

Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN. 3^{er} CICLO

(Documento para Información y consulta pública)

Septiembre 2024



ÍNDICE

1	Introducción.....	3
1.1	Objeto y ámbito de aplicación.....	3
1.2	Marco normativo	5
1.2.1.	Directivas Europeas:.....	5
1.2.2.	Normativa nacional:	5
1.2.3.	Normativa autonómica:.....	6
1.3	Ámbito territorial.....	6
1.4	Resultados de la EPRI del Primer ciclo	20
1.5	Resultados de la EPRI del Segundo Ciclo	24
1.6	Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del Tercer ciclo	27
1.7	Coordinación internacional.....	31
2	Metodología y fuentes de información para la revisión y actualización de la EPRI	33
2.1	Resumen de los eventos de inundación ocurridos en el período 2017-2023.....	34
2.2	Información del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS)	39
2.3	Identificación de zonas potenciales de riesgo por inundación pluvial	46
2.4	Información suministrada por Administraciones implicadas en la gestión del riesgo de inundación	51
2.5	Datos sobre superación de umbrales de intensidad de precipitación de AEMET	54
3	Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.....	57
3.1	Actualización de los estudios sobre la influencia del cambio climático durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024).....	59
3.2	Consideración del aumento del riesgo asociado al cambio climático en la posible declaración de nuevos tramos ARPSI.....	69
3.3	Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en las inundaciones	74
3.4	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.....	86
3.5	Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar ...	92
4	Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación	94
4.1	Revisión de las ARPSIS previamente declaradas.....	94
4.2	Declaración de nuevos ámbitos ARPSI.....	95
4.3	Resultado final de la propuesta de actualización de las ARPSIS de la demarcación ..	96

ANEXOS

ANEXO I: Planos Generales

ANEXO II: Fichas de las ARPSIs de la demarcación declaradas en el ciclo anterior

ANEXO III: Fichas de los ámbitos ARPSI que se modifican y se declaran como resultado de la Revisión y Actualización del Tercer Ciclo

ANEXO IV: Documentación de hemeroteca de eventos de inundación

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 y administraciones hidráulicas competentes en las cuencas intracomunitarias redactarán la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (en adelante, EPRI), 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.

Por su parte, la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía establece en su artículo 58 que la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación se elaborará sobre la base de la información disponible, como datos registrados y estudios sobre la evolución a largo plazo, en especial sobre el impacto del cambio climático en la frecuencia de las inundaciones, con objeto de proporcionar una evaluación del riesgo potencial, que tendrá como mínimo el siguiente contenido:

- a) Mapas de la demarcación hidrográfica, a la escala adecuada, que presenten los límites de las cuencas y subcuencas hidrográficas, y de sus zonas costeras, y que muestren la topografía y los usos del suelo.
- b) Una descripción de las inundaciones ocurridas en el pasado que hayan tenido impactos negativos significativos para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio histórico y la actividad económica, y que tengan una probabilidad significativa de volver a producirse, con una indicación de la extensión y las vías de evacuación de dichas inundaciones y una evaluación de las repercusiones negativas que hayan provocado.
- c) Una descripción de las inundaciones de las riberas del mar, debido a las dinámicas fluvial y/o marina.
- d) Una descripción de las inundaciones de importancia ocurridas en el pasado cuando puedan preverse consecuencias adversas de futuros acontecimientos similares, y en función de las necesidades específicas.
- e) Una evaluación de las consecuencias negativas potenciales de futuras inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio histórico y la actividad económica, teniendo en cuenta, siempre que sea posible, factores como la topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, incluidas las llanuras aluviales como zonas de retención naturales, la eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección contra las inundaciones, la localización de las zonas pobladas, de las zonas de actividad económica y el panorama de la evolución a largo plazo, incluidas las repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones.

Como consecuencia de la evaluación se determinarán las zonas con riesgo potencial de inundación significativo o en las cuales la materialización de tal riesgo pueda considerarse probable.

Por su parte, el artículo 61 de la citada Ley 9/2010 establece que los instrumentos de prevención del riesgo de inundación se elaborarán en coherencia con los procesos de redacción de los planes

hidrológicos, incorporándose a estos planes las determinaciones básicas establecidas en dichos instrumentos.

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 Tinto, Odiel y Piedras correspondiente al tercer ciclo de aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones. 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, añadiendo posibles casos que pudieran concretarse en la identificación y propuestas de nuevos tramos ARPSI siguiendo las metodologías ya desarrolladas en los ciclos anteriores.

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 de la Comisión de Autoridades Competentes y de la Comisión de Protección Civil de Andalucía. Posteriormente, la evaluación preliminar del riesgo de inundación será aprobada por la Consejería competente en materia de agua y se remitirá al Ministerio competente para su traslado a la Comisión Europea.

En relación con el ámbito de aplicación, la Directiva 2007/60/CE de inundaciones 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: *“Las disposiciones contenidas en este real decreto serán de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición”*.

Por lo tanto, la declaración de las ARPSIs debe realizarse para las inundaciones debidas al desbordamiento de corrientes de agua y a las causadas por el mar en las zonas costeras.

Durante la implantación de esta Directiva, a partir de los trabajos de coordinación de la Comisión Europea, se han identificado los posibles orígenes o fuentes de las inundaciones, normalmente derivadas de episodios de altas precipitaciones, que 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, asociadas o no a la fusión nival, a la gestión de las infraestructuras hidráulicas de la cuenca, y en las zonas cercanas al mar, las debidas a la entrada del mar en las zonas costeras en episodios de temporales marítimos. En la práctica, salvo en las inundaciones exclusivamente marinas, el resto de orígenes pueden actuar conjuntamente en un episodio de inundación, agravando los efectos de las inundaciones.

En este documento se estudian las inundaciones derivadas del desbordamiento de ríos y otros cauces o corrientes (inundaciones fluviales) incorporando en ellas la gestión de las infraestructuras hidráulicas, las inundaciones debidas a episodios de lluvias intensas (inundaciones pluviales) que deriven 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 esta evaluación 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, 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. 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), 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.

1.2 Marco normativo

1.2.1. 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.

1.2.2. 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.

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/85, de 2 de septiembre y modificaciones realizadas con posterioridad.
- 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.
- Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del día 29 de julio de 2011.
- Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Real Decreto 687/2023, de 18 de julio, por el que se aprueba la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación de las cuencas internas de Andalucía: demarcaciones hidrográficas del Tinto, Odiel y Piedras; del Guadalete y Barbate y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

1.2.3. Normativa autonómica:

- Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía.
- Acuerdo de 13 de julio de 2004, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Emergencia ante el riesgo de inundaciones en Andalucía.
- Orden de la Consejería de la Consejería de Agricultura, Ganadería, pesca y Desarrollo Sostenible de 11 de enero de 2021, por la que se aprueba la revisión y actualización de la Evaluación preliminar del Riesgo de Inundación de las demarcaciones internas de Andalucía: Guadalete y Barbate; Tinto, Odiel y Piedras; y Cuencas Mediterráneas Andaluzas para el ciclo de planificación hidrológica 2021-2027 (BOJA n.º 9 de 15 de enero de 2021).
- Decreto 69/2024, de 4 de marzo, por el que se establece el contenido y efectos de la declaración de emergencia de interés general de Andalucía y se aprueba el Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil de Andalucía.

1.3 Ámbito territorial

El ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Tinto Odiel y Piedras queda definido en el Decreto 357/2009, de 20 de octubre de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas de las cuencas intracomunitarias situadas en Andalucía. Según lo dispuesto en el artículo 3 del Decreto 357/2009, la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras:

“Comprende el territorio de las cuencas hidrográficas de los ríos Tinto, Odiel y Piedras y las intercuenas con vertido directo al Atlántico desde los límites de los términos municipales de Palos de la Frontera y Lucena del Puerto (Torre del Loro) hasta los límites de los términos municipales de Isla Cristina y Lepe, así como, las aguas de transición a ellas asociadas.”

Las aguas costeras comprendidas en esta demarcación hidrográfica tienen como límite oeste la línea con orientación 177° que pasa por el límite costero entre los términos municipales de Isla Cristina y Lepe, y como límite este la línea con orientación 213° que pasa por la Torre del Loro”.

Incluye por tanto las cuencas internas de Andalucía de los ríos Piedras, Odiel y Tinto y las intercuenas correspondientes de vertido directo al Atlántico.

MARCO ADMINISTRATIVO DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	
Extensión total de la Demarcación	4.955 km ²
Extensión de la parte continental	4.762 km ²
Población el 1/1/2022	387.541 habitantes
Densidad de población	81,38 hab/km ²
Provincias en que se reparte el ámbito	Huelva (98,0 % del territorio y el 99,86% de la población)
	Sevilla (2,0 % del territorio y 0,13% de la población)
Núcleos de población mayores de 100.000 hab.	Huelva (141.854 hab.)
Número de Municipios	62 (42 íntegramente dentro de la demarcación)

Tabla 1. Datos administrativos básicos de la demarcación

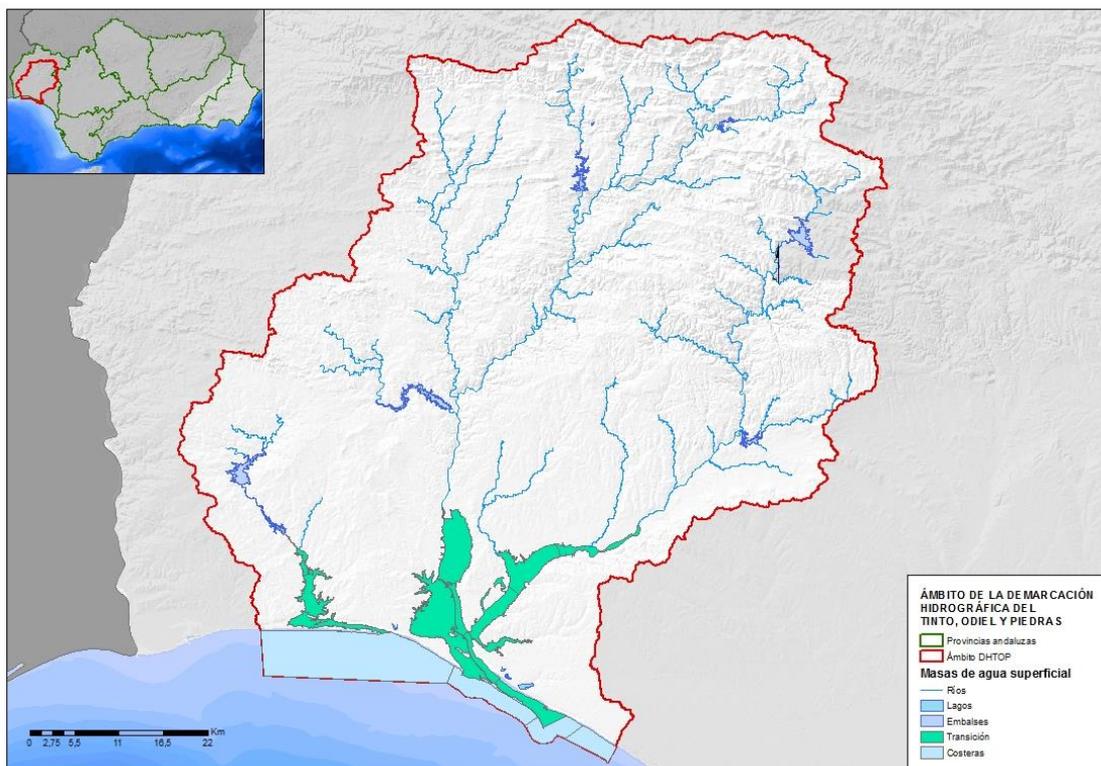


Figura 1. Ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica

▪ Marco físico

La Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras está formada por una prolongación de lomas, orientadas según el eje Norte-Sur, desde la Sierra de Arcena hasta la Sierra del Madroñal. La zona central la constituye la Sierra de Arcena, de cotas próximas a los 900 m.s.n.m., mientras que el sector meridional está constituido por una llanura que desciende desde los 300 m.s.n.m. en la Sierra El Granada, hasta el borde marino en el golfo de Cádiz.

El río Piedras nace en el término de Villanueva de los Castillejos, en las estribaciones de la Sierra del Almendro y desemboca en el océano Atlántico por la barra del Rompido. El río Odiel nace en la Sierra de Aracena y recoge por su margen derecha diversas aportaciones, entre ellas el río Oraque, desembocando en el océano Atlántico a la altura de Huelva capital, donde forma una marisma muy extensa. El río Tinto, originario como el Odiel de la Sierra de Aracena, discurre casi en dirección Norte-Sur desde Nerva hasta cerca de la Palma del Condado, donde cambia de rumbo hasta su desembocadura en Huelva siguiendo en prolongación la falla del Guadalquivir.



Figura 2. Mapa físico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras

■ Rasgos geológicos

La mayor parte de las cuencas de drenaje de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras se ubican en la zona Surportuguesa, que compone el área más meridional de las seis zonas que forma el Macizo Varisco Ibérico. El río Odiel, que rebasa la cuenca de norte a sur, su parte septentrional pertenece a la Zona de Ossa Morena, mientras que a su desembocadura llega drenando materiales de la Depresión del Guadalquivir.

