.
- En general los estudios indican que los caudales de descargas máximas para períodos de retorno menores a 10 años podrían disminuir, pero se pueden observar un aumento de la probabilidad de inundaciones mayores a la de 100 años de periodo de retorno para los escenarios RCP más desfavorables.
- En el noroeste de la península las proyecciones apuntan a una disminución de los caudales máximos para eventos ordinarios (menores de 10 años) y aumento para los eventos poco frecuentes (500-1000 años de periodo de retorno).
- En el sureste peninsular, las inundaciones actuales correspondientes al periodo de retorno de 100 años podrán generarse en el futuro por lluvias de cuyo periodo retorno esté 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, al que pertenecen 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 5 km en el territorio español. Los modelos usados incluyen varias opciones del EURO-CORDEX (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 EURO-CORDEX, así como obtener valores históricos de la AEMET puntuales o en rejilla de la AEMET (Figuras 28 y 29).
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 30).

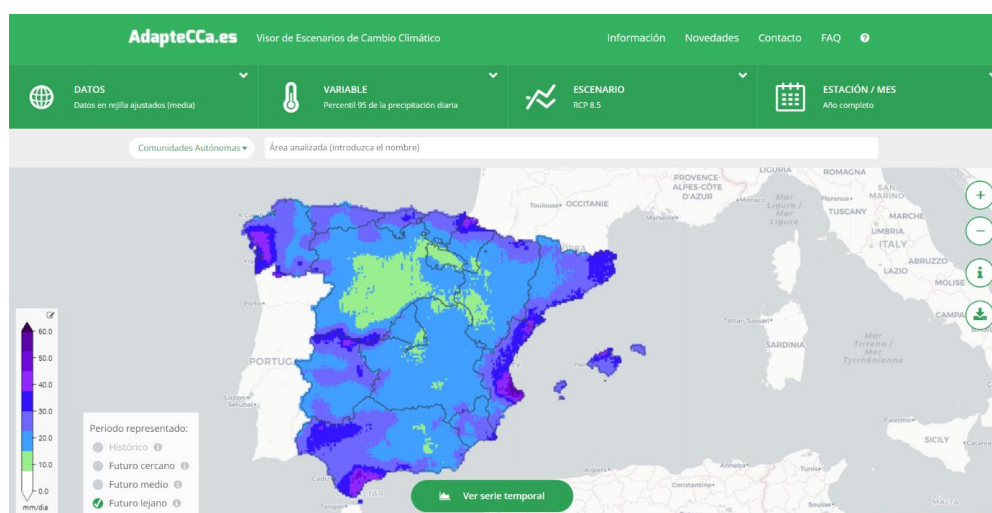


Figura 28. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación de un percentil 95 (periodo de retorno medio de 20 años) para el escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español

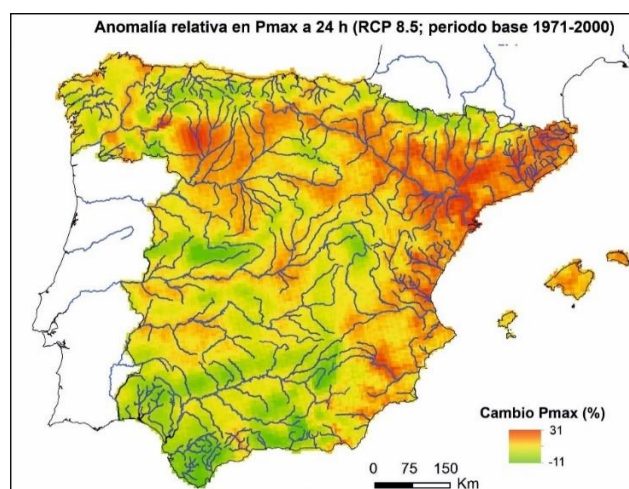


Figura 29. Salida gráfica en formato SIG de las proyecciones de cambio (%) de la variable precipitación máxima en 24 horas para un horizonte temporal medio (2075) para escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español

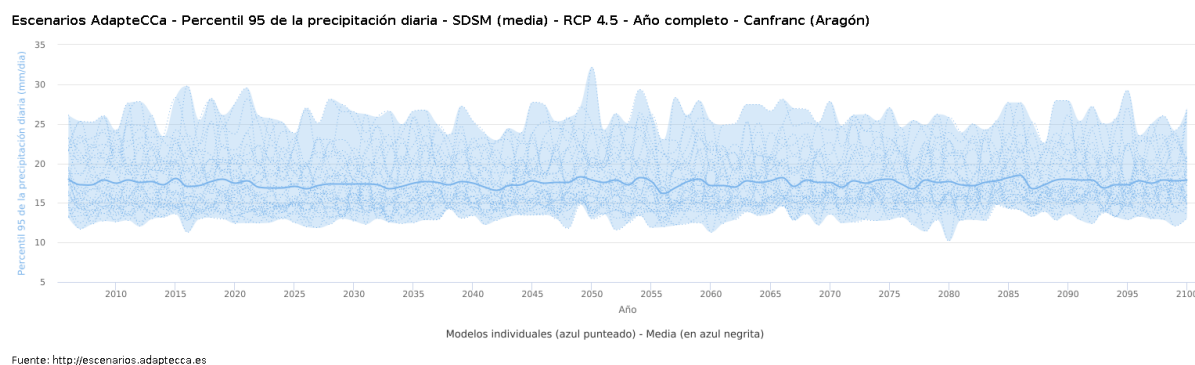


Figura 30. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en Canfranc (Huesca)

4.2 Identificación de nuevas ARPSI como consecuencia del aumento del riesgo debido al cambio climático e impacto en las ARPSI declaradas

Para la incorporación del cambio climático en la vigente revisión de la EPRI 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).

En los planes 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. Sin embargo, 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 parte de 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 identificar los casos en que 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. Este mismo periodo de impacto fue el considerado en la redacción del PGRI de 2.º ciclo de la Demarcación.

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 (Ministerio de Fomento, 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” (Dirección General de Carreteras, 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 calculadas por el 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 por el 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 km², 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 km². 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 km², 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, calculadas CEDEX (2021).

De esta manera puede calcularse el valor de la tasa de cambio en los tramos de las ARPSI declaradas, en cada uno de los 2 escenarios de cambio climático considerados, estableciendo como resultado final el valor máximo de ambos casos.

A continuación se expone la metodología para la determinación de nuevas ARPSI debido al impacto del cambio climático.

Identificación preliminar de tramos candidatos a nuevas 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 ha utilizado la misma información base y una metodología análoga a la utilizada para la definición de las ARPSI declaradas.

Se parte de la capa de zonas inundables preliminares asociadas a los más de 18.500 km de tramos significativos que se va actualizando en cada ciclo durante la actualización de la EPRI.

Dicha capa dispone de una red de mayor densidad que la que se ha empleado para la determinación de la tasa de cambio en caudales, como se puede observar en la siguiente figura. En negro se muestra el ráster con la información de las tasas de cambio y sobre ella la capa de zonas inundables preliminares. En los casos en los que se ha identificado comportamientos regionales de la tasa de cambio se ha adjudicado, en caso necesario, el valor regional de la tasa de cambio a tramos donde no se dispone de información.

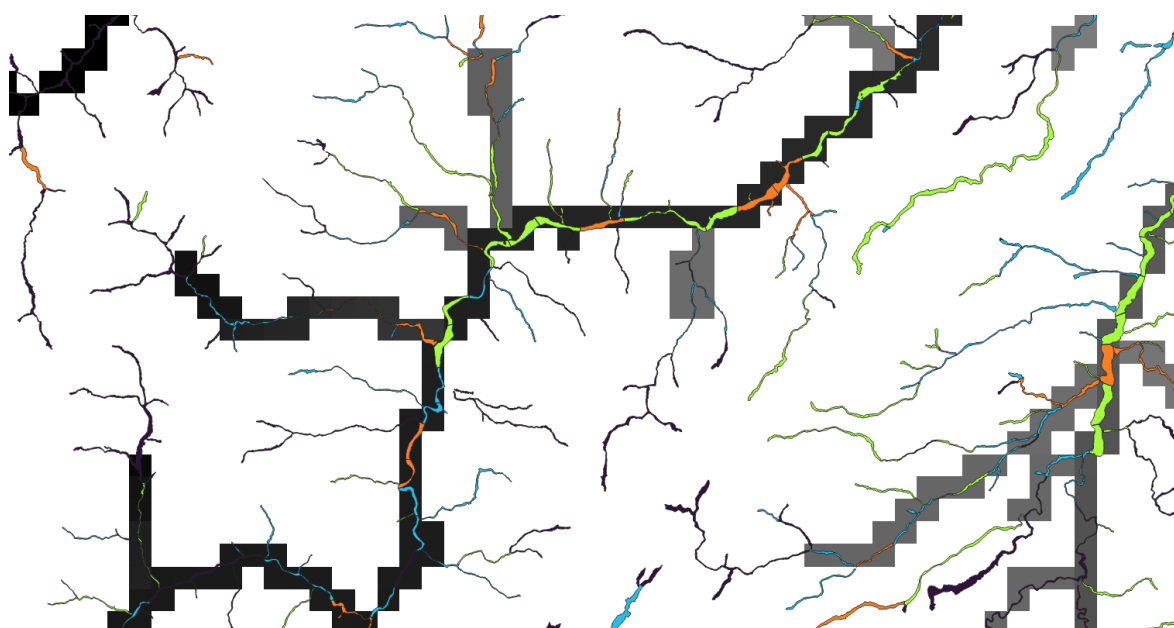


Figura 31. Ráster de tasa de cambio de caudales máximos diarios, escenario RCP 8,5 y zonas inundables preliminares utilizadas en la EPRI. Fuente: Elaboración propia

La metodología para obtener la valoración de los daños de dichas zonas se ha explicado en el apartado 3 de este documento. Estas zonas fueron cruzadas con los usos de suelo considerados vulnerables. La capa fue dividida por km de tramo para poder normalizar los resultados de la valoración de daños preliminar. A partir de las áreas clasificadas según su riesgo potencial de inundación, se estableció como criterio el del 80 % del daño total acumulado para determinar cuál era el valor del daño umbral a partir del cual una zona debe considerarse ARPSI.

Los tramos inicialmente candidatos a ser considerados nuevas ARPSI serán aquellos superen un valor umbral, coherente con el establecido para identificar las ARPSI actuales. Se han preseleccionado aquellas zonas cuyos daños potenciales normalizados son menores al umbral de corte utilizado para la declaración de las ARPSI y mayores a un valor coherente y en el que estuvieran incluidos sobre todo los ámbitos urbanos. Este rango se sitúa entre los 3,9 millones y los 2,9 millones, subiendo el % de daños acumulados a un 84 %.

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.