La zona de Ossa Morena se sitúa al norte de la cuenca y se integra mínimamente en la Demarcación. Presenta una gran diversidad de materiales y complejidad estructural. Los materiales situados en ella se encuentran entre las edades del Precámbrico y el Carbonífero. Entre la densa red de fracturas y zonas de cizalla se halla la más importante zona tectónica de Ossa Morena, el Cinturón Metamórfico de Aracena.

La zona Surportuguesa es la región que mayormente se asienta en la Demarcación. Está constituida por rocas de edades comprendidas entre el Devónico medio y el Pérmico. Limita al norte con la zona de

Ossa Morena y al Sur con la Depresión del Guadalquivir. Los dominios más importantes son el Pulo do Lobo y la Faja Pirítica Ibérica.

Por la Depresión del Guadalquivir discurren los tramos bajos de los ríos Tinto, Odiel y Piedras. Esta cuenca del Guadalquivir trata de una depresión alargada en dirección ENE-OSO, rellena mayoritariamente por materiales sedimentarios marinos. Las cuatro unidades litoestratigráficas que conforman de muro a techo la depresión alcanzan un espesor conjunto de 400 metros y se encuentran recubiertas por materiales conglomeráticos arenosos, conocidos como Alto Nivel Aluvial.

La caracterización de las clases de acuíferos presentes en la Cuenca del Tinto, Odiel y Piedras en función de la tipología de su formación es la siguiente:

- En las formaciones carbonatadas, presentes en el área Subbética, los materiales constituyentes de los acuíferos son, frecuentemente, calizas, dolomías, mármoles y algunas margas calcáreas, y su permeabilidad está en relación directa con las redes de fracturas que, a lo largo del tiempo, van ampliándose por disolución, siguiendo un proceso que se conoce como karstificación. En estas formaciones el agua puede alcanzar velocidades importantes, muy superiores a las que tienen lugar en los materiales granulares y, por tanto, son muy vulnerables a la contaminación.
- Los acuíferos detríticos están formados por materiales granulares, conglomerados, arenas, limos y arcillas, alternando horizontes impermeables o semiimpermeables, con otros permeables, dando lugar a acuíferos denominados multicapa que pueden contener aguas de diferentes calidades. Su capacidad de contener y transmitir agua es función del porcentaje de huecos disponibles entre sus partículas. Normalmente, la velocidad de circulación del agua es muy pequeña, inferior a la que tiene en los acuíferos carbonatados.
- Los acuíferos aluviales son, realmente, acuíferos detríticos, de los que se destacan por razones puramente expositivas. Es de destacar la gran conexión hidráulica que suele existir entre el río y su aluvial, de manera que, dependiendo de las condiciones del nivel del río frente al piezométrico del acuífero, puede aquél alimentar a éste (río influente) o viceversa (río efluente).

▪ Hidrografía

La red de drenaje localizada en el territorio de la demarcación está formada por los ríos Tinto, Odiel y Piedras y sus principales afluentes.

Los ríos Tinto, Odiel y Piedras nacen en la Sierras de Huelva y sus estribaciones (Sierra Morena Occidental). Atraviesan la provincia de norte a sur para desembocar en el Atlántico formando con frecuencia en su desembocadura estuarios o marismas, debido a la escasa pendiente de los tramos bajos de estos ríos sobre el nivel del mar.

- El río Tinto nace en la Sierra de Padre Caro, junto a Minas de Riotinto y desemboca en la ría de Huelva, donde confluye con el río Odiel. Las características geológicas de su cuenca hacen que sus aguas presenten altas concentraciones en metales, lo que les confiere un pH muy ácido con valores medios de 2,2. Entre sus principales afluentes por la margen izquierda están el Jarrama que discurre por la Cuenca Minera y el Corumbel, regulados por sendos embalses. Por su margen derecha llega el Arroyo Candón, regulado por el embalse de Beas que abastece a la ciudad de Huelva.

- El río Odiel nace en la Sierra de Aracena y recibe por su margen derecha las aportaciones de la Rivera de Santa Eulalia, Rivera de Olivargas, río Oraque y de la Rivera de Meca, y las del arroyo Agrio y de la Rivera del Villar por la izquierda. En su desembocadura forma el Paraje Natural de las Marismas del Odiel, que incluye las reservas del Burro y de la Isla de Enmedio.
- El río Piedras se encuentra regulado por los embalses de Piedras y Los Machos y recibe aportaciones desde la cuenca del Chanza reguladas por los embalses del Chanza y Andévalo. Desemboca en el entorno de las poblaciones de Lepe y Cartaya, en el Portil, en trayecto paralelo a la costa debido a la formación en este punto de un cordón litoral de arena que crece con dirección sureste gracias a la deposición de sedimentos de las mareas, las corrientes marinas y los vientos constantes que proceden del oeste. Este enclave se encuentra protegido por la legislación autonómica bajo la denominación de Paraje Natural de Marismas del río Piedras y Flecha del Rompido.

Tras la aprobación de los planes de gestión del riesgo de inundación del primer ciclo se ha publicado una clasificación hidrográfica de los ríos de España (Centro de Estudios Hidrográficos, 2016b) que utiliza el sistema Pfafstetter (Pfatstetter, 1989; Verdin y Verdin, 1999). Este sistema, que codifica ríos y cuencas, ha sido adoptado por numerosos países y, además, es el propuesto por la Comisión Europea (Comisión Europea, 2003e).

La voluminosa información generada con el citado trabajo está accesible al público en: <https://ceh-flumen64.cedex.es/clasificacion/DEFAULT.ASP>. Entre los contenidos generados se encuentra, además de la red fluvial clasificada y de tablas con las características principales de los cauces, mapas en celdas de 25x25 metros de direcciones de drenaje y de acumulación del flujo.

▪ **Zonificación de la demarcación**

La Demarcación del Tinto, Odiel y Piedras se ha dividido para la determinación de los recursos disponibles en cuatro zonas atendiendo a criterios hidrográficos, administrativos, socioeconómicos y/o medioambientales. La división en zonas coincide con la propuesta del ANEXO II (Delimitación del ámbito territorial de los sistemas de gestión del ciclo integral del agua en la Comunidad Autónoma de Andalucía) del Decreto 310/2003, de Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras Plan Hidrológico 2.022-2.027 (ANEJO II Pág. 12 de 67), de 4 de noviembre, de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, por el que se delimitan las aglomeraciones urbanas para el tratamiento de las aguas residuales de Andalucía y se establece el ámbito territorial de gestión de los servicios del ciclo integral del agua de las Entidades Locales a los efectos de actuación prioritaria de la Junta de Andalucía. Hay que destacar que, por homogeneidad, se han contemplado en una misma zona los sistemas de gestión de Costa de Huelva, Andévalo y Huelva (que pasa a denominarse como Costa Huelva-Andévalo) contemplados en el Decreto anteriormente comentado. En la siguiente Figura y Tabla se muestran las cuatro zonas en las que se ha dividido la DHTOP para la estimación de los recursos hídricos en la Demarcación.

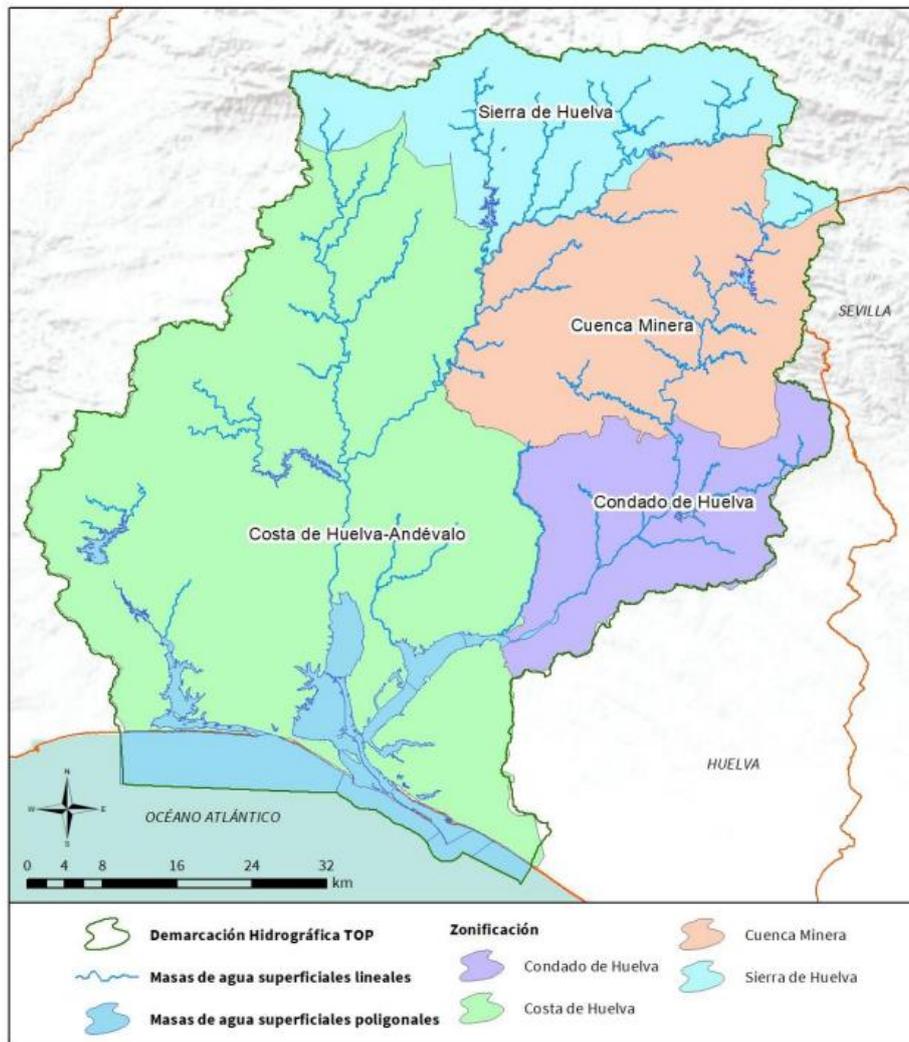


Figura 3. Zonificación utilizada en la DHTOP para la determinación de los recursos hídricos

Zona	Nombre	Superficie (Km2)
1	Condado de Huelva	565
2	Costa de Huelva-Andévalo	2.575
3	Cuenca Minera	946
4	Sierra de Huelva	676

Tabla 2. Superficie de los Ámbitos de Zonificación

▪ **Marco biótico**

Zona continental

Los ecosistemas de España se encuadran biogeográficamente en tres regiones: Eurosiberiana, Mediterránea y Macaronésica, dentro de las cuales se definen hasta catorce pisos bioclimáticos y catorce provincias de botánicos. La Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras está enteramente comprendida en la región mediterránea. En el inventario de las distintas especies animales y vegetales asociadas a dichos ecosistemas destacan las especies asociadas a suelos ácidos con una cantidad anormal de minerales cobrizos en su composición y por tanto presente en el espacio del Paisaje Protegido del Río Tinto. También se pueden encontrar en este Espacio Protegido distintas

especies de murciélagos que habitan las cavidades y canales de los enclaves mineros presentes como el murciélago de herradura mediano (*Rhinolophus mehelyi*). Dentro de las especies de ictiofauna nativa existentes en la Demarcación se hallan, el barbo (*Barbo sclateri*), la boga (*Pseudochondostroma willcommii*), el calandino (*Squalius alburnoides*), la pardila (*Chosdrostoma lemmingii*) y el cacho (*Leuciscus pyrenaicos*).

Las zonas húmedas juegan un papel importantísimo como corredores, refugio y albergue de toda la diversidad biótica continental existente en el ámbito territorial y en especial como lugares de invernada, reproducción y descanso migratorio de muchas aves acuáticas.

Zona litoral

Las marismas se encuentran influenciadas por la marea que circula por la red dendrítica de drenaje y que condiciona la distribución espacial (zonación) y temporal (sucesión) de los organismos. Estos espacios están caracterizados por una elevada producción de nutrientes que constituyen la base alimenticia de los organismos vivos del medio marino.

La marisma baja se inunda periódicamente y las especies vegetales que se encuentran en esta zona son macrófitos colonizadores de sustratos inestables, dominando el género *Spartina*, perteneciente a la familia de las gramíneas.

La marisma media se inunda con una menor regularidad que la marisma baja y las especies dominantes en esta zona son *Sarcocornia perennis* y *Halimione portulacoides*, si bien pueden aparecer especies de marisma baja y de marisma alta.

La marisma alta sólo se inunda durante las mareas de mayor coeficiente (mareas vivas equinocciales), constituyendo una zona más estable. Aquí se asientan las especies *Arthrocnemum Macrostachyum*, *Inula crithmoides* y *Artemisia terulescens*. También aparece *Limoniastrum monopetalum* en las marismas del río Piedras.

Las marismas presentan además una gran riqueza ornitológica, constituyendo zonas de paso, cría e invernada para miles de aves europeas y africanas.