Selección final de tramos

Para la selección final de tramos se han utilizado varios criterios sucesivos:

1. Selección por criterio de tasa de cambio de caudales máximos de 500 años de periodo de retorno, en los 2 escenarios analizados RCP 4.5 y RCP 8.5. Tras los análisis realizados a nivel estatal, la incertidumbre en los caudales es mayor que en la precipitación e incluyen cambios que pueden favorecer el incremento de los caudales punta, como el aumento de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones subdiarias, con otras que lo disminuyen, como el aumento importante en la evaporación potencial y la disminución de la precipitación anual que producen una disminución en los caudales y por ende una condición de suelo más seca, niveles freáticos y de embalse más bajos y un aumento de las sequías a partir de 2040⁸. A esto hay que añadir las conclusiones presentadas en los siguientes puntos sobre el abandono del suelo agrícola, el aumento de la probabilidad de incendios y el aumento del nivel del mar. Con esta perspectiva se ha decidido marcar un umbral para identificar aquellos tramos en los que sea muy probable que el impacto del cambio climático sea significativo. Para ello se ha establecido dicho umbral en el incremento de la tasa de cambio de caudales máximos de 500 años de periodo de retorno del 35 %. De todas las zonas seleccionadas a partir del valor umbral de daños, se rechazan aquellas cuya tasa de cambio en caudal sea menor del 35 % en cualquiera de los 2 escenarios. Se ha realizado una clasificación de todas las tasas de cambio para poder analizar los resultados de forma regional. Dicha clasificación es la siguiente:
 - Incremento de la tasa de cambio en caudales máximos no significativo < 35 %.
 - Incremento poco significativo: del 35 % al 50 %.
 - Incremento significativo: del 50 % al 75 %.
 - Incremento altamente significativo: > 75 %
2. Análisis de los tramos cuya valoración se sitúa en el rango entre los 3,9 millones y los 2,9 millones y rechazo de aquellas en las que se llegue a la conclusión de que no es probable que se produzcan daños significativos en cascos urbanos.
3. En aquellos casos en los que no se dispongan de dichos estudios o el resultado sea dudoso será necesario realizar un análisis específico durante el presente ciclo para evaluar las consecuencias.

Hay que indicar que aquellos tramos presentes en la selección de tramos candidatos que se encuentran encauzados o correspondan a conducciones subterráneas han quedado excluidos. La intención no es descartarlos definitivamente, sino que sean objeto de un análisis

⁸ Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España, CEDEX, 2017. En este estudio se indica que la disminución media en el periodo 2070-2100 se sitúa entre un 21 % y un 33 % en la Demarcación Hidrográfica del Segura.

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.

Finalmente, tras aplicar los análisis y criterios, junto al conocimiento específico de la zona por parte del Organismo de cuenca, se han seleccionado 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.

4.2.2 Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Segura

En cuanto a las tasas de cambio de caudales máximos correspondientes al periodo de retorno de 500 años para el escenario RCP 4.5 en la Demarcación Hidrográfica del Segura, la zona noreste (cuenca de la rambla de Agua Salada), entre Yecla y Montealegre del Castillo, es donde el incremento de dicha tasa, respecto la situación actual, es altamente significativo. El incremento de la tasa ha resultado significativo al norte de Águilas, hasta el valle del Guadalentín, y como zona poco significativa se podría resaltar la correspondiente al centro de la Demarcación, de norte a Sur.

El impacto en el escenario correspondiente a RCP 8.5 no incluye ninguna zona identificada como altamente significativa, salvo casos particulares distribuidos en la zona norte de la Demarcación. En este ámbito también se concentran aquellos cauces cuyo incremento en la tasa de caudal se considera significativa (cuenca del río Mundo). Los incrementos poco significativos se sitúan en la rambla de las Moreras y la cuenca del río Segura.

Los resultados del análisis de la tasa de cambio del cuantil del caudal máximo correspondiente al periodo de retorno de 500 años, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5, periodo 2040-2070 se presentan a continuación.

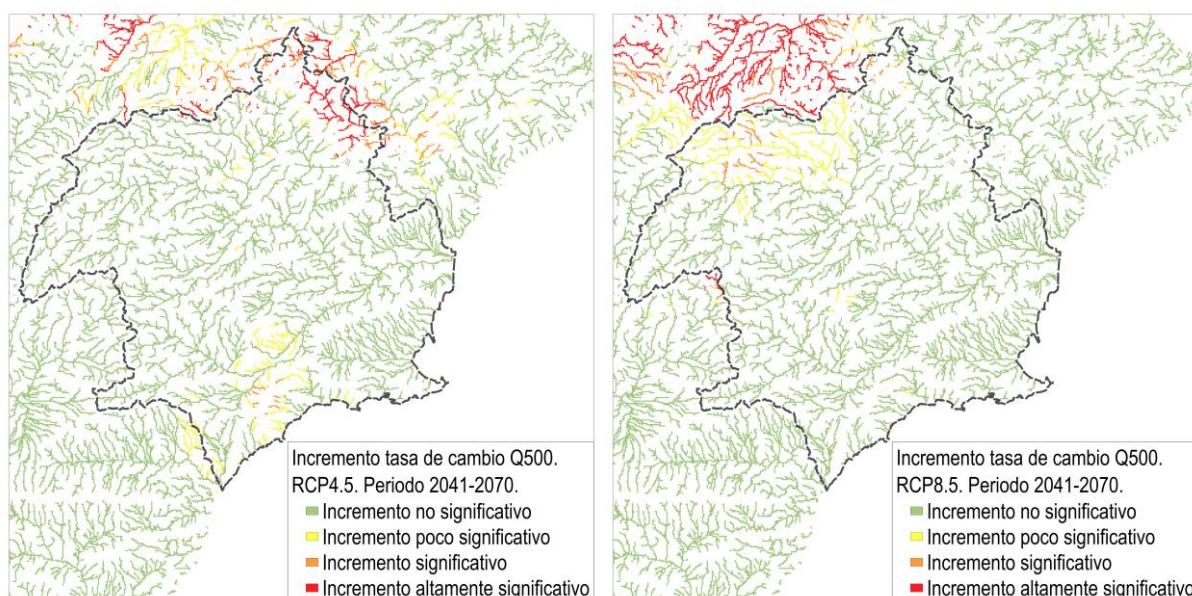


Figura 32. Tasas de cambio en cuantil de caudal máximo correspondiente al periodo de retorno de 500 años, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5 en la DH del Segura para el periodo de impacto 2041-2070

En cuanto incremento de la tasa de caudal máximo que se puede producir en los tramos ARPSI, una vez calculada dicha tasa en cada tramo y en ambos escenarios, se ha seleccionado el valor máximo de ambos resultados, que se muestra en la siguiente figura:

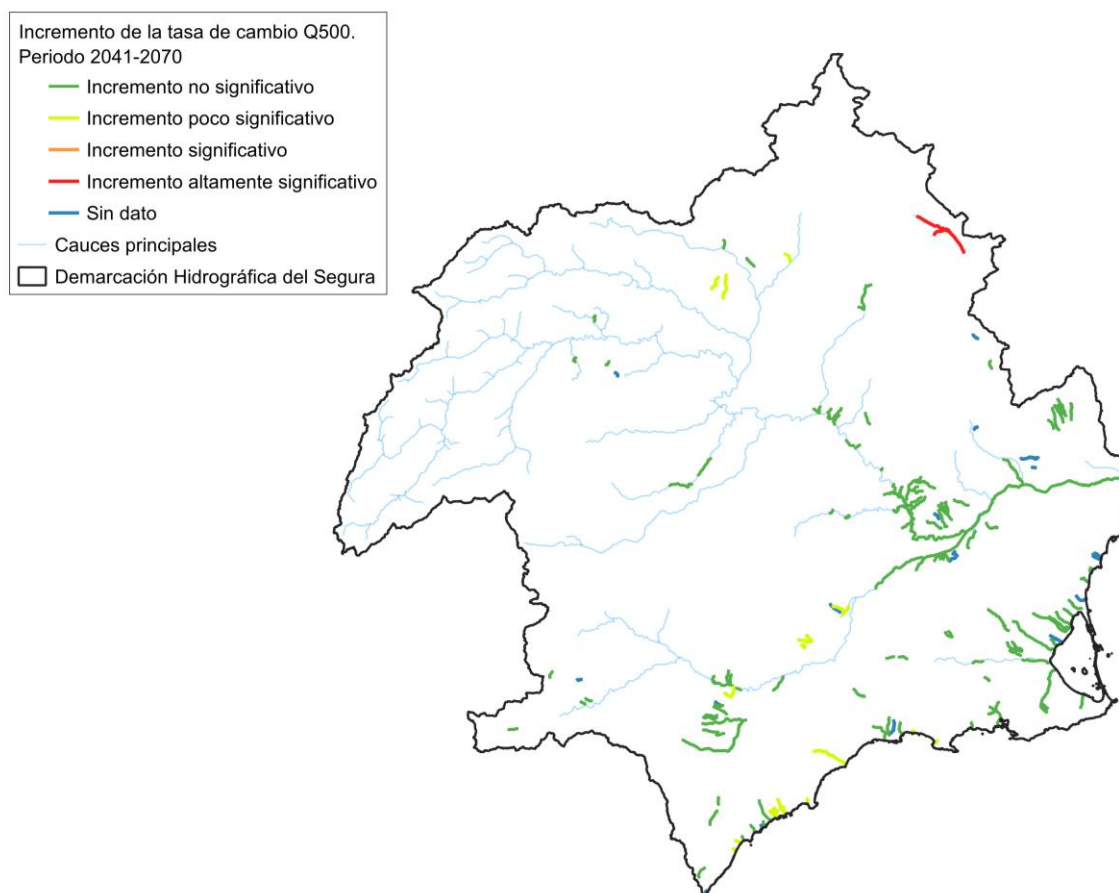


Figura 33. Tasas de cambio en cuantil de caudal máximo correspondiente al periodo de retorno de 500 años, en los tramos ARPSI de la DH del Segura para el periodo de impacto 2041-2070.

Fuente: Elaboración propia

Únicamente en el ARPSI ES070/0001-02 Rambla de Agua Salada se espera un incremento altamente significativo. Para el resto de tramos ARPSI, la tasa de cambio en caudales máximos es poco significativa según el cálculo realizado.

Para la selección final de nuevas ARPSI como consecuencia del cambio climático se han evaluado detalladamente los resultados de los 8 ámbitos que han sido obtenidos del análisis descrito en el punto anterior. De ellos 1 ya es tramo ARPSI declarado.

La siguiente tabla muestra los resultados del análisis final para la selección.

ID	ARPSI	Tramo	Máx. Tasa Q	Nuevo tramo por cambio climático	Justificación
13300	NO		Poco significativo	NO	No es un entorno urbano, daños preliminares altos debido a presencia de infraestructuras, la tasa de cambio es poco significativa. No hay referencias históricas.
9558	NO	Río Bogarra	Poco significativo	NO	Zonas inundables estudiadas. Tasa de cambio poco significativa.