En las marismas del Tinto y Odiel cabe citar la presencia de la espátula (*Platalea leucorodia*), concretamente en Isla de Enmedio, donde nidifica; también destacan ardeidas, láridos y limícolas que utilizan este espacio como zona de refugio y alimentación durante la época invernal como la Garza Real (*Ardea cinerea*) que anida directamente sobre la vegetación del suelo, Chorlitejo patinegro (*Charadrius alexandrinus*) y Ánade Real (*Anas platyrhynchos*), entre otros. También son especialmente importantes las poblaciones de flamencos (*Phoenicopterus*) y la población invernante de Águila pescadora (*Pandion haliaetus*).

Las marismas del Piedras son lugar de invernada y paso para la espátula común, además de una importante zona para la reproducción, invernada y paso de muchas aves limícolas y otras especies de zonas húmedas. Cabe citar a especies sedentarias como la Cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*) y el Chorlitejo Patinegro (*Charadrius alexandrinus*), especies migradoras que utilizan este espacio para su reproducción como Aguilucho Lagunero (*Circus aeruginosus*), la Cigüeñuela Común (*Himantopus himantopus*) y otras invernantes como la Garceta Común (*Egretta garzetta*) y el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*), entre otras.

Debido a sus valores naturales, la mayor parte de estos espacios se encuentran protegidos bajo algún tipo de figura de protección dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA). Así, las marismas del río Piedras y la Flecha del Rompido y las marismas del Odiel se encuentran catalogadas como Paraje Natural; sobre estos espacios existen, además, otras figuras de protección como zona ZEPA en el caso de las marismas del río Piedras y humedal RAMSAR, además de zona ZEPA, en las marismas del Odiel.

Las aguas situadas sobre la plataforma continental, entre la costa y el talud, constituyen la llamada zona nerítica. El movimiento de estas aguas tiene una influencia importante en la dinámica costera, en la morfología de los fondos litorales y en las posibilidades de desarrollo de la vida en esta zona marina. Las diferencias de sustrato, la distinta importancia relativa de los aportes fluviales y la dinámica litoral condicionan las características biológicas y los recursos de los diferentes sectores.

▪ Modelo territorial

La Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras queda delimitada por el curso de los ríos Guadiana y Chanza al oeste y norte, al este por diversas estribaciones montañosas desde la Sierra de Aracena hacia el Océano Atlántico, que conforma el límite meridional. Geográficamente ocupa 4.761,82 km², que pertenecen en su práctica totalidad a la provincia de Huelva (98,0%), quedando únicamente una pequeña superficie, en las zonas de cabecera del río Tinto, perteneciente a los municipios de El Madroño y El Castillo de las Guardas, en la provincia de Sevilla (2,0%).

▪ Paisaje y ocupación del suelo

En la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras se pueden diferenciar claramente las siguientes unidades principales de paisaje:

Unidades de paisaje
Sierra de Aracena Oriental
Sierra de Aracena Occidental
Sierra de Nerva
Valle de la Rivera de Huelva
Laderas del Guadiamar en Sierra Morena
Alto Andévalo Occidental
Alto Andévalo Oriental
Bajo Andévalo en Valverde del Camino
Bajo Andévalo Centro-Occidental
El Andévalo en La Puebla de Guzmán
Campaña de Gerena-Trigueros
Campiñas del Condado
Llanos de Cartaya
Llanos Almonteños
Marismas del río Piedras
Marismas del Tinto y del Odiel
Costas dunares de Doñana

Tabla 3. Unidades de paisaje en la demarcación hidrográfica

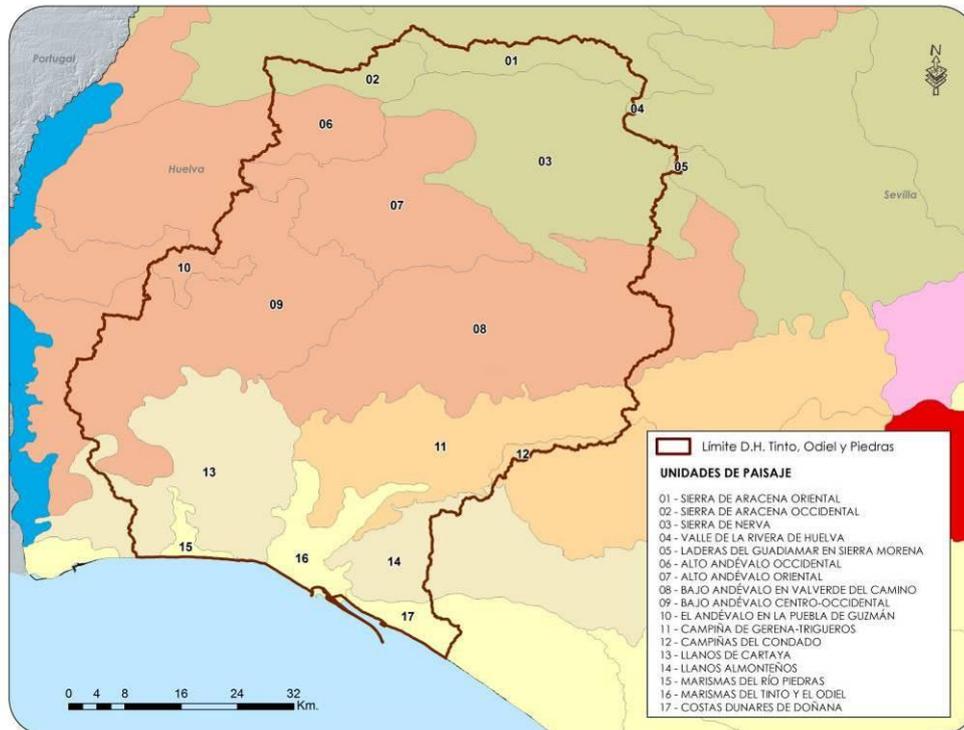


Figura 4. Categorías y áreas paisajísticas de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras

La información sobre ocupación del suelo está disponible a escala 1:25.000 para todo el territorio nacional a través del SIOSE (<http://www.siose.es/>). La información más reciente disponible (publicada en septiembre 2018) se refiere a datos de campo tomados en el año 2017.

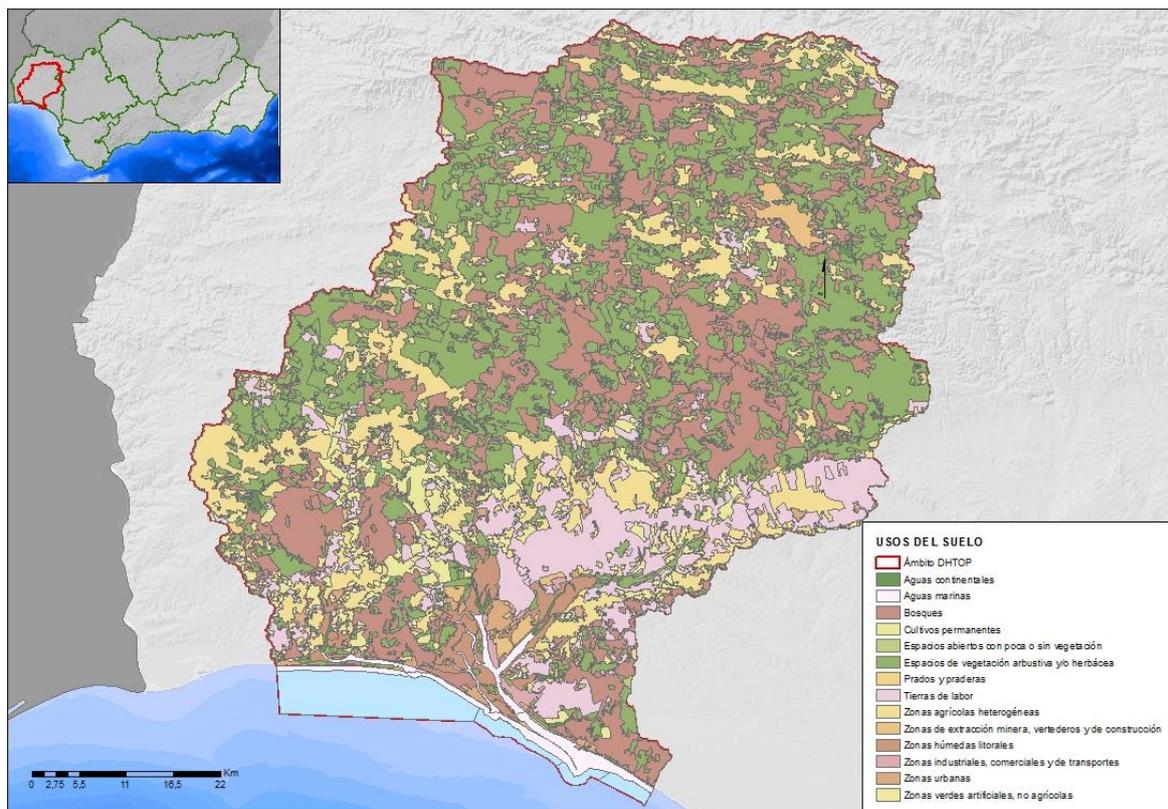


Figura 5. Categorías y áreas paisajísticas de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras

▪ Patrimonio hidráulico

La Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras cuenta con una serie de infraestructuras hidráulicas que conforman su patrimonio hidráulico, las cuales son titularidad de la Junta de Andalucía y están gestionadas desde la Dirección General de Infraestructuras y Explotación del Agua. Dichas infraestructuras quedaron recogidas en el *Real Decreto 1560/2005, de 23 de diciembre, sobre traspaso de funciones y servicios del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de recursos y aprovechamientos hidráulicos correspondientes a las cuencas andaluzas vertientes al litoral atlántico (Confederaciones Hidrográficas del Guadalquivir y del Guadiana)*. A continuación, se recoge una tabla resumen del número de infraestructuras hidráulicas existentes en la demarcación:

Tipo de infraestructura		Nº Elementos
Estaciones de tratamiento	EDARs	48
	ERADs	0
	ETAPs	19
Depósitos		38
Obras de regulación	Azudes	91
	Presas	52
	Volumen de embalse	232 Hm ³
Desaladoras		0
Puertos		2

Tabla 4. Infraestructuras hidráulicas patrimoniales en la demarcación hidrográfica

En total son 8 los embalses más importantes de la demarcación que se han incluido como masas de agua superficial clasificadas como muy modificadas (embalse), debido a sus características.

A continuación, se presenta un listado con las características más relevantes de los cuatro principales embalses.

Nombre	Masa de agua	Capacidad (Hm ³)	Superficie (km ²)	Uso	Año	Altura sobre cimientos (m)	Tipología
Piedras	ES064MSPF000206720	59,5	5,07	A,R	1968	40,0	Materiales sueltos con pantalla de hormigón
Los Machos	ES064MSPF000206680	12,0	1,36	A,R	1987	30,5	Materiales sueltos con pantalla de hormigón
Corumbel Bajo	ES064MSPF000206670	18,0	1,63	A,R	1987	31,5	Materiales sueltos con pantalla de hormigón
Jarrama	ES064MSPF000206710	42,6	4,34	I	1999	41,0	Materiales sueltos con núcleo de arcilla

Tabla 5. Principales embalses de la Demarcación. A: Abastecimiento., R: Riego, I: Energía

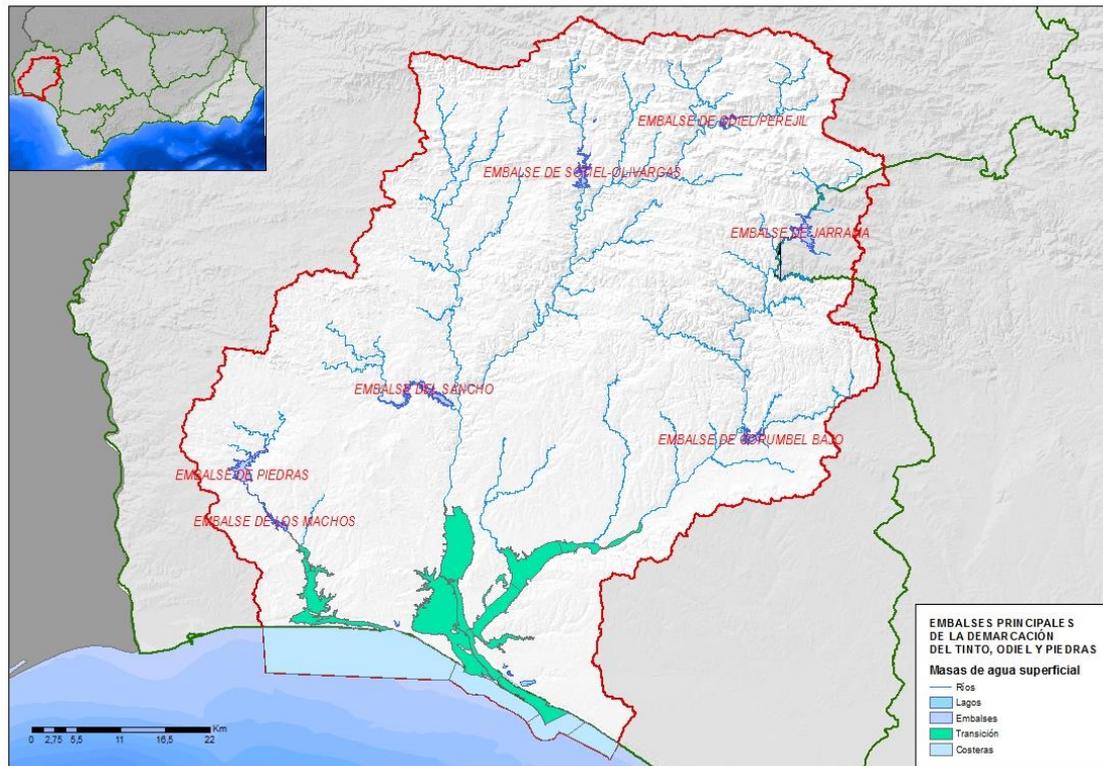


Figura 6. Situación de los principales embalses existentes en la demarcación

En la cuenca existe varias conducciones importantes que vertebran los distintos sistemas de distribución con el fin de satisfacer las demandas de la demarcación. En el siguiente cuadro se recogen algunas de las más importantes.

Origen	Destino	Longitud (km)	Diámetro (mm)
DEP. C.H.G. EN HUELVA	DEP. DE VALDEMARIA	11,33	1000
INTERSECCION URB. ROSALES	INTERSECCION CABEZO DEL ARAGONES	14,43	1600
EMBALSE CORUMBEL	ETAP DEL CONDADO	8	700

Tabla 6. Principales conducciones existentes en la Demarcación

Existen además otras muchas infraestructuras relevantes como son: grandes depósitos y bombeos, instalaciones de potabilización (ETAP), de depuración (EDAR), de regeneración de aguas depuradas (ERAD). A continuación, se recoge una tabla con estas infraestructuras.

Infraestructuras	
Trasvase Chanza-Piedras	Túnel de San Silvestre
	Canal del enlace dirigido al embalse del Piedras
Anillo Hídrico de Huelva	Canal del Piedras
	Sifón del Odiel
	Puente sifón de Santa Eulalia
	Sifón de vaciadero y salinas
	Galería forzada
	Depósitos de Huelva
	Ramal principal
	Ramal del Tinto
	Ramal de Punta del Sebo
	Puente del Tinto
	Ramal de Torrearenillas
	Ramal de la Calle A
	Cierre del anillo hídrico
	Bombeo del Nuevo Puerto
	Bombeo antiguo del Tinto
Depósitos Cruz del Término	
Bombeo nuevo del Tinto	

Tabla 7. Otras infraestructuras relevantes en la demarcación

▪ Estadística climatológica e hidrológica

De los grandes tipos climáticos identificables en el territorio andaluz, en la Demarcación se pueden encontrar los siguientes:

- Clima mediterráneo oceánico: localizado en el litoral desde la desembocadura del Guadiana hasta el límite con la demarcación del Guadalquivir. El Océano Atlántico suaviza las temperaturas durante el curso del año, creando noches menos frías y días más templados con gran humedad en el ambiente.
- Clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos: que abarca la zona de la Sierra de Huelva, y que se caracteriza por un clima extremado, con veranos cálidos e inviernos muy fríos con un alto número de heladas, impuesto por los relieves circundantes y la altitud.
- Clima mediterráneo subcontinental de veranos cálidos que se extiende básicamente por la vega de Huelva entre el litoral y la sierra y cuyas características más importantes son temperaturas medias anuales elevadas con inviernos frescos, y veranos muy cálidos. Las precipitaciones oscilan entre los 500 y 700 litros anuales con máximos en primavera y otoño.

Sobre este territorio se desarrolla un clima que se puede clasificar como mediterráneo subhúmedo de tendencia atlántica. En el régimen pluviométrico de la zona, desempeña un papel decisivo la formación de gotas frías al SO de la península o sobre el área del estrecho de Gibraltar.

A continuación, se recogen los valores estadísticos de precipitaciones y escorrentía por zonas de la demarcación para el periodo 1940/41-2017/18.

Zona	Media aritmética	Máximo	Mínimo	Desv. Típica	Coef. Variación	Coef. sesgo
Sierra de Huelva	890,57	1.463,40	439,52	240	0,27	0,23
Cuenca Minera	770,04	1.300,73	317,28	219	0,28	0,19
Condado de Huelva	644,56	1.108,07	270,59	205	0,32	0,27
Costa de Huelva-Andévalo	598,96	1.067,01	262,02	182	0,30	0,30
Demarcación	679,65	1.156,11	299,18	197	0,29	0,27

Tabla 8. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1940/41-2017/18

Como se puede apreciar, el valor medio de precipitación en la demarcación es de 680 mm para el periodo analizado, alcanzándose los valores más elevados en el ámbito de la Sierra de Huelva.

La escorrentía total obtenida a partir de los resultados del SIMPA para el periodo analizado es de 147 mm/año (702 hm³/año) en el conjunto de la demarcación, con valores máximos de 3.539 hm³/año en la Sierra y mínimos de 1,40 en el ámbito del Condado.

Zona	Media aritmética	Máximo	Mínimo	Desv. Típica	Coef. Variación	Coef. sesgo
Sierra de Huelva	1.313,69	3.539,76	77,24	205,49	0,64	0,51
Cuenca Minera	913,35	2.932,64	5,28	173,10	0,77	0,70
Condado de Huelva	587,40	2.200,74	1,40	112,67	0,94	1,35
Costa de Huelva-Andévalo	489,69	1.980,61	17,87	133,98	0,93	1,05
Demarcación	702,18	2.352,82	31,56	137,00	0,80	0,95

Tabla 9. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm³/año). Serie 1940/41-2017/2018

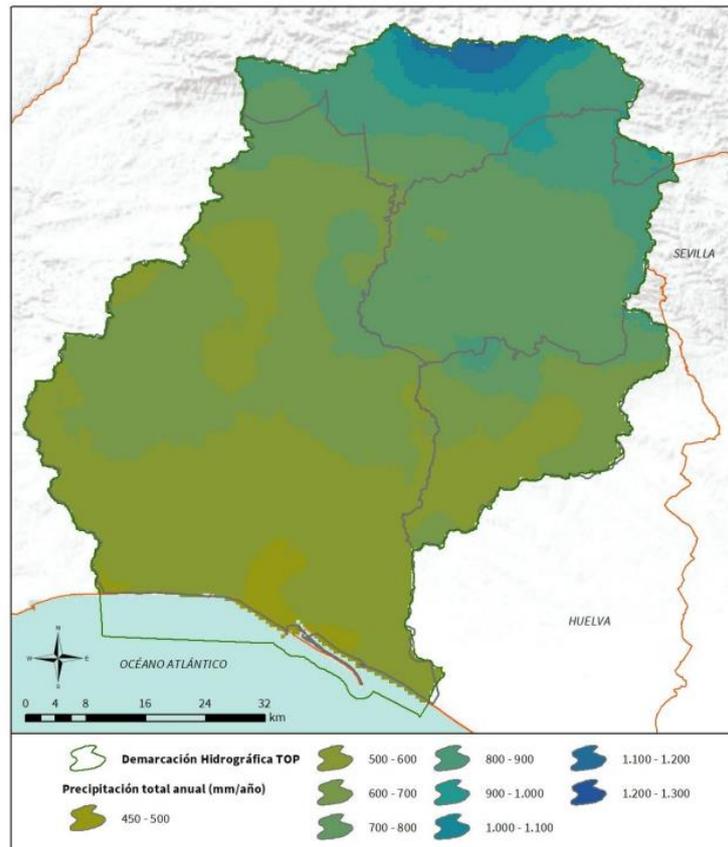


Figura 7. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) para el período 1940/41-2017/18)

La distribución espacial de las precipitaciones pone de manifiesto que el valor de la precipitación media varía uniformemente en el sentido SO-NE, desde los 400 mm que se registran entre el embalse del Chanza y la desembocadura en Ayamonte, hasta los 1.200 mm correspondientes a las estribaciones de la Sierra de Aracena. La precipitación media de este sector se sitúa en torno a los 700 mm/año. En cuanto a la distribución mensual de las precipitaciones, durante el período estival, la carencia de lluvias es casi total, concentrándose las mismas en el período octubre-abril, con máximos en los meses de enero y febrero.

La precipitación total anual en la demarcación se encuentra en torno a los 680 mm, o lo que es lo mismo, 3.007 hm³/año, como media de los valores de la serie registrada en la red de pluviómetros existentes con datos desde el año 1940, oscilando entre valores máximos de 1.017 mm (año hidrológico 1962/1963) en los años más húmedos y mínimos de 315 mm (año hidrológico 2004/2005) en los años más secos (según datos del modelo SIMPA).

1.4 Resultados de la EPRI del Primer ciclo

La Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) del primer ciclo fue el primero de los trabajos que como estado miembro de la Unión Europea se elaboró en cumplimiento de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundaciones, correspondiendo a la Administración Hidráulica de la Junta de Andalucía la elaboración y aprobación de la evaluación de las cuencas intracomunitarias andaluzas y al Estado las intercomunitarias.

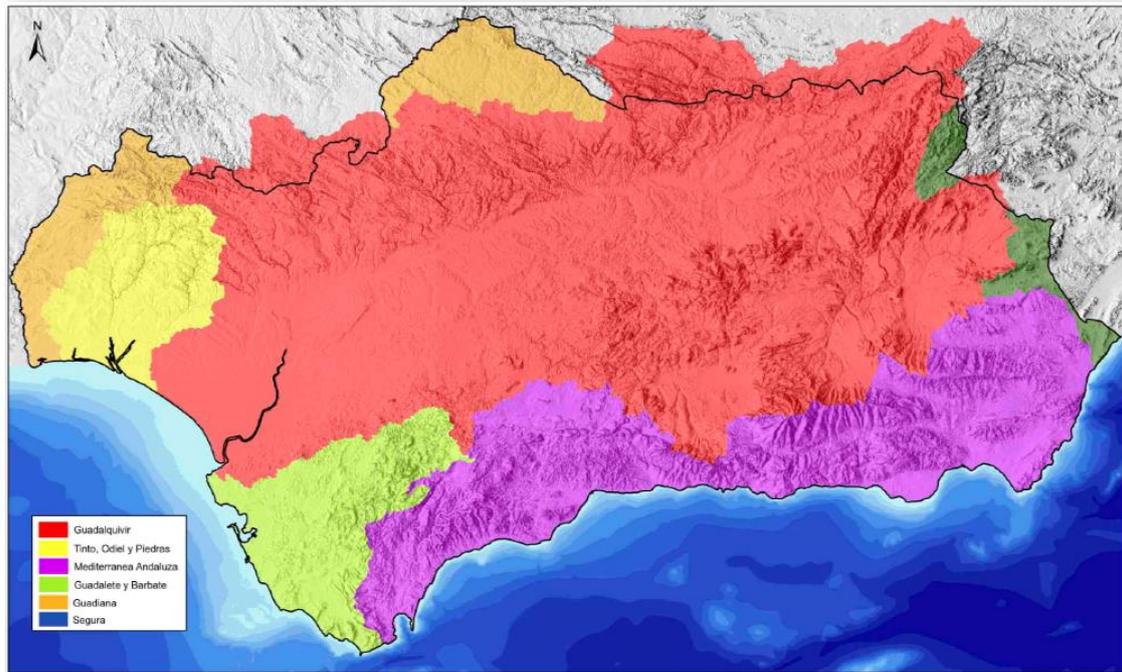


Figura 8. División del territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía en demarcaciones hidrográficas

De acuerdo con lo establecido en la citada Directiva, su objetivo era el establecimiento de un marco común europeo para la gestión de las inundaciones para reducir las consecuencias negativas de los riesgos de inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica en la Comunidad Europea.

Esta primera Evaluación Preliminar, aprobada por Orden de la entonces Consejería de Medio Ambiente de 23 de abril de 2012 (BOJA nº 97, de 18 de mayo de 2012), identificó las primeras áreas de la demarcación donde se consideró que existía un riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) constado por episodios de inundaciones acreditadas en diversas fuentes de información y registros (Inventario Nacional de Inundaciones Históricas, PCAI, etc.) o en las cuales dicho riesgo podía considerarse probable a través de los estudios existentes, considerando también el potencial impacto del cambio climático en la evolución y frecuencia de las inundaciones.

Su ámbito de aplicación se estableció en 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, quedando fuera de su alcance las inundaciones producidas por la ausencia o la falta de capacidad de las redes de alcantarillado de los núcleos de población.