ID	ARPSI	Tramo	Máx. Tasa Q	Nuevo tramo por cambio climático	Justificación
12634	NO		Altamente significativo	NO. Estudiar previamente.	Aguas arriba del tramo ES070/0004-01. Zonas inundables calculadas en parte del ámbito. Polígono industrial de Yecla. Se deben hacer estudios adicionales a efectos de confirmar la ampliación del tramo ES070/0004-01 en la próxima EPRI.
13124	NO		Poco significativo	NO. Estudiar previamente	Dado que la tasa de cambio es poco significativa, es posible analizar primero las zonas inundables. No hay referencias históricas.
12549	NO		Poco significativo	NO	Ámbito explotación agrícola. Tasa de cambio poco significativa. Sin referencias históricas.
1769	SI		Poco significativo	NO	Ya es tramo ARPSI.
2508	NO		Significativo	NO	No es un entorno urbano, daños preliminares en suelo rústico. No hay referencias históricas.
11736	NO	Río Guadalentín o Sangonera	Poco significativo	NO	Zonas inundables estudiadas. Ámbito explotación agrícola. Tasa de cambio poco significativa. Debido a la amplitud del valle no se espera una gran modificación en niveles.

Tabla 10. Análisis de zonas con daños potenciales por encima del umbral aplicado para la evaluación del impacto del cambio climático. Fuente: Elaboración propia

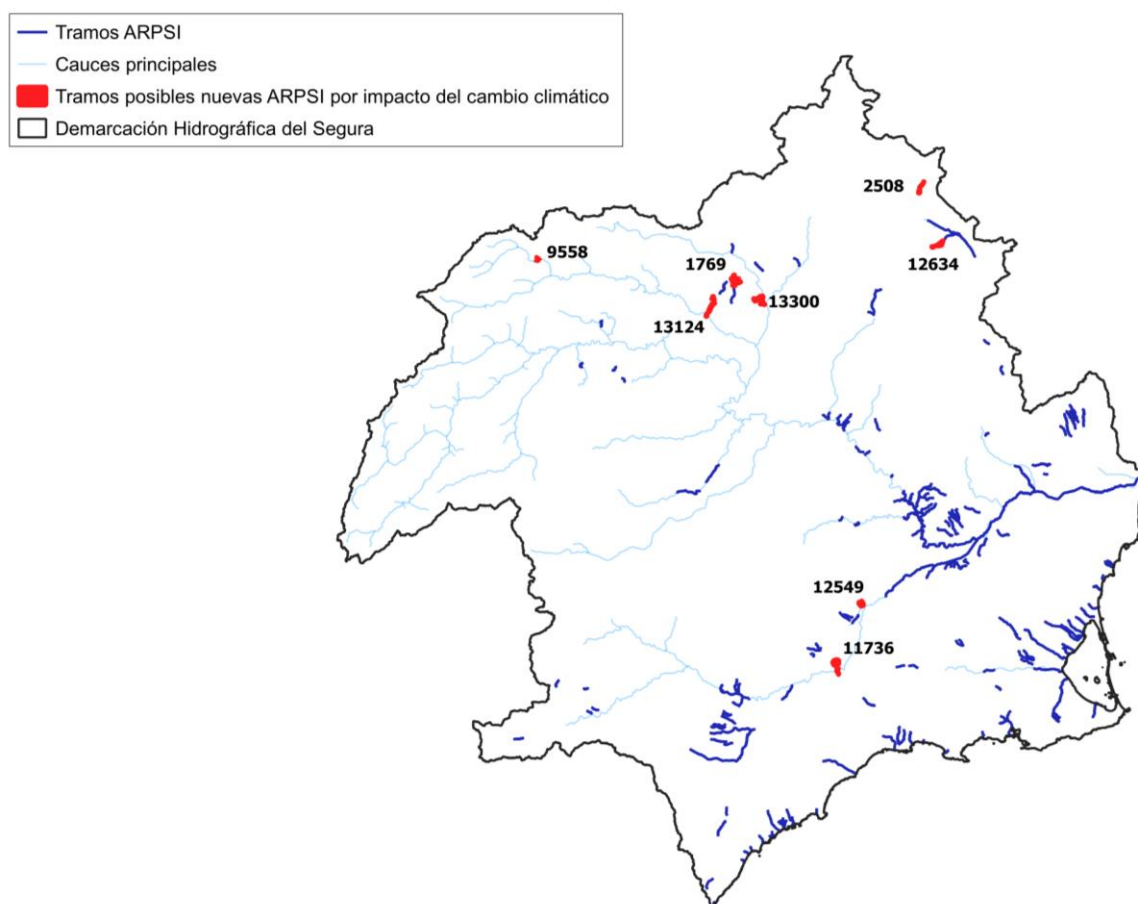


Figura 34. Posibles nuevos tramos ARPSI en la D.H. del Segura por impacto del cambio climático. Fuente: Elaboración propia

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

Se prevé que el cambio climático produzca desplazamientos espaciales y temporales de las condiciones meteorológicas adversas. Resulta factible asumir que este tipo de condiciones meteorológicas extremas hayan ocurrido en algún momento del 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, tal y como se observa en los registros de inundaciones actuales y pasados (figura siguiente).

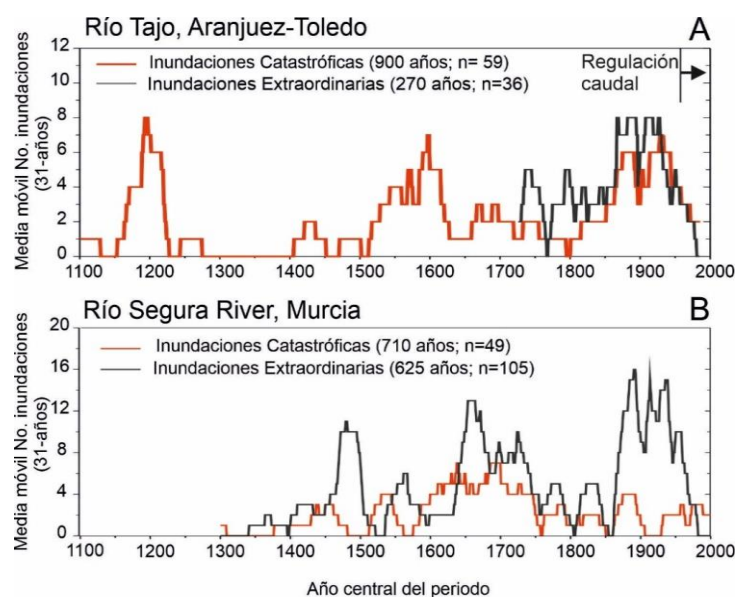


Figura 35. Distribución temporal de la media móvil del número de inundaciones históricas registradas durante los últimos 900 años en el Río Tajo (Aranjuez-Toledo) y en el Río Segura en Murcia. Extraordinarias implica desbordamiento y daños menores. Catastróficas presentan daños económicos significativos. “n” número de casos

Para mejorar el posible estudio del 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 (e.g., 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 siguiente). 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.

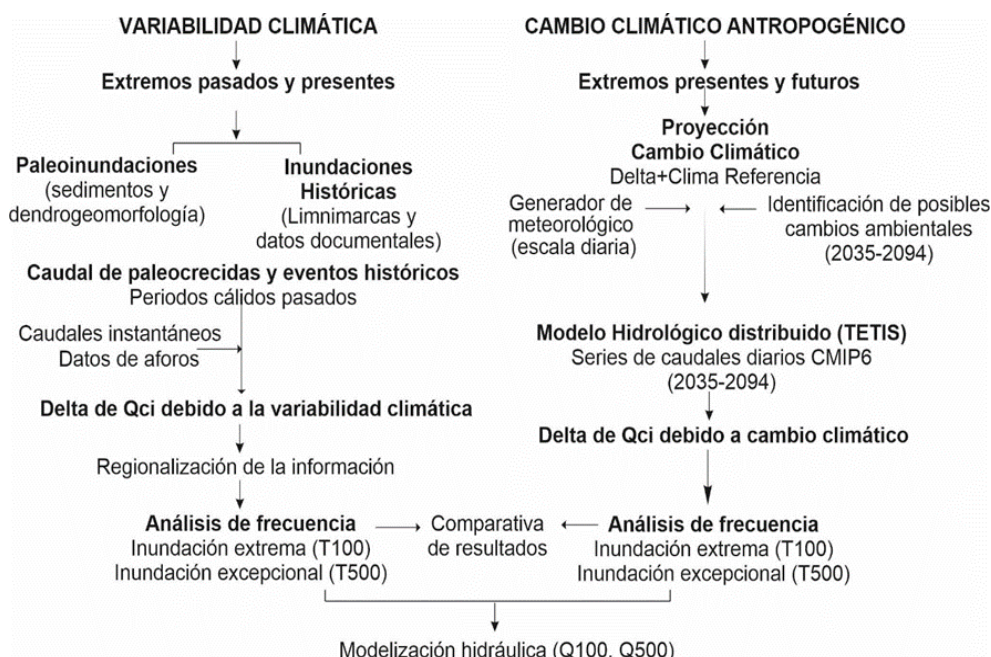


Figura 36. Esquema metodológico para el análisis de la variabilidad climática (extremos pasados y presentes) y del cambio climático bajo escenarios de emisiones (extremos presentes y futuros)

En los datos de caudales pasados se incorporan 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 hidrológicos anidados con modelos climáticos.

4.3.1 Metodología y conclusiones

La metodología basada en desviaciones de caudales respecto a valores 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 recopilar toda la información existente en la cuenca de estudio, particularmente la información histórica contenida en 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.

Las principales conclusiones derivadas de los estudios de inundaciones pasadas realizadas en España son las siguientes:

- Los registros de inundaciones a largo plazo revelan una fuerte variabilidad y no estacionariedad en la frecuencia de las inundaciones y una agrupación preferencial de paleoinundaciones en determinados periodos del pasado.
- 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.
- El análisis de las series de caudales máximos anuales registrados en cuencas del Guadalquivir y del Guadiana, muestra una tendencia temporal decreciente en la magnitud y frecuencia de las inundaciones, mientras que en las cuencas del Atlántico central y septentrional (Tajo y Duero) no se observa tendencia significativa en la frecuencia y magnitud de grandes inundaciones. En las cuencas mediterráneas, la tendencia reciente no responde a ningún patrón concreto, y por tanto la relación clima-crecidas resulta difícil de concretar.
- Los estudios en Europa y España 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.

- En base a un estudio piloto, en los tramos estudiados en los que la superficie de la cuenca de aportación superaba los 1.500 km², la diferencia en porcentaje de caudal introducido por la variabilidad climática es aproximadamente un 20 % y un 30 % superior al caudal observado, para las inundaciones de 100 y 500 años de periodo de retorno, respectivamente. En cuencas pequeñas esta diferencia varía entre el 30-50%, respecto al caudal observado.