Como resultado de esta primera Evaluación Preliminar se identificaron en esta demarcación tres ARPSIs fluviales, constituidas por 29 tramos de cauces que alcanzaban una longitud aproximada de 162,3 kilómetros, cuya relación es la siguiente:

ARPSI	Tramos	Longitud Km
ARPSI PIEDRAS	Río Piedras, aguas abajo de la Presa del Piedras hasta desembocadura	29,94
	Arroyo Puentezuelo	1,91
	Arroyo Pilar	3,14
	Arroyo Rivera	1,48
	Arroyo Valsequillo	1,43
	Arroyo Regajo 2	0,78
	Arroyo Regajo 3	0,91
	Arroyo Regajo 5	1,80
	Arroyo Lepe	3,07
	Barranco La Vera	1,19
	Barranco Fraile	5,25
	Caño La Culata	2,76
	ARPSI ODIEL	Arroyo Valdeclaras
Arroyo El Redondel		4,14
Estero del Colmenar		9,05
Arroyo Chorrillo del Valle		4,92
Arroyo Domingo Negro		6,56
Arroyo Coronillas		1,39
Arroyo La Bocina		1,55
Arroyo Tejar		2,52
Río Odiel, desde Gibraleón hasta desembocadura		22,74
ARPSI TINTO		Rivera Nicoba
	Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura	15,15
	Arroyo Las Cabañas	4,22
	Arroyo San José	5,59
	Caño La Rivera de Niebla	2,87
	Arroyo Valcasao	1,23
	Arroyo Montemayor	5,72
	Estero Domingo Rubio	4,27

Tabla 10. Relación de ARPSIS fluviales declaradas en el Primer Ciclo

Por su parte, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, como Administración competente, realizó los estudios específicos de evaluación del riesgo de inundación por el mar en las zonas costeras, definiendo una ARPSI costera, constituida por cinco tramos de costa:

- Playa de la Antilla
- El Portil
- Playa de Punta Umbría
- El Cerrito (Punta Umbría)
- Playa del Alcor



Figura 9. Localización de las Arpsis costeras declaradas en el primer ciclo

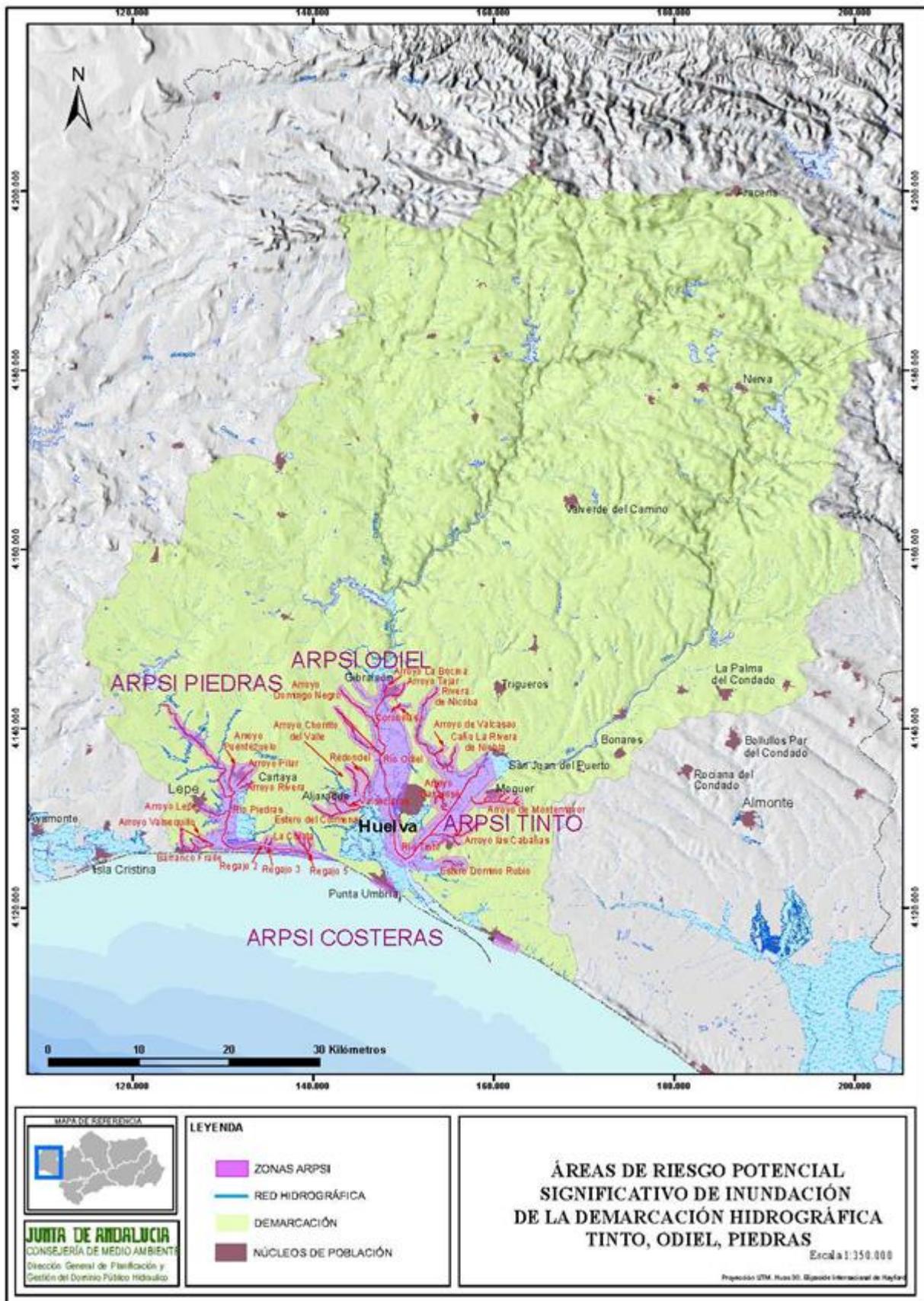


Figura 10. Localización de las Arpsis fluviales y costeras declaradas tras la aprobación de la Evaluación preliminar del primer ciclo en la demarcación del Tinto, Odiel y Piedras

1.5 Resultados de la EPRI del Segundo Ciclo

En 2018 se inició el proceso de revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Para la realización de esta revisión, se consideraron tres posibles categorías en función de los orígenes de las inundaciones: **Inundaciones fluviales**, derivadas del desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes continuas o intermitentes, **Inundaciones pluviales**, producidas como resultado de altas intensidades de precipitación producidas “in situ” e **Inundaciones debidas al mar**, derivadas del incremento de la cota del mar en la costa y la consiguiente propagación aguas adentro, en temporales marítimos. Respecto a los trabajos de evaluación del riesgo de inundaciones pluviales del ciclo anterior, en la DH del Tinto, Odiel y Piedras se identificaron cuatro ARPSIs que presentaban afección por este tipo de riesgo: ES064_ARPS_0003 - Arroyo Pilar (Piedras); ES064_ARPS_0009 - Arroyo Lepe (Piedras); ES064_ARPS_0010 - Barranco La Vera (Piedras); y ES064_ARPS_0021 - Río Odiel, desde Gibraleón hasta desembocadura (Odiel), aunque no se designó ninguna ARPSI de origen solo pluvial.

El proceso de revisión y actualización de las Arpsis fluviales de la Demarcación se realizó considerando los siguientes criterios:

1. En primer lugar, se revisó la cartografía de zonas inundables en tramos que habían quedado fuera de los ámbitos inicialmente declarados como ARPSIs, procediéndose a una modificación de los ámbitos que se declararon en el ciclo anterior para ajustarlos mejor al alcance del riesgo de inundación, incluyendo zonas vulnerables que hubiesen quedado fuera.
2. En segundo lugar, se comparó la distribución espacial de las inundaciones ocurridas en el periodo 2011-2017 con la distribución de las ARPSIs para identificar ámbitos fuera de ARPSIs en los que se hubiesen producido daños significativos. Para completar la información histórica se realizó también un estudio de hemeroteca para el intervalo temporal 2011-2017 al quedar fuera del período de actualización del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas. Las fuentes de información utilizadas para completar el registro de inundaciones durante dicho período fueron los datos procedentes del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), al contar con un registro sistemático, completo, cuantificado y actualizado. La información proporcionada por el Consorcio incluye todos los datos de siniestros (expedientes) asociados a inundaciones extraordinarias producidas en el periodo 2005-2017 a nivel de cada provincia, recogiendo, entre otros datos, la fecha del siniestro, localización (código postal, municipio/población, provincia y autonomía), causa (tipo de siniestro) y riesgo (bien afectado) con los cuales se elaboró una cartografía de siniestros a nivel de códigos postales. Otras fuentes de información fueron la actualización del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH) de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, a través de su plataforma web, y los Planes Especiales de Protección Civil ante el riesgo de inundación, donde es posible encontrar identificadas zonas de riesgo por precipitación “in situ”, o una recopilación de inundaciones históricas.
3. En tercer lugar, se tomó en consideración la información facilitada por las autoridades de Protección Civil y el Consorcio de Compensación de Seguros, indicando tramos de ríos en los que a su juicio existe riesgo de inundaciones o se haya abierto expedientes de daños.

Como resultado del proceso antes descrito, en total se catalogaron 29 ARPSIS, desagregándolas por tramos entre los cauces principales y sus afluentes, pero no se declaró ninguna ARPSI fluvial nueva, por lo que la relación de tramos ARPSIS tras la revisión de la Evaluación preliminar del segundo ciclo (recogida en la siguiente Tabla) se mantuvo sin cambios, con una longitud total de 162,3 km.

CODIGO ARPSI	DENOMINACIÓN	LONGITUD m
ARPSI DEL RIO PIEDRAS		
ES064_ARPS_0001	Río Piedras, aguas abajo de la Presa del Piedras hasta desembocadura	29943,62
ES064_ARPS_0002	Arroyo Puentezuelo	1913,41
ES064_ARPS_0003	Arroyo Pilar	3144,48
ES064_ARPS_0004	Arroyo Rivera	1487,07
ES064_ARPS_0005	Arroyo Valsequillo	1433,33
ES064_ARPS_0006	Arroyo Regajo 2	782,74
ES064_ARPS_0007	Arroyo Regajo 3	910,07
ES064_ARPS_0008	Arroyo Regajo 5	1806,92
ES064_ARPS_0009	Arroyo Lepe	3073,61
ES064_ARPS_0010	Barranco La Vera	1193,12
ES064_ARPS_0011	Barranco Fraile	5251,27
ES064_ARPS_0012	Caño La Culata	2761,64
ARPSI DEL RIO ODIEL		
ES064_ARPS_0013	Arroyo Valdeclaras	2398,28
ES064_ARPS_0014	Arroyo El Redondel	4142,45
ES064_ARPS_0015	Estero del Colmenar	9059,37
ES064_ARPS_0016	Arroyo Chorrito del Valle	4921,81
ES064_ARPS_0017	Arroyo Domingo Negro	6565,40
ES064_ARPS_0018	Arroyo Coronillas	1394,62
ES064_ARPS_0019	Arroyo La Bocina	1550,51
ES064_ARPS_0020	Arroyo Tejar	2522,57
ES064_ARPS_0021	Río Odiel, desde Gibrleón hasta desembocadura	22747,35
ARPSI DEL RIO TINTO		
ES064_ARPS_0022	Rivera Nicoba	14250,53
ES064_ARPS_0023	Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura	15157,57
ES064_ARPS_0024	Arroyo Las Cabañas	4228,07
ES064_ARPS_0025	Arroyo San José	5593,78
ES064_ARPS_0026	Caño La Rivera de Niebla	2870,76
ES064_ARPS_0027	Arroyo Valcasao	1239,66
ES064_ARPS_0028	Arroyo Montemayor	5728,63
ES064_ARPS_0029	Estero Domingo Rubio	4271,12

Tabla 11. Relación de ARPSIS fluviales declaradas en el Segundo Ciclo

En cuanto a las Arpsis costeras, tras la publicación de los mapas de peligrosidad y riesgo de las mismas, se comprobó que en la ARPSI ES064_ARPS_0034 “Playa del Alcor” no existían elementos vulnerables en riesgo de inundación, por lo que tras la información suministrada por el Ministerio se descatalogó en el segundo ciclo, quedando conformada por cinco áreas, cuyos datos se recogen en la siguiente Tabla:

CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI	Sup m ²	Perímetro m	Longitud m
ES064_ARPS_0030	Arpsi Costera	Playa de La Antilla	992889,03	5608,51	2292,37
ES064_ARPS_0031	Arpsi Costera	El Portil	417510,30	3133,73	1154,13
ES064_ARPS_0032	Arpsi Costera	Playa de Punta Umbria	1192033,16	6873,01	2826,05
ES064_ARPS_0035	Arpsi Costera	Desembocadura del Río Piedras	1126653,92	9935,88	7663,94
ES064_ARPS_0036	Arpsi Costera	Desembocadura de los Ríos Tinto y Odiel	3518445,42	60080,87	29727,72

Tabla 12. Relación de ARPSIS costeras declaradas en el Segundo Ciclo

La revisión y actualización de la EPRI para el segundo ciclo, actualmente vigente, fue aprobada por Orden de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de 11 de enero de 2021 (BOJA nº 9, de 15 de enero de 2021). La documentación relativa al procedimiento de revisión y actualización está publicada en el portal ambiental de Andalucía en la siguiente dirección: <https://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/agua/inundaciones/segundo-ciclo-2021-2027/evaluacion-preliminar-riesgo>

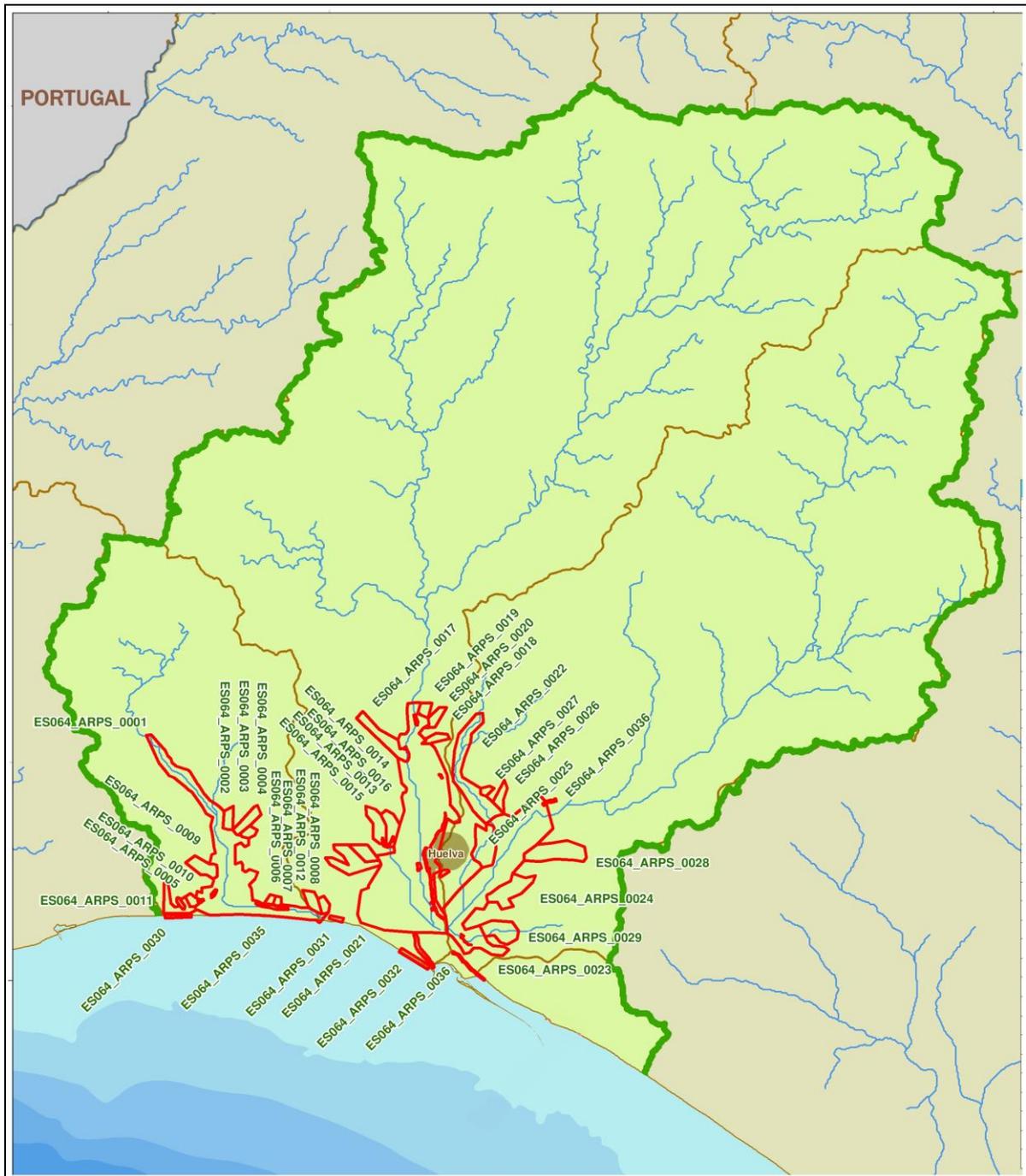


Figura 11. Distribución de las Arpsis fluviales y costeras del 2º ciclo en la demarcación del Tinto, Odiel y Piedras

1.6 Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del Tercer 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 y plazos de entrega de la documentación por parte de los Estados miembros a la Comisión Europea de cara a evaluar su grado cumplimiento. Esto permite que las autoridades europeas realicen de manera periódica una evaluación de la implantación de la Directiva de Inundaciones en sus diferentes fases y en cada uno de los Estados miembros de la Unión Europea. Entre otros aspectos, se evalúa el cumplimiento de la Directiva, cómo se han tenido en cuenta sus disposiciones y las recomendaciones de los distintos organismos, el grado de implantación, mejores prácticas, y oportunidades de mejora.

En relación con los documentos relativos a la Evaluación Preliminar del segundo ciclo, la Comisión Europea, tras analizar la información aportada por los Estados miembros ha emitido un informe general para el conjunto de la Unión, y unos informes individualizados por país, en los que se ponen de manifiesto los aspectos más destacables de los documentos analizados y se propone una serie de recomendaciones de cara al desarrollo del siguiente ciclo.

El informe general de la Comisión Europea relativo a las evaluaciones preliminares del riesgo de inundación del ciclo anterior, así como los informes específicos de cada Estado miembro fueron elaborados en diciembre de 2021 y se pueden consultar a través del siguiente enlace:

http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/overview.htm

El informe de valoración efectuado por la Comisión sobre las evaluaciones preliminares del riesgo de inundación del segundo ciclo realizadas por los Estados miembros es en general positivo. Con respecto al ciclo anterior, la mitad ha mejorado la recopilación de datos o las metodologías de las evaluaciones preliminares del riesgo de inundación. A pesar de que se ha intensificado el discurso en torno a las inundaciones en zonas urbanas y al aumento del nivel del mar, la fuente de grandes inundaciones registrada en la UE con más frecuencia (dos tercios del total) siguen siendo las inundaciones fluviales. En la inmensa mayoría de los Estados miembros hay pruebas, y en algunos casos pruebas fehacientes, de que se están estudiando las consecuencias de las futuras inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. La atención al medio ambiente y al patrimonio cultural parece haber aumentado desde el primer ciclo, ya que el porcentaje de zonas de riesgo de inundación potencialmente significativo en las que el medio ambiente y el patrimonio cultural no se consideraron pertinentes se redujo unos diez puntos porcentuales.

La situación relativa al registro de los efectos de las inundaciones es más clara en comparación con el primer ciclo, puesto que casi dos tercios de los Estados miembros han desarrollado una metodología clara para la evaluación de las inundaciones pasadas. Sin embargo, en el 60% de las cuencas fluviales de la UE no se dispone de datos sobre los costes de los daños por inundaciones. Por lo tanto, hay margen de mejora, dado que la recopilación de estos datos ayuda a calcular los costes y beneficios y a priorizar las medidas. La evolución a largo plazo (socioeconómica, de infraestructuras, de usos del suelo) se ha tenido en cuenta en la mayoría de los Estados miembros, pero con distinto nivel de rigor. También existen pruebas de que todos los Estados miembros han tenido en cuenta el cambio climático en sus evaluaciones preliminares, lo que supone una mejora con respecto al primer ciclo, en el que seis

Estados no habían tenido en cuenta el cambio climático y otros cinco no tenían claro su posible impacto.

Respecto a la evaluación de los documentos EPRI de las demarcaciones hidrográficas españolas las principales conclusiones de la Comisión Europea son las siguientes:

1. Desde el punto de vista metodológico, las autoridades estatales garantizan la aplicación de la Directiva de Inundaciones, estableciendo una serie de directrices, seguidas rigurosamente por los organismos de cuenca. Toda la información necesaria ha sido reportada a la Comisión.
2. Se ha realizado una EPRI para cada demarcación hidrográfica, elaborándose mapas a una escala adecuada, incluidos los límites de las cuencas fluviales y las zonas costeras, cuando procede. Estos mapas muestran la topografía y, no en todos los casos, el uso del suelo. Podrían incluirse las potenciales extensiones de inundación y de acumulación de flujo, así como evaluar claramente los impactos adversos que se han supuesto.
3. Todos los tipos de inundación requeridos por el artículo 2.1. de la Directiva han sido incluidos en la evaluación.
4. Todos los aspectos requeridos en el artículo 4 de la Directiva han sido considerados en las EPRI. Desde el punto de vista metodológico, se ha desarrollado e implementado una sistemática para identificar las inundaciones pasadas que tuvieron impactos adversos significativos y para detectar las inundaciones importantes pasadas que, de repetirse, podrían tener efectos adversos importantes, así como potenciales inundaciones futuras. Sin embargo, sería conveniente ahondar en la homogeneización de criterios para su selección y recogerlos en los documentos de referencia correspondientes.
5. Para la consideración de la potencial influencia del cambio climático sobre el riesgo de inundación, se ha llevado a cabo un importante estudio a nivel nacional con el apoyo de distintos sectores (administraciones hidráulicas, grupos científicos, etc.).
6. La coordinación internacional con Portugal se rige por el Convenio de Albufeira y con Francia por el Acuerdo de Toulouse (habiéndose remitido las correspondientes EPRI a ambos países).

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

1. Información relativa al contexto del Estado miembro

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

El informe refiere que el número de demarcaciones hidrográficas en España no ha variado desde el primer ciclo, siendo 25 las cuencas en que se organiza la red hidrográfica española, sobre las que se han identificado 1.451 ARPSIs. De las 25 demarcaciones hidrográficas, 8 son internacionales (4 compartidas

con Portugal, 2 con Francia, 1 con Andorra y 2 con Marruecos), y otras 8 se corresponden con islas o agrupaciones de islas. Tampoco variaron las Autoridades Competentes durante el segundo ciclo.

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

2. Tipos de inundación considerados

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

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

3. Aspectos analizados en la aplicación del artículo 4.2 (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

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

consideran un número muy reducido, y también se aplican sistemas de ponderación de forma muy heterogénea.

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

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

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.

6. Coordinación internacional

En sus informes de segundo ciclo, los Estados miembros deben proporcionar información sobre la metodología o proceso seguido para el intercambio internacional de información sobre las ARPSI que cruzan fronteras internacionales.

Desde el primer ciclo se mantienen las mismas comisiones bilaterales para aguas transfronterizas designadas en el marco de acuerdos de cooperación con países vecinos: Convenio de Albufeira (para las cuencas compartidas con Portugal) y Acuerdo de Toulouse (en las compartidas con Francia).

1.7 Coordinación internacional

En España existen ocho demarcaciones hidrográficas internacionales cuya gestión corresponde a la Administración General del Estado, afectando al territorio andaluz una de ellas: la demarcación del Guadiana. Los mecanismos establecidos para la coordinación internacional en la elaboración de la EPRI y la identificación de ARPSIs en estos ámbitos transfronterizos se basan en la constitución de Comisiones bilaterales para aguas transfronterizas designadas en el marco de acuerdos de cooperación entre países vecinos. En el caso de las aguas entre España y Portugal, el Convenio de Albufeira tiene por objeto la definición de un marco de cooperación entre las partes para la protección de las aguas superficiales y subterráneas y de los ecosistemas acuáticos y terrestres directamente dependientes de ellos, de forma que se consiga un aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas hispano-portuguesas.

Para alcanzar estos objetivos, las partes establecen un mecanismo de cooperación que se concreta en las siguientes actividades:

- Intercambio de información regular y sistemático sobre las materias objeto del Convenio, así como las iniciativas internacionales relacionadas con éstas.
- Consultas y actividades en el seno de los órganos instituidos por el Convenio.
- Adopción, individual o conjuntamente, de las medidas técnicas, jurídicas, administrativas u otras, necesarias para la aplicación y desarrollo del Convenio.

En el marco del convenio y su órgano técnico, la Comisión para la Aplicación y el Desarrollo del Convenio (CADC), existen cuatro grupos de trabajo que se ocupan de los siguientes temas: (1) el régimen de caudales, sequías y situaciones de emergencia, (2) intercambio de información, (3) seguridad de infraestructuras y avenidas, y (4) Directiva Marco del Agua y calidad de las aguas.

2 Metodología y fuentes de información para la revisión y actualización de la EPRI

La propuesta de revisión y actualización de la EPRI para el tercer ciclo utiliza como base de partida los resultados de la EPRI elaborada en la primera fase del segundo ciclo (marzo 2019), procediéndose a la actualización de la información relacionada con los criterios tenidos en cuenta en la EPRI anterior y la inclusión de otros nuevos. Siguiendo el proceso metodológico llevado a cabo en el ciclo anterior, para esta actualización se ha realizado un trabajo exhaustivo que ha comprendido las siguientes tareas:

- En primer lugar, se ha revisado la cartografía existente de zonas inundables y se ha comprobado si existen ámbitos inundables con una concentración significativa de elementos vulnerables que justifiquen la ampliación de ARPSIs ya existentes o la declaración de nuevas ARPSIs. También se han incluido dentro de este análisis aquellos ámbitos en los que el riesgo se ha incrementado de forma significativa como consecuencia de los cambios producidos en los usos del suelo en los últimos años o del desarrollo de nuevas infraestructuras viarias que suponen un obstáculo al flujo de las avenidas.
- Se han identificado los eventos de inundación con impacto significativo que se han producido durante los seis años de vigencia del ciclo anterior comprobándose si existen zonas afectadas por tales eventos que no estén declarados ARPSIs, confrontándose con los datos reportados por el Consorcio de Compensación de Seguros para comprobar la magnitud de los daños,
- Se ha procedido al reajuste de algunos ámbitos Arpsi para una mejor redistribución de las zonas inundables cuando se han visto afectados por la declaración de nuevas Arpsis contiguas o en tramos aguas arriba de las ya existentes,
- Se han incluido nuevos tramos como resultado de la actualización de los estudios sobre los posibles efectos del cambio climático en las inundaciones considerando la presencia de usos vulnerables y los cambios observados en los usos del suelo que supongan un incremento de la vulnerabilidad,
- Se ha tenido en consideración las solicitudes de propuestas de inclusión de nuevas áreas de riesgo presentadas por las administraciones locales durante los períodos de alegaciones del ciclo anterior, una vez evaluada su oportunidad a raíz de la información aportada,
- También se ha tenido en consideración aquellas propuestas de ampliación o declaración basadas en el juicio experto y la experiencia acumulada por el personal técnico de otras administraciones competentes en materia de gestión del riesgo de inundación.