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 11. 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 anterior), 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 proyecciones climáticas se obtienen del proyecto 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 anterior). Estos datos incluyen un periodo de control (1971-2010), una proyección a medio plazo (2035-2064) y una proyección a largo plazo (2065-2094). Las proyecciones utilizadas corresponden a la trayectoria de concentración representativa RCP 8.5, que representa un escenario alto de emisiones continuas de CO₂ a lo largo del siglo XXI. Además, se utilizan datos de temperatura (con corrección 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 genera valores en varios puntos) que incorpore la información de los estudios regionales ad hoc y genere series muy

largas (es decir, 5.000 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 cubran 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 completada 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 ha realizado por medio del análisis de los caudales extremos reconstruidos y simulados en varias cuencas que se encuentren en una región hidrológica homogénea. La regionalización ha permitido 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 y, por tanto, las conclusiones generalizables son preliminares, siendo de destacar las siguientes:

- La incorporación de escenarios de cambio climático para la estimación de cuantiles de inundación requiere métodos de corrección como el método delta o el mapeo de cuantiles.
- La integración de series de datos de precipitación con la implementación de un generador meteorológico, bien parametrizado, reduce considerablemente la incertidumbre de las estimaciones de cuantiles de inundación de alto retorno.
- Los resultados obtenidos a partir de las proyecciones del proyecto EURO-CORDEX para un escenario de emisiones RCP 8.5 en la zona de estudio analizada muestran un claro incremento de las temperaturas máximas y mínimas, con olas de calor más frecuentes y severas, lo que se traduce en un aumento de las tasas de evapotranspiración.
- 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.
- En las cuencas implementadas en la Demarcación Hidrográfica del Júcar se estima un incremento sistemático de todos los cuantiles de inundación, aunque apenas existen diferencias entre el medio y el largo plazo.
- 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.

4.3.2 Estudio cualitativo de los cambios en caudales máximos

El estudio de los cambios futuros de caudales máximos requiere una aproximación holística que reduzca las incertidumbres de los modelos de clima y que aporte una información realista

de los cambios esperables. La evidencia de aumento en los gases de efecto invernadero (curva de Keeling) era patente en 1958 y, por tanto, los registros observados desde mediados del siglo XX incluyen cierta huella del calentamiento global. En caso de las inundaciones, los registros observados aparecen afectados igualmente por los cambios de vegetación, usos de suelo y la construcción de infraestructuras.

Los estudios de tendencias y rupturas en las series de caudales máximos registrados en cursos en régimen natural, o poco regulados, identifican rupturas en la media de los caudales máximos en el 55% de las estaciones, de las cuales un 88% experimentan una disminución en la media, posterior al punto de ruptura (López de la Cruz, 2013; Mediero et al., 2014; figura siguiente). En las Demarcaciones Hidrográficas del Tajo, Guadiana y Júcar la ruptura se produce en los años 70, mientras que en las demarcaciones del Ebro, Guadalquivir y Segura aparecen en el periodo de los años 60 a los 90. En la región norte, por el contrario, la media aumenta posteriormente a las rupturas en la Demarcación del Cantábrico, mientras que en el Miño-Sil se aprecia ausencia de rupturas o disminuciones en la media.

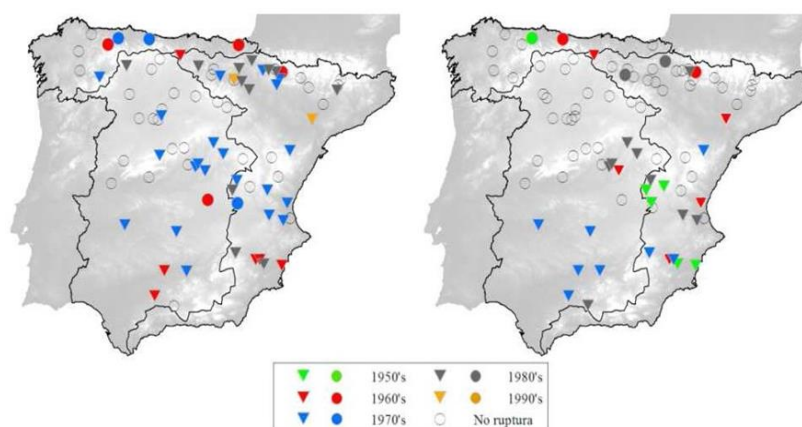


Figura 37. Mapas con la distribución espacial de las series de caudales máximos con puntos de ruptura en la media (derecha) y varianza (izquierda). Los triángulos indican descenso en la media o varianza después del punto de ruptura, mientras los círculos indican incremento (López de la Cruz, 2013)

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). En algunas partes de la costa mediterránea (costa adriática noreste, noreste de España), hay un cambio a producirse un retraso de las inundaciones (50% de las estaciones de más de 5 días cada 50 años).

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). En particular, se identifica sectores del sur del Segura, sur de Valencia y Norte de Alicante, este de la Demarcación del Ebro, Camp de Tarragona y la cabecera de los cursos pirenaicos de Aragón y Catalunya (figura siguiente).

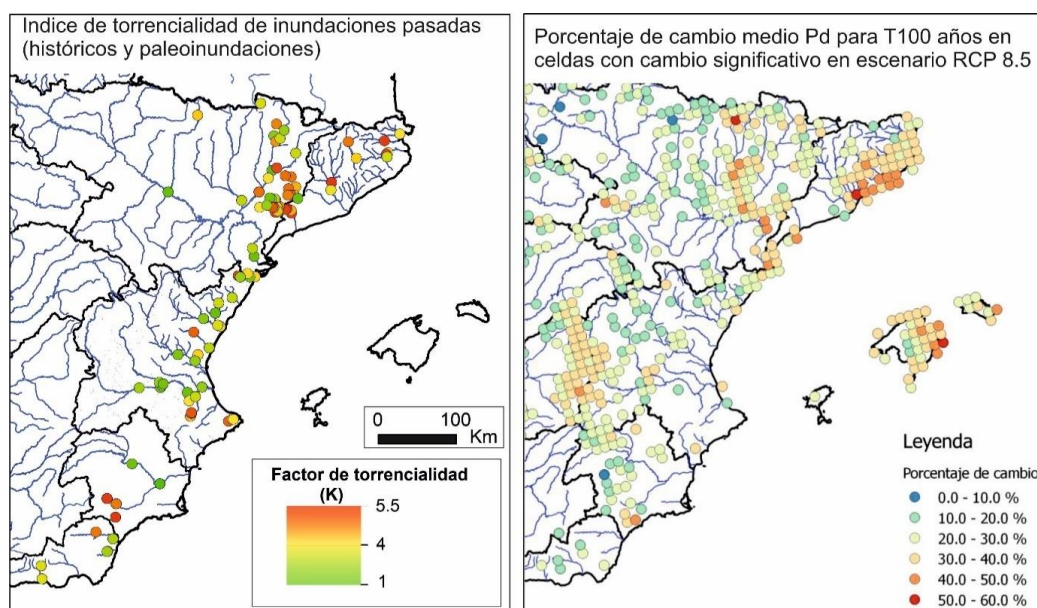


Figura 38. Izquierda: Valor del índice de torrencialidad calculado para los tramos con información de caudal del pasado (histórico y paleoinundaciones). Derecha: Cambio medio de la precipitación media Pd para eventos de 100 años de periodo de retorno estimados para un escenario RCP 8.5 (MITECO, 2018)

Un ejemplo de la variabilidad obtenida en base a datos del pasado se muestra a continuación para la Demarcación del Júcar (figura siguiente). En concreto, se muestran tres conjuntos de datos: (1) estaciones de aforo (CEDEX), (2) estaciones de aforos junto con caudales reconstruidos a partir de evidencia de calado de eventos en el periodo 1971-2023, y (3) datos de caudal de información de paleoinundaciones e inundaciones históricas. Los rangos de caudal de estos conjuntos de datos se incrementan a medida que se incrementa la distribución espacial y temporal de los registros, siendo más extremos los correspondientes a las series del pasado.

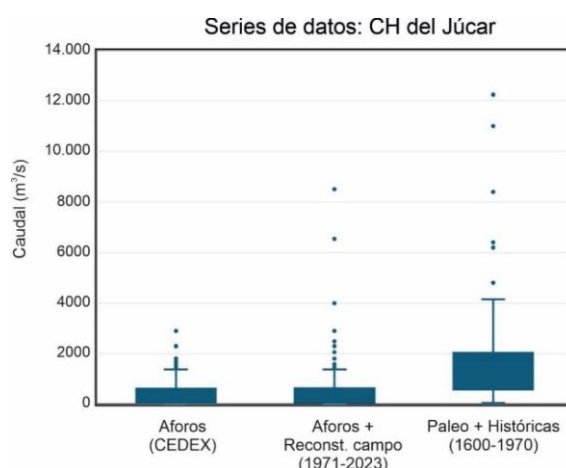


Figura 39. Series de datos analizados en el caso de estudio en la CH del Júcar

El análisis regional de las series de datos de inundaciones máximas obtenidas durante el periodo actual (1971-2023) respecto al pasado (1600-1970) permite obtener un mapa de la diferencia de caudal máximo entre ambas series, que informa del aumento de caudal máximo debido a la propia dinámica natural del clima.

En el caso de la Demarcación del Júcar, considerando los datos de aforos y los caudales reconstruidos dentro del periodo actual (1971-2023) respecto al pasado (1600-1970), las diferencias oscilan entre el 20 % y el 35 % para las cuencas de mayor y menor superficie, respectivamente. Considerando dentro del periodo actual (1971-2023) únicamente los registros de aforos de la base de datos del CEDEX (ROEA y SAIH) estas diferencias oscilan entre el 30 y el 50%, siendo mayores en las zonas de cabecera (figura siguiente). Evidentemente, dichas diferencias reflejan no sólo la variabilidad del clima sino también los cambios de uso del suelo histórico, factores que resultan complicados de separar. Sin embargo, estos cambios de uso afectan igualmente a las proyecciones de caudal máximo, pero en algunos casos pueden ser superiores a los efectos del cambio climático propiamente dicho.

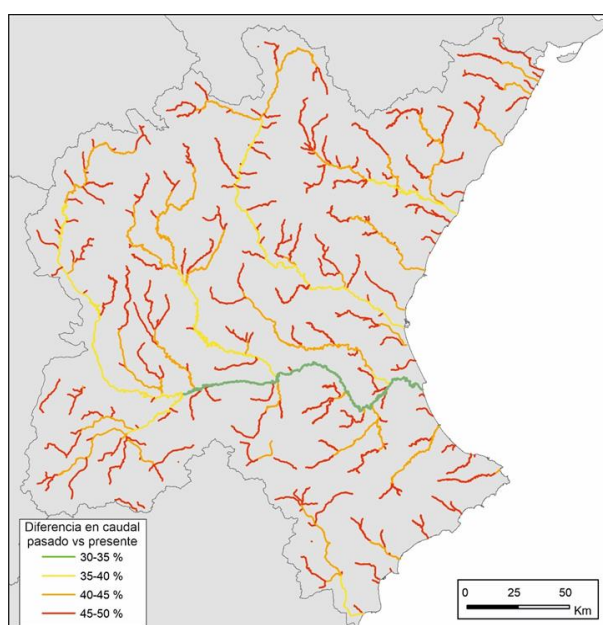


Figura 40. Regionalización de caudales máximos en la Demarcación del Júcar. Se muestra la diferencia en caudal máximo (%) entre de los caudales máximos obtenidos con datos de pasado (periodo 1600-1970) respecto a los caudales máximos actuales (1971-2023). En los caudales actuales se incluyen únicamente datos de estaciones de aforo

4.3.3 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 explorar los diversos impactos no sólo del cambio climático, sino del cambio global que afecta a la generación de la escorrentía, la capacidad de desagüe de los cauces, y la conectividad hidrológica y sedimentaria a través de las redes de drenaje.