Finalmente, una vez recogidos todos los datos y propuestas de tramos a incluir en la relación de ARPSIs de la demarcación, se realiza una valoración específica de cada propuesta de modificación/inclusión donde se especifican los criterios de revisión que cumple cada una de ellas para así finalmente, determinar la propuesta definitiva de ARPSIS del tercer ciclo, que se recoge en el Apartado 4.

En el marco de la revisión y actualización de la EPRI realizada en el ciclo anterior, se estableció una agrupación de las inundaciones en función de su origen 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 por las altas intensidades de precipitación, que pueden provocar daños “in situ” y que evolucionan y derivan a su vez en inundaciones significativas cuando la escorrentía se concentra en corrientes de pequeña magnitud y producir desbordamientos. Como se ha comentado con anterioridad, de acuerdo 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.

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

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

2.1 Resumen de los eventos de inundación ocurridos en el período 2017-2023

El registro de inundaciones históricas es una fuente de información relevante sobre la problemática de las inundaciones, pues muestra aspectos concretos de los procesos que intervienen durante estos episodios; permiten caracterizar el comportamiento de la pluviometría y de la red hídrica en situaciones extremas para periodos de tiempo superiores a los habitualmente registrados por los pluviómetros y estaciones de aforo y valorar su impacto en términos de daños a la población residente en las zonas afectadas, pérdidas económicas y daños sobre infraestructuras sensibles o estratégicas. Sin embargo, esta información adolece de una gran heterogeneidad de datos; no se dispone de datos para todas las variables y en cuanto a su origen no distingue la tipología de inundación (pluvial, fluvial, etc.), por lo que es un instrumento que necesita ser mejorado con criterios más precisos y homogéneos respecto a la información recopilada, contenidos, parámetros e indicadores comunes, para convertirlo en registro sistematizado de resultados más objetivos y comparables entre las zonas afectadas en las diferentes demarcaciones hidrográficas. Tras asumir la Dirección General del Agua del MITERD la elaboración y actualización del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas Significativas, que ha venido realizando la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior, el

MITERD se encuentra trabajando actualmente en la elaboración de una metodología para la inclusión de los eventos de inundación producidos desde el año 2017 en el citado catálogo.

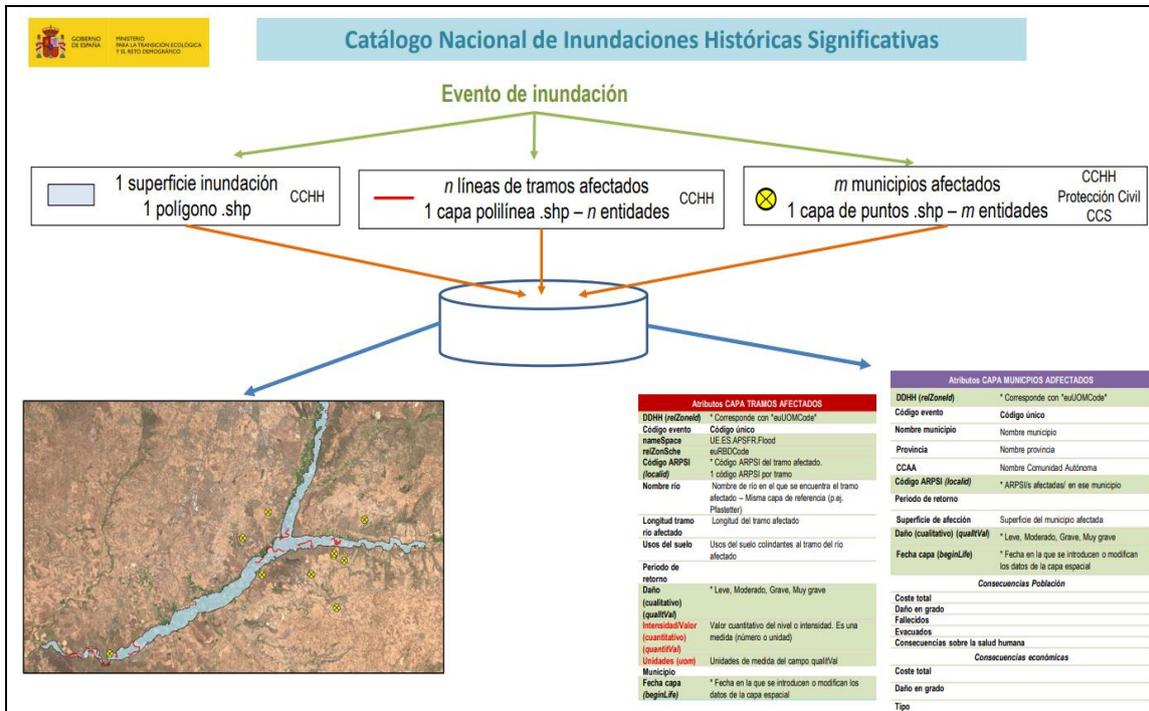


Figura 12. Metodología propuesta por el MITERD para la recopilación de información sobre los eventos de inundación extraordinarios a incluir en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas Significativas

De acuerdo con el artículo 4.2(b) de la Directiva Europea de Inundaciones, las administraciones de los estados miembros deben proporcionar una descripción de inundaciones pasadas en las que se hayan producido “impactos adversos significativos” que pueden volver a ocurrir, empleando para ello criterios tales como: extensión del área inundada, ciudadanos afectados, edificios afectados, área comercial, importes de los daños o de la compensación, infraestructuras afectadas, afección a bienes comunitarios, etc.

En la metodología de elaboración de este inventario de eventos significativos se ha prestado especial interés sobre aquellas variables de mayor interés para la EPRI, como son la fecha del episodio, la localización geográfica de la zona afectada, el origen de la información, una descripción de los hechos, así como la relación de daños registrados desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, cuando se ha podido disponer de datos más precisos. Las consecuencias adversas de estos episodios históricos de inundación se valoran en función de diversas categorías de daño: fallecidos o heridos (si es el caso), número de viviendas, afección a la industria, a redes de transporte, suministro eléctrico, interrupciones de servicios básicos (hospitales, colegios, servicios municipales, etc.) y otros daños económicos.

Tabla 13. EPISODIOS DE INUNDACIÓN CON IMPACTO SIGNIFICATIVO OCURRIDOS EN LA DH DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS EN EL PERÍODO 2017-2023

Fecha	TM/Zona afectada	Origen de la información	Tipo de inundación	Cauce afectado (Longitud)	Superficie afectada	Descripción	Relación de daños
27/04/2017	Huelva capital	Medios de comunicación/CCS	Pluvial/costera	-	-	Inundaciones por precipitaciones intensas en Huelva desde la madrugada del 28 de abril.	Los daños más importantes se produjeron en la barriada de Santa Lucía, límite con las marismas del Odiel, provocando graves daños materiales en numerosas viviendas. El importe de las indemnizaciones sufragadas por los seguros ascendió a 1,1 millones de euros.
18/11/2018	Lepe, Cartaya, Huelva, Punta Umbría y San Juan del Puerto	Medios de comunicación	Pluvial/Fluvial	Varios sin concretar	-	Inundaciones en diversos municipios de la costa de Huelva, provocadas por las fuertes lluvias de la madrugada del 19 de noviembre con valores de aproximadamente 30 litros por metro cuadrado en una hora.	Se registran inundaciones en varias calles de Lepe, así como en la barriada de Los Pescadores, en La Antilla. Tuvieron que ser desalojadas personas mayores de los bajos de algunas viviendas por los niveles alcanzados y se produjeron numerosas anegaciones puntuales de plantas bajas, sótanos de locales, viviendas y garajes.
19/12/2019	Nerva	Medios de comunicación/ Ayuntamiento de Nerva	Pluvial/Fluvial	Arroyo de Santa María (1060m)	83.000 m ²	Lluvias intensas de 94 l en 24 horas que provocaron el desbordamiento del Arroyo Santa María desde el inicio del casco urbano movilizándolo una gran cantidad de materiales sólidos (lodos y restos vegetales). La riada atravesó la población de norte a sur a través del casco urbano recorriendo las calles Castelar y Avenida de la Reu hasta enlazar con la Avenida de Andalucía.	La riada alcanzó una altura de hasta 1,5 m en algunas calles. Resultaron afectados unos 200 inmuebles, 80 de ellos viviendas, garajes y el resto comercios y equipamientos públicos de diversa naturaleza: ayuntamiento, Museo, teatro municipal, Pabellón de deportes, Almacén municipal, Hogar del pensionista, Servicio de Empleo y Casa de la Juventud, así como el Parque urbano Sor Modesta.
23/09/2021	T.M. de Lepe y Cartaya	Medios de comunicación/CCS	Pluvial/Fluvial	Arroyo del Pilar, en Cartaya (1300 m) Arroyos del Pozo del Pilar y de la Gaga en Lepe (1700 m)	-	Inundaciones con daños significativos provocados por el desbordamiento de los cauces soterrados que atraviesan ambas poblaciones al paso de una DANA	Afecciones a varios colegios, numerosas calles de la población, plantas de envasado de fresas, etc. por entrada en carga del tramo soterrado. El importe de las indemnizaciones sufragadas por los seguros fue de 22,95 millones de euros en

Tabla 13. EPISODIOS DE INUNDACIÓN CON IMPACTO SIGNIFICATIVO OCURRIDOS EN LA DH DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS EN EL PERÍODO 2017-2023

Fecha	TM/Zona afectada	Origen de la información	Tipo de inundación	Cauce afectado (Longitud)	Superficie afectada	Descripción	Relación de daños
							Lepe y 3,84 millones de euros en Cartaya.
8-9/12/2022	T.M. Aljaraque	Medios de comunicación/CCS	Pluvial/Fluvial	Arroyo de la Notaría (850 m)	-	Desbordamientos recurrentes del Arroyo de la Notaría cada vez que se producen lluvias intensas.	Anegaciones de varias viviendas cercanas al cauce. El importe de las indemnizaciones sufragadas por los seguros en el término de Aljaraque fue de 220.229 €, el 50% por daños en viviendas.
30 octubre de 2023	Trigueros, Niebla, San Juan del Puerto, Gibraleón, Huelva	Medios de comunicación/CCS	Pluvial/Fluvial	Arroyos Canillas y del Salinero (1450 m)	-	Inundaciones producidas por el paso de la borrasca "BERNARD"- afectando a la capital y diversos municipios del litoral y de la comarca del Condado de Huelva.	Se ha visto afectada la urbanización "Los Palmares" en el T.M. de Trigueros, con anegación de viviendas por el desbordamiento de los arroyos Canillas y del Salinero. Cortes de carreteras como la A-472 y la línea de ferrocarril entre Niebla y San Juan del Puerto. El importe de las indemnizaciones sufragadas por los seguros en los dos municipios más afectados (San Juan del Puerto y Trigueros) fue de 41.620 € correspondiendo el 60% a daños en viviendas, 37% a vehículos y 3% al resto de bienes.