En este apartado se describen los principales indicadores de cambio a escala de cuenca y de tramo fluvial (cauce), que puede tener una incidencia directa o indirecta en la delimitación de las zonas inundables para los supuestos descritos dentro del PGRI. Los elementos fundamentales que deben tenerse en cuenta en los estudios particulares de las ARPSI se han diferenciado de acuerdo con el aspecto metodológico con mayor afinidad dentro de los ciclos previos de la Directiva de Inundaciones (tabla siguiente).

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 Precipitación-Escorrentía	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) - Archivos documentales
	Fotografías	

Tabla 12. 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 o configuraciones 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 la cuenca alta del Guadalentín, Rodríguez-Lloveras et al. (2016) estudiaron la producción de escorrentía y sedimentos a partir de los datos de las proyecciones climáticas, aplicando 5 vías posibles de evolución de los usos del suelo (U1 a U5). Estos itinerarios de evolución aparecen definidos en intervalos de 30 años coincidentes con los aplicados en la modelización climática (figura siguiente). Las variables determinantes de estos cambios de los usos del suelo se obtuvieron teniendo en cuenta la evolución temporal histórica de la vegetación en cada región bioclimática y las posibles vías de evolución demográfica en función de distintos escenarios socio-económicos.

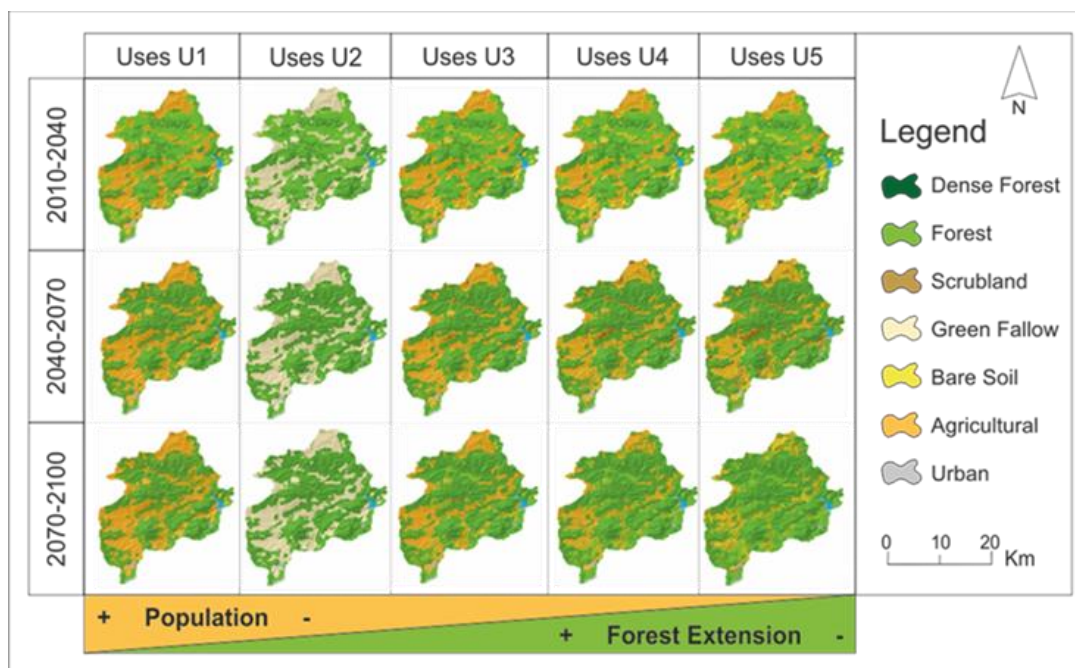


Figura 41. Ejemplo de configuraciones de usos del suelo implementadas en el estudio de la cuenca alta del Guadalentín para diferentes periodos temporales, que se simulan junto con variables obtenidas de modelos de clima futuro (Rodríguez-Lloveras et al., 2016)

En el ejemplo de la cuenca alta del Guadalentín, las tierras abandonadas mostraron una alta tasa de erosión durante el primer intervalo simulado de 30 años, con una reducción progresiva en los periodos posteriores debido al crecimiento de la vegetación, lo cual es consistente con los registros observados en las montañas mediterráneas (García-Ruiz and Lana-Renault, 2011). Este estudio de cambio en la escorrentía considerando la modificación de usos del suelo confirma que las configuraciones de uso del suelo son el factor más determinante en la producción de sedimentos, incluso más que los cambios en la precipitación en relación con los escenarios de cambio climático.

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 obstrucción 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 del 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 hidrograma. Igualmente, los procesos asociados al transporte de sedimentos pueden derivar en el depósito del material 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 Europea siguió para la definición de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundaciones (ARPSI) una metodología (descrita en el capítulo 3) 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 centrado a la recopilación de: Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), recogida de datos de estudios específicos de universidades, centros de investigación, encuestas a los Ayuntamientos, bibliografía específica, consulta a la guardería fluvial y a otros equipos técnicos de las CC.HH., aportaciones de las CC.AA., en especial los equipos de protección civil, proyectos de obras y actuaciones de emergencia tras inundaciones, información geomorfológica GEODE (IGME), 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 (SAIH) y otras redes instrumentales. A partir del análisis de esta información fácilmente disponible más una serie de análisis específicos se identificaron las zonas aluviales y torrenciales, las zonas donde históricamente se habían producido inundaciones y las zonas donde potencialmente se podrían producir daños por inundación.

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 2.200 años (en el caso de las fuentes documentales históricas, desde la dominación romana) 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 las 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).

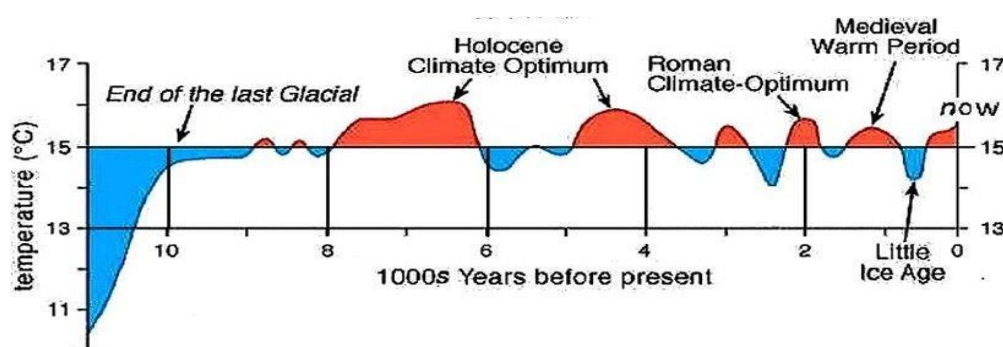


Figura 42. Evolución de la temperatura en los últimos 1000 años

Por ello, la identificación de las ARPSI realizada en las EPRI podría ser completada con la información de paleoinundaciones, sobre todo en condiciones de clima cambiante.

4.4.1 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, necesarios para el análisis de los periodos de retorno considerados en las “Normas técnicas para la seguridad de presas y embalses”) 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).

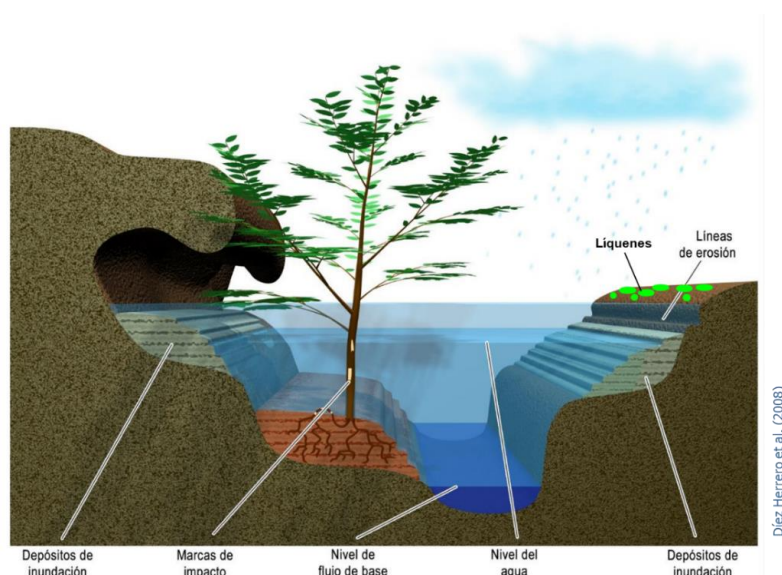


Figura 43. Registros geológicos y dendrológicos de las avenidas (Díez Herrero et al, 2008)

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).

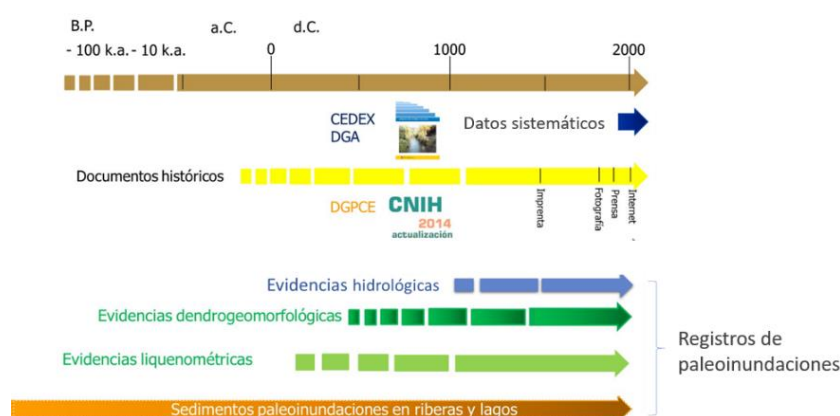


Figura 44. Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas

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 Tago (PaleoTagus) y para las cuencas internas de Cataluña (SPHERE-GIS).

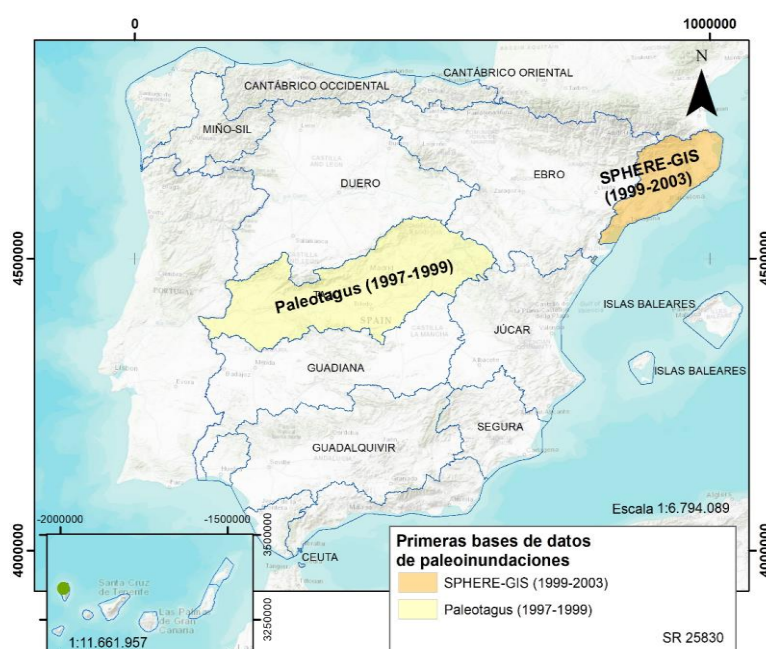


Figura 45. Ámbito de las primeras bases de datos de paleoinundaciones

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 más de 126 textos científicos y técnicos: 117 artículos de revistas (sobre todo internacionales en inglés), 5 capítulos de libros y 4 informes técnicos.

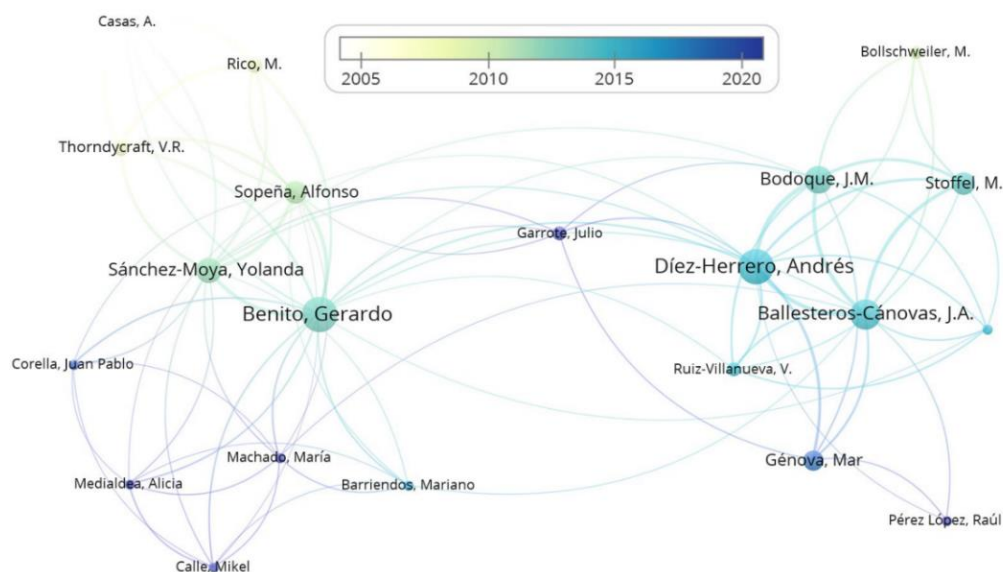


Figura 46. Flujo de investigaciones actuales sobre paleo inundaciones

4.4.2 PaleoRiada: la base de datos georrefenciada de paleoinundaciones publicadas en España

La Dirección General del Agua (DGA, MITERD), 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, encargó al Instituto Geológico y Minero (IGME, CSIC) que en colaboración con el Museo Nacional de Ciencias Naturales (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).

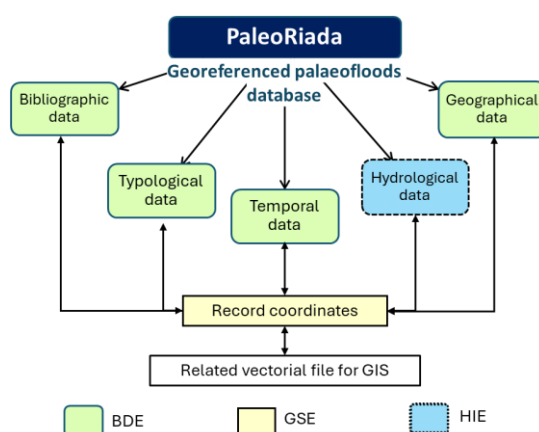


Figura 47. Esquema de información de PaleoRiada

Las tablas de información básica almacenan la información alfanumérica que describe el registro de paleoinundación en los siguientes términos: (i) geográficos (unidades administrativas e hidrográficas en las que está localizado el registro y localidad de muestreo de la evidencia); (ii) tipológicos (tipo y descripción de la evidencia a partir de la cual se identifica y data el registro); (iii) temporales (edad de la evidencia de paleoinundación asociada al registro, método de datación, e incertidumbre en la estimación de la edad, entre otros); y (iv) bibliográficos (fuentes, autores y año de publicación de los registros). 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.

Este *primary key* relaciona los registros de paleoinundaciones con la información almacenada en los grupos de tablas espacial e hidrológica.

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 (relación muchos a uno M:N), 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 (idpoint en la tabla de información espacial) relacionado con uno o más identificadores de registro (ID en la tabla de información básica).

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 (relación M:N) con los registros de paleoinundaciones a través de los identificadores de registro (ID en la tabla BIT). En este caso, este tipo de relación M:N 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.

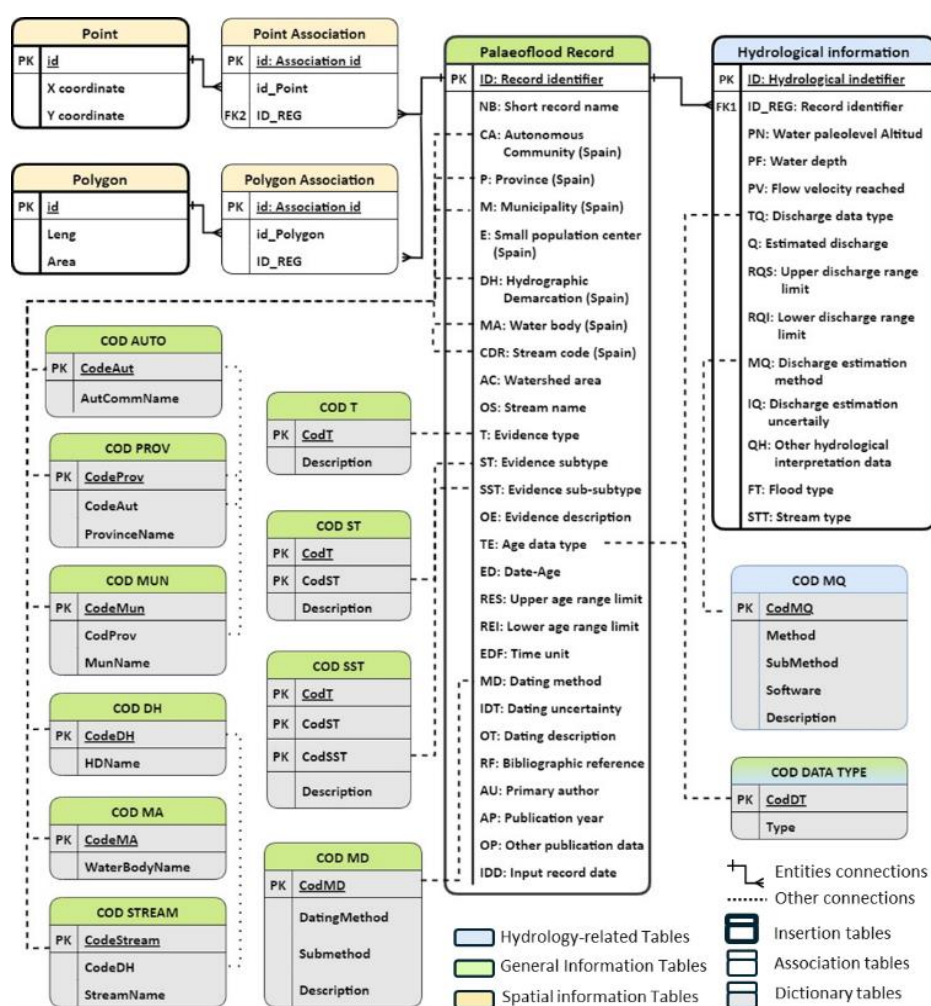
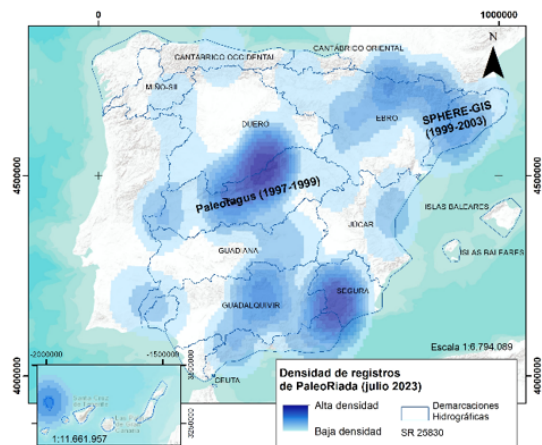


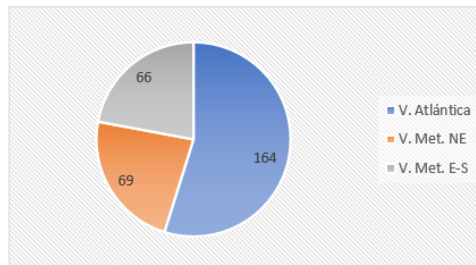
Figura 48. Modelo de datos de PaleoRiada

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

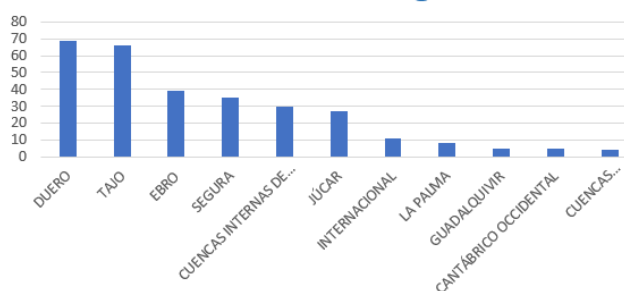
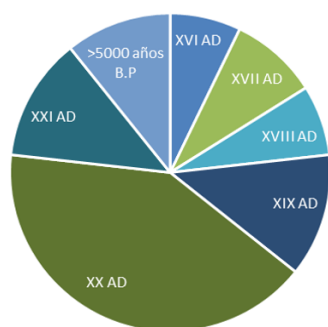


Figura 49. Distribución de los datos de PaleoRiada

Temporalidad de los registros de paleoinundaciones

Distribución temporal de los registros



Entre 97.000 años BP y el año 2014 CE

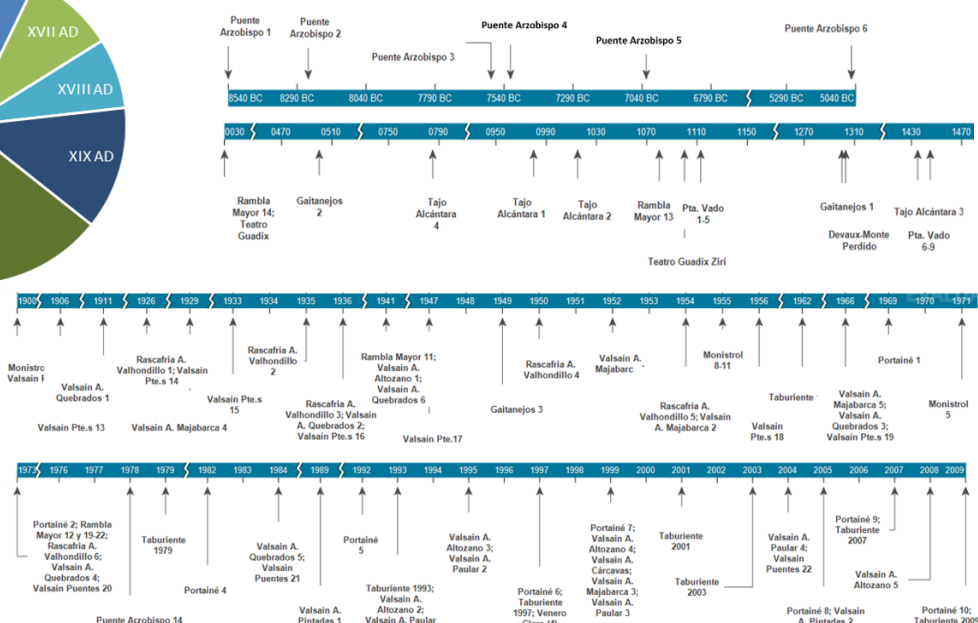


Figura 50. Distribución en el tiempo de los datos de PaleoRiada

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), que puede ser consultado en la siguiente dirección URL:

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

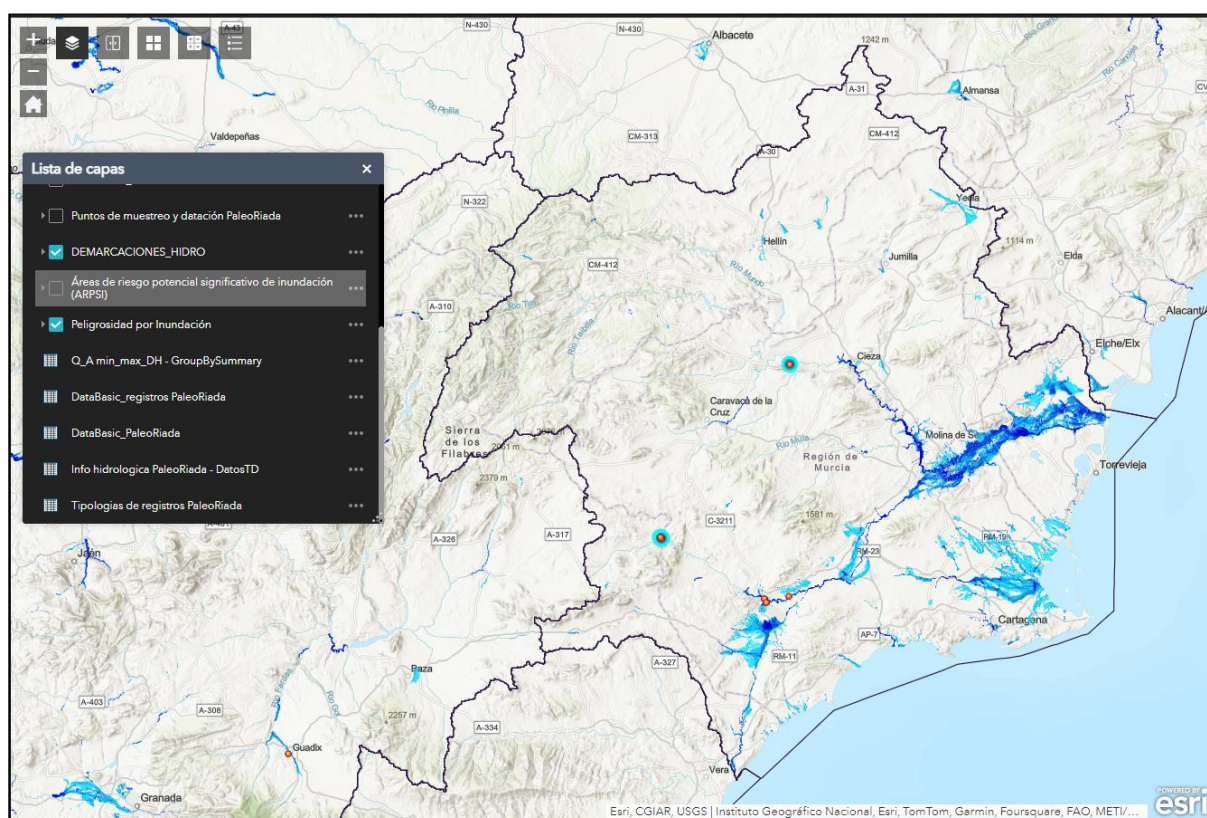


Figura 51. Imagen del Visor de Paleorriada

En la Demarcación Hidrográfica del Segura se han identificado hasta el momento las siguientes paleoinundaciones:

- **Río Caramel - Rambla Mayor, aguas arriba del embalse de Valdeinfierno:** avenidas de 30, 1560, 1775, 1790, 1795, 1820, 1879, 1891, 1973.
- **Río Guadalentín – Rambla Tiata:** 5682 a.C., 1664 a.C., 200, 1150, 1568, 1650, 1651, 1653.
- **Río Segura aguas arriba de la desembocadura del río Quipar:** 1676 a.C., 200, 256, 400, 900.

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/

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 <http://www.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.

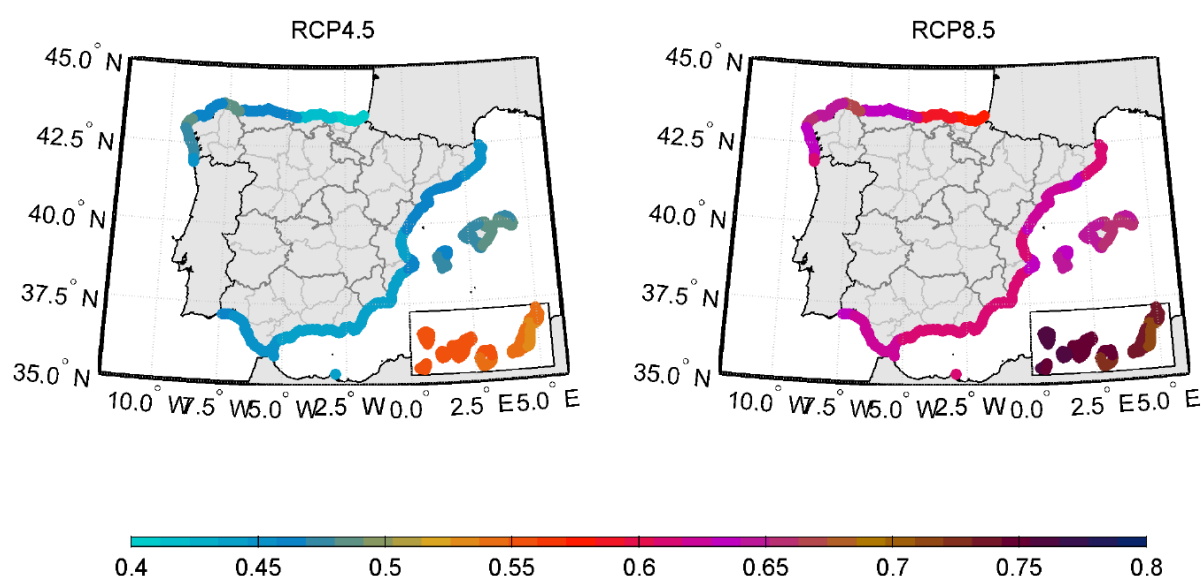


Figura 52. Proyecciones regionalizadas de aumento del nivel del mar (m) en el período 2081-2100 (con respecto al período 1986-2005) para los escenarios RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (derecha) en las costas españolas. Fuente: adaptado de Slangen et al. (2014).

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 procedió 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 resolvió 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 fue 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 revisó 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 permitió 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 utilizaron 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). Gracias a este amplísimo escenario de alternativas estudiadas, se obtuvo 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 se organizaron 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 generó un atlas con la distribución del nivel del mar compuesto (TWL, Total Water Level) a lo largo de la costa española. La definición de TWL utilizada, incorporó 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 el aumento del nivel medio del mar (ANMM), sin la contribución del oleaje. Posteriormente, se evaluó la inundación costera a la escala de los 200 m, mediante el uso de los perfiles topo-batimétricos del iOLE, lo que permitió la evaluación de todos los procesos de inundación bidimensionales debidos a la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje. La inundación costera se caracterizó por medio de la cota de inundación (CI, distancia en vertical, respecto al NMMA (nivel medio del mar aumentado), 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 resolvieron mediante el modelo numérico IH2VOF (<http://www.ih2vof.ihcantabria.com/>), 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 administró eficientemente mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011).

Los resultados de ambas aproximaciones permitieron la caracterización 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) están generados 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 generaron en acantilados, pues se considera que no se ven afectados por la inundación costera; tampoco se generaron resultados donde la inundación supera los 1.000 m, pues los perfiles del iOLE tienen una extensión máxima emergida de 1.000 m.

Los resultados se organizaron 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 representaron los valores del periodo histórico de referencia. Los mapas de cambio respecto al periodo de referencia se generaron 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 que se generaron 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 redactó 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 representaron los valores de TWL, CI y DI para el periodo histórico de referencia. De todos ellos se evaluó 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 los mapas generados a partir de las distintas variables de impacto son 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 de 10 y 50 años, estando más zonificados los valores máximos para el periodo de retorno de 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 periodos de retorno. 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 el periodo de retorno; así, por ejemplo, para el periodo de retorno de 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 el de 500 años, dichos valores máximos serían, respectivamente, del 60 % y 150 %.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles (conjuntos) 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 de 10 años a 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 del periodo de retorno. Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para el correspondiente a 10 años los mínimos se producen en el Cantábrico y son del orden de 5; para los de 50 y 100 años los mínimos se encuentran entre 5 y 1 en el Cantábrico y en el Mediterráneo; y para 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 los periodos de retorno. Los valores mínimos tan solo se reducen en el Mediterráneo en el caso del periodo de retorno de 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 periodo de retorno.

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. 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 cuantificado respecto al periodo histórico de referencia. Esto implica que no es necesario generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera para el presente ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

El acceso al Informe de esta tarea se encuentra en el siguiente enlace: 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, que 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 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 realizada la revisión, actualización y análisis de la información relativa a inundaciones fluviales, pluviales y costeras se presentan a continuación las conclusiones derivadas para cada una de ellas:

ARPSI de origen fluvial

Finalmente, después del análisis pormenorizado de cada tramo preseleccionado para la actualización de la EPRI 3.º ciclo y de las observaciones realizadas por técnicos de la Confederación Hidrográfica del Segura, se considera recomendable la inclusión de 10 nuevos tramos ARPSI, de los que 4 son prolongaciones de tramos ARPSI ya existentes: rambla de Béjar - ES070/0010-12, rambla de Nogalte - ES070/0010-15, rambla del Miedo (ES070/0017-01) y Sin Nombre (Cox) - ES070/0019-09. En los 10 tramos seleccionados se han producido episodios de inundación en último ciclo.

Estos tramos se recogen en la siguiente tabla.

Código de Tramo	Nombre	Longitud (km)	Código ARPSI	Revisión
ES070/0010-17	Rambla de Béjar	5,18	ES070/0010	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0010-12
ES070/0010-18	Rambla de Nogalte	10,50	ES070/0010	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0010-15
ES070/0013-03	Sin Nombre - San Pedro del Pinatar	4,18	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-04	Sin Nombre - El Mirador	3,01	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-05	Sin Nombre	6,41	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-06	Sin Nombre (San Cayetano 1)	11,30	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-07	Sin Nombre	4,29	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0013-08	Sin Nombre (La Colonia y Los Camachos)	2,41	ES070/0013	Se propone como nuevo tramo en el 3.º Ciclo
ES070/0017-03	Rambla del Miedo	3,90	ES070/0017	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0017-01
ES070/0019-10	Sin Nombre (Cox)	2,22	ES070/0019	Se propone como un nuevo tramo en el 3.º Ciclo, aguas abajo del actual: ES070/0019-09

Tabla 13. Nuevos tramos de ARPSI obtenidos tras la revisión de la EPRI. Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de peligrosidad y riesgo de los tramos ARPSI del 2.º ciclo —partiendo de la información del PGRI vigente— con el objetivo de estudiar la posibilidad de eliminación de alguno de ellos. Tras el análisis, no se ha contemplado la exclusión de los tramos con menor valor por la existencia de referencias históricas de inundaciones fluviales causantes de daños.

Finalmente, en cuanto a la parte asociada a las inundaciones fluviales y de transición, se han identificado un total de **163 tramos**, 148 identificados en la EPRI del 1.º ciclo, 5 añadidos una vez realizada la revisión y actualización de la EPRI del 2.º ciclo y 10 añadidos tras la presente revisión y actualización, cuya longitud total de suma **625,9 km**.

En la siguiente tabla se refleja el conjunto de ARPSI y tramos de origen fluvial-pluvial definitivos. Las ARPSI identificadas en este ciclo aparecen destacadas en color azul.

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva	Origen ARPSI
ES070/0001	5,69	ES070/0001-01	Sin Nombre (Socovos)	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0001-02	Arroyo de Letur	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0001-03	Arroyo de la Mora	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0001-04	Barranco del Agua	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0002	16,70	ES070/0002-01	Regato de la Acequia	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0002-02	Rambla del Ojuelo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0002-03	Cañada de Agra	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0002-04	Rambla del Pepino	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0002-05	Rambla de las Entresieras	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0003	8,65	ES070/0003-01	Rambla del Morrón	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0003-02	Rambla del Judío	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0003-03	Rambla de la Alquería	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0003-04	Rambla de Quitapellejos	1.º ciclo	Fluvial
ES070/0004	19,08	ES070/0004-01	Rambla de Agua Salada	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0005	11,21	ES070/0005-01	Río Argos	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0005-02	Río Argos	1.º ciclo	Fluvial
ES070/0006	74,15	ES070/0006-01	Rambla de Agua Amarga	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-02	Rambla del Judío	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-03	Barranco de la Mina	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-04	Barranco de los Grajos	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-05	Barranco de los Cabañiles	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-06	Río Segura	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-07	Río Segura	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-08	Rambla de San Roque	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-09	Rambla del Carrizalejo	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-10	Cañada de Morcillo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-11	Rambla de las Monjas	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-12	Rambla de Huete	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-13	Rambla del Salar Gordo	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-14	Cañada de Mendoza	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-15	Rambla de Las Salinas	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-16	Rambla del Chorríco	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-17	Rambla de las Canteras	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-18	Rambla del Salar	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0006-19	Rambla Salada	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0006-20	Río Segura	2.º ciclo	Fluvial
ES070/0007	0,94	ES070/0007-01	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva	Origen ARPSI
ES070/0008	9,02	ES070/0008-01	Río Mula	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0008-02	Río Mula y rambla de Albudeite	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0008-03	Río Mula	1.º ciclo	Fluvial
ES070/0009	92,77	ES070/0009-01	Río Segura	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0009-02	Rambla de la Casa del Aire	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-03	Rambla de Barnuevo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-04	Rambla de Churra	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-05	Rambla de Casa Blanca	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-06	Rambla de la Higuera	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-07	Rambla Carmen	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-08	Rambla de Cañada Ancha	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-09	Río Guadalentín	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0009-10	Rambla del Pocito	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-11	Rambla del Puerto	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-12	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-13	Rambla del Valle	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-14	Rambla del Valle	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-15	Barranco del Sordo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-16	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-17	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-18	Rambla del Puerto de Garruchal	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0009-19	Cañada de Tabala	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0010	74,05	ES070/0010-01	Rambla del Estrecho	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-02	Río Guadalentín	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-03	Rambla Salada	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-04	Rambla de los Arcos	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-05	Rambla de Vízaga	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-06	Rambla de la Señorita	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-07	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-08	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-09	Rambla de la Torrecilla	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-10	Barranco del Borruezo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-11	Rambla Alta	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-12	Rambla de Béjar	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-13	Barranco del Confitero	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-14	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-15	Rambla de Nogalte	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-16	Rambla De Tiata	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0010-17	Rambla de Béjar	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0010-18	Rambla de Nogalte	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0011	26,77	ES070/0011-01	Rambla de Las Peras	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0011-02	Rambla de Totana	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0011-04	Rambla de Los Arcos	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0011-06	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva	Origen ARPSI
		ES070/0011-07	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0011-08	Rambla de las Salinas	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0011-09	Río Guadalentín	1.º ciclo	Fluvial
ES070/0012	36,48	ES070/0012-01	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-02	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-03	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-04	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-05	Rambla del Albuñón	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-06	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-07	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-08	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-09	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-10	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-11	Rambla del Albuñón	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0012-12	Sin Nombre	2.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0013	49,94	ES070/0013-01	Rambla de Cobatillas	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-02	Rambla de la Maraña	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-03	Sin Nombre - San Pedro del Pinatar	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-04	Sin Nombre - El Mirador	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-05	Sin Nombre	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-06	Sin Nombre (San Cayetano 1)	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-07	Sin Nombre	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0013-08	Sin Nombre (La Colonia y Los Camachos)	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0014	20,34	ES070/0014-01	Rambla de Calarreona	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-02	Rambla de Matalentisco	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0014-03	Rambla de Minglano Cañarete	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0014-04	Rambla de Peñaranda	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-05	Rambla de Peñaranda	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-06	Rambla de Labradorcico	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-07	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-08	Rambla del Renegado	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-09	Rambla de Culebras	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0014-10	Rambla de Taray	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0015	30,88	ES070/0015-01	Rambla Ramonete	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0015-02	Rambla de las Moreras	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0015-03	Rambla Grande	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0015-04	Rambla de la Cruz del Muerto	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0015-05	Rambla de los Lorentes	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0015-06	Rambla de Valdelentisco	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0015-07	Rambla de la Azohia	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0015-08	Rambla de los Aznares	2.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0016	11,47	ES070/0016-01	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0016-02	Rambla de Canteras	1.º ciclo	Fluvial

Código ARPSI	Long. (Km)	Código Tramo	Nombre Tramo	Ciclo Directiva	Origen ARPSI
		ES070/0016-03	Rambla de Benipila	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0016-04	Rambla de Benipila	2.º ciclo	Fluvial
		ES070/0016-05	Rambla del Portús	2.º ciclo	Fluvial
ES070/0017	21,01	ES070/0017-01	Rambla del Miedo	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0017-02	Rambla de la Carrasquilla	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0017-03	Rambla del Miedo	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0018	3,53	ES070/0018-01	Colador del Barranco del Pla	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0018-02	Rambla de la Casa	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0019	79,39	ES070/0019-01	Rambla de Abanilla	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0019-02	Río Segura	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0019-03	Barranco de San Cayetano	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0019-04	Barranco de Amorós	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0019-05	Barranco de la Mangranera	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0019-06	Rambla del Castellar	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0019-07	Barranco del Bosch	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0019-08	Cañada de la Plana	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0019-09	Sin Nombre (Cox)	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0019-10	Sin Nombre (Cox)	3.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0020	12,21	ES070/0020-01	Cañada de las Moscas	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0020-02	Cañada de las Moscas	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0020-03	Cañada de las Estacas	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0020-04	Río Nacimiento	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0020-05	Río Seco	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0020-06	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
ES070/0021	14,45	ES070/0021-01	Rambla de Nogantes o Charcones	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0021-02	Rambla de los Pérez	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0021-03	Rambla de los Arejos	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0021-04	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0021-05	Rambla de Canalejas o de Canales	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0021-06	Barranco de la Higuera	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0021-07	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0021-08	Sin Nombre	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0021-09	Barranco de los Caballos	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0021-10	Rambla de los Charcones	1.º ciclo	Fluvial
ES070/0022	7,15	ES070/0022-01	Río de María	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0022-02	Sin Nombre (De la Barda)	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial
		ES070/0022-03	Río Chico	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0022-04	Barranco de la Canal	1.º ciclo	Fluvial
		ES070/0022-05	Rambla de Chirivel	1.º ciclo	Fluvial-Pluvial

Tabla 14. ARPSI fluviales y fluvial-pluviales identificadas en la Demarcación una vez finalizada la revisión y actualización para la EPRI del 3.º ciclo. Fuente: elaboración propia

ARPSI de origen pluvial

No se han añadido ningún ámbito de origen pluvial, si bien, se ha revisado la identificación de los tramos ARPSI fluviales cuya tipología se puede definir como fluvial-pluvial (se indican en la tabla anterior).

ARPSI de origen marino

En la siguiente tabla se refleja el conjunto de las 21 ARPSI de origen marino identificadas en la Demarcación una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI del 2.º ciclo. No se han incorporado nuevas ARPSI en este ciclo.

Código ARPSI	Nombre del ARPSI	Longitud Km	Ciclo Directiva	Origen ARPSI
ES070_PM_0001	Torrelamata - La Mata	1,45	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0002	Torre vieja (desde El Palmeral hasta Playa del Cura)	14,76	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0003	Dehesa de Campoamor (Playa La Glea)	2,79	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0004	Desde La Torre hasta El Mojón	2,04	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0005	La Manga del Mar Menor (desde Veneziola hasta El Faro de Estacio)	26,35	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0007	Mazarrón (desde Cabo Cope hasta Playa Grande)	0,51	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0008	Puntas de Calnegre	1,43	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0009	Calabardina	3,09	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0011	Playa La Rabiosa (San Juan de Los Terreros)	1,60	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0012	Pozo del Esparto	6,05	1.º ciclo	Marino
ES070_PM_0014	Guardamar del Segura	2,72	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0015	Playa Rocío del Mar	0,24	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0016	Playa de la Zenia	2,39	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0017	Cabo de Palos - Playa de la Barra	0,59	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0018	Playa de San Ginés - Chapineta	1,93	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0019	Playa de Bolnuevo	1,29	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0020	Águilas Bahía de Levante	2,83	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0021	Águilas Bahía de Poniente	2,34	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0022	Cala Panizo	1,39	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0023	El Calón	0,78	2.º ciclo	Marino
ES070_PM_0024	Villaricos	1,44	2.º ciclo	Marino

Tabla 15. ARPSI costeras identificadas en la Demarcación una vez finalizada la revisión y actualización para la EPRI del 3.º ciclo. Fuente: elaboración propia

6 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.

Camus, P., Mendez, F., Medina, R., Cofiño, A. (2011). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. Coastal Engineering 58, pp 453-452.

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,

Rodriguez-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>.

7 Anexos a la memoria

Anexo 1. Planos

Anexo 2. Episodios históricos

Anexo 3. Fichas de los tramos ARPSI