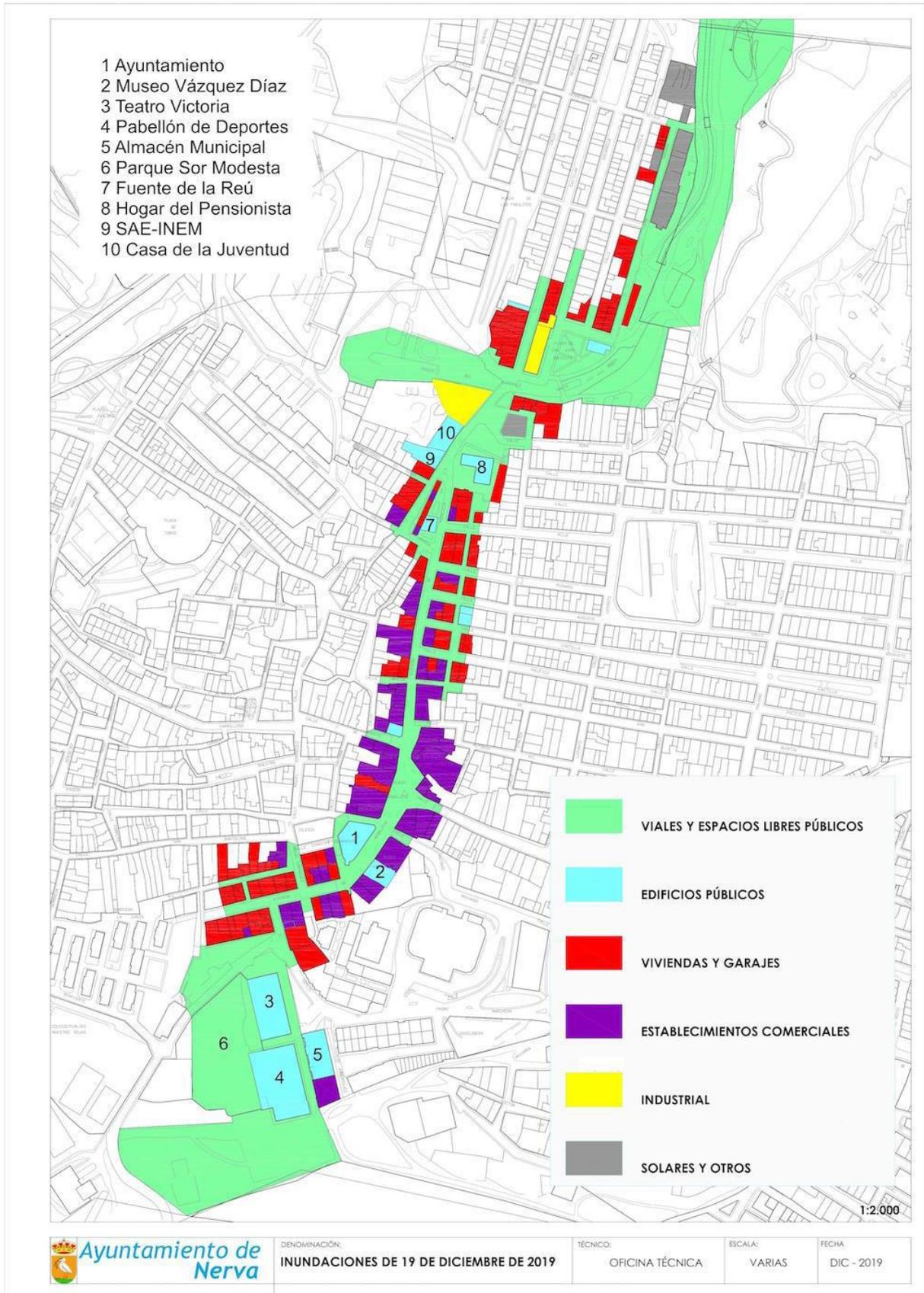


Figura 13. Mapa de la inundación ocurrida en Nerva el 19/12/2019. Fuente: Oficina Municipal de Urbanismo

2.2 Información del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS)

Además de los eventos de inundaciones con impactos significativos, al igual que en la anterior revisión y actualización de la Evaluación Preliminar, se ha Contado con la información suministrada por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) para el período 2017-2022. Los datos sobre inundaciones registrados en la Base de Datos del Consorcio de Compensación de Seguros establecen dos grandes tipologías, que corresponden a inundaciones interiores, definidas genéricamente como “inundaciones extraordinarias”, y las identificadas como inundación “costera/embate de mar”, por lo que se analizan ambas por separado. Hay que señalar, no obstante, que en las primeras no se suele discernir si se trata de inundación fluvial o pluvial, siendo necesario contrastar los datos con otro tipo de información. Así, cabe determinar que en aquellos datos referidos a códigos postales o núcleos urbanos por los que no discurren cauces naturales, el origen seguramente debe atribuirse a inundaciones de origen pluvial, pero en otros casos no resulta fácil establecer esta distinción. Conviene también aclarar que la disponibilidad de datos del CCS sobre daños por inundaciones es una información que está condicionada a la existencia de pólizas de seguros, lo que difiere significativamente entre unas áreas y otras de la demarcación, dependiendo entre otros factores del nivel de percepción del riesgo por la población, poder adquisitivo, nivel de concienciación y otras variables.

Los datos suministrados corresponden a la relación de siniestros (expedientes) producidos a nivel provincial en los que se incluyen datos como la fecha del siniestro, localización (por código postal, municipio y provincia), tipo de siniestro y tipos de bienes afectados. En relación con este último apartado, entre los bienes inmuebles se diferencian varias categorías (viviendas y comunidades de propietarios, oficinas, industriales, comercios, almacenes y resto de riesgos) y obras civiles. De los bienes inmuebles, las viviendas y comunidades de propietarios son las que padecen, con diferencia, el mayor número de siniestros. En cuanto a los vehículos siniestrados, al estar referidos al taller donde se reparan y no al lugar donde se produjeron los daños no permiten delimitar la zona donde se produjo la inundación como sí ocurre con los bienes inmuebles y obras civiles. Entre los usos del suelo afectados se suele distinguir entre los usos de carácter urbano (concentrado o disperso), industrial, infraestructuras (obra civil) y equipamiento municipal (infraestructura deportiva, social, etc.), excluyéndose los usos agrarios, al estar cubiertos por otra tipología de seguros, como los agrarios.

Hay que señalar que los dos códigos postales con mayor número de siniestros registrados en el período analizado en la demarcación hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras pertenecen al término municipal de Lepe: C.P. 21440 (Lepe y pinares de Lepe) y C.P. 21449 (sector litoral de La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), sumando entre ambos 4.669 siniestros, lo que significa que este término municipal concentra el 61% de todos los siniestros registrados en la demarcación. Le sigue a gran distancia el C.P. 21450, correspondiente al casco urbano de Cartaya, con 470 siniestros, seguido de los de Punta Umbría, Aljaraque y litoral de Cartaya (El Portil, Nuevo Portil y El Rompido), en los que se superan los 200 siniestros.

CÓDIGO POSTAL	TÉRMINO MUNICIPAL (POBLACIÓN o BARRIO)	PROVINCIA	Nº SINIESTROS 2017-2023
21440	Lepe (Lepe y Pinares de Lepe)	Huelva	2739
21449	Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán)	Huelva	1930
21450	Cartaya (Cartaya)	Huelva	470
21110	Aljaraque (Aljaraque)	Huelva	260
21100	Punta Umbría (El Rincón y Punta Umbría)	Huelva	247
21459	Cartaya (El Portil, Nuevo Portil y El Rompido)	Huelva	218
21001	Huelva (Centro, Colombino y Punta del Sebo)	Huelva	190
21002	Huelva (Oeste)	Huelva	143
21670	Nerva (Nerva)	Huelva	108
21007	Huelva (Este)	Huelva	96

Tabla 14. Relación de códigos postales con mayor número de siniestros registrados por inundaciones extraordinarias durante el periodo 2017-2023 en la DH del Tinto, Odiel y Piedras según los datos aportados por el CCS (Se indica el municipio al que pertenece el código o, en su caso, las pedanías o barrios que lo integran)

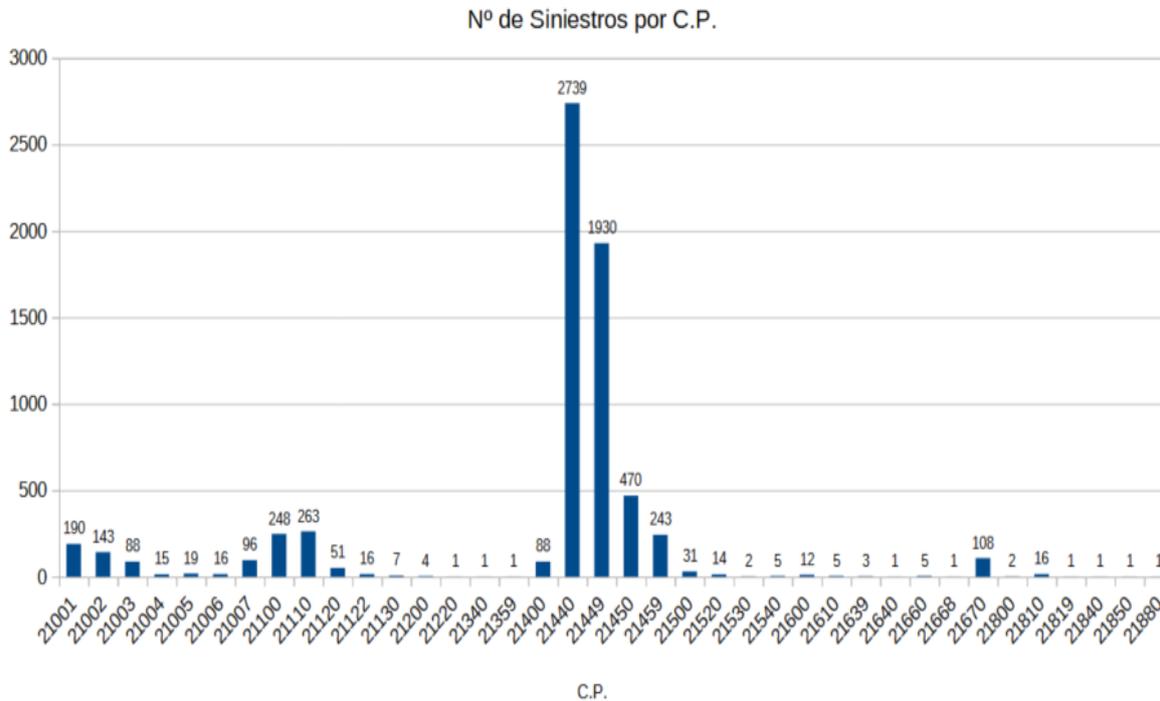


Figura 14. Gráfico de siniestros por inundación por código postal recopilados por el CCS en el periodo 2017-2023 en la DH del Tinto, Odiel y Piedras

En los mapas siguientes, donde se representa la distribución de siniestros por Códigos Postales, se observa que los que concentran un mayor número de siniestros (intervalo > 200) corresponden a los situados en el litoral occidental de Huelva, mientras que en la sierra destaca el término de Nerva.

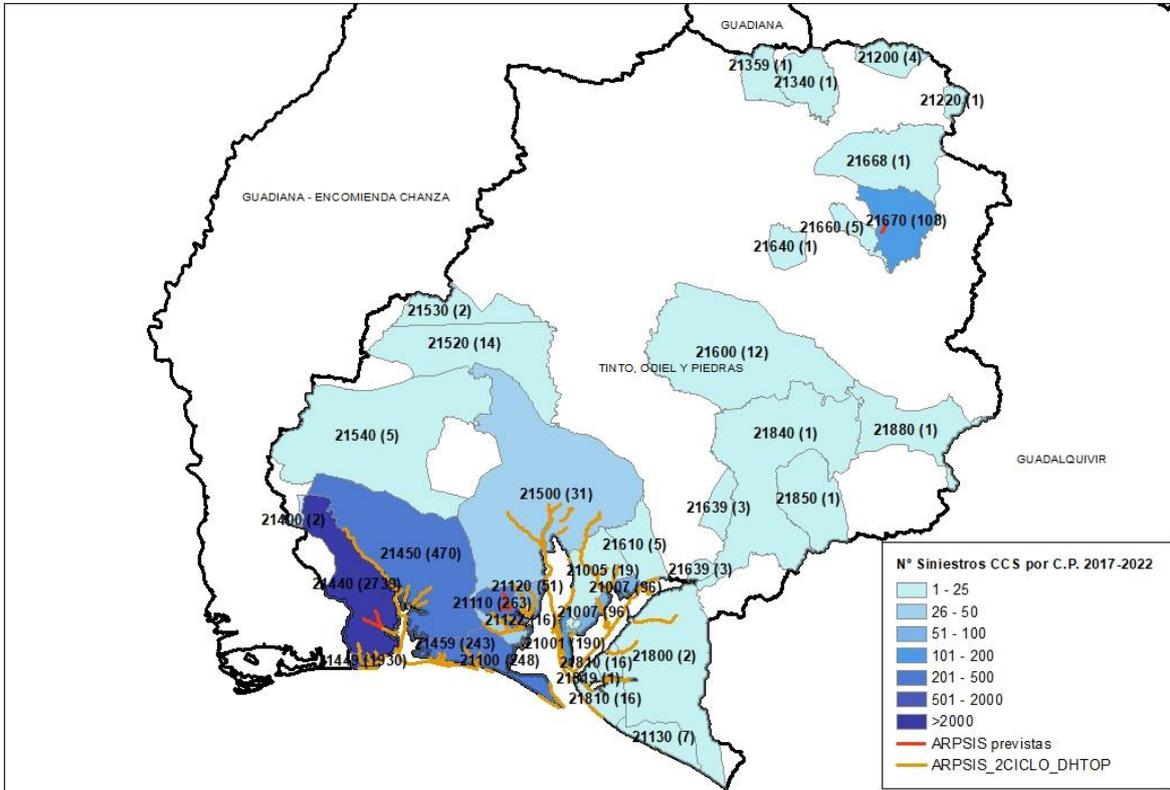


Figura 15. Distribución de los siniestros de inundación recopilados por el CCS en el periodo 2017-2023 por códigos postales de la DH del Tinto, Odiel y Piedras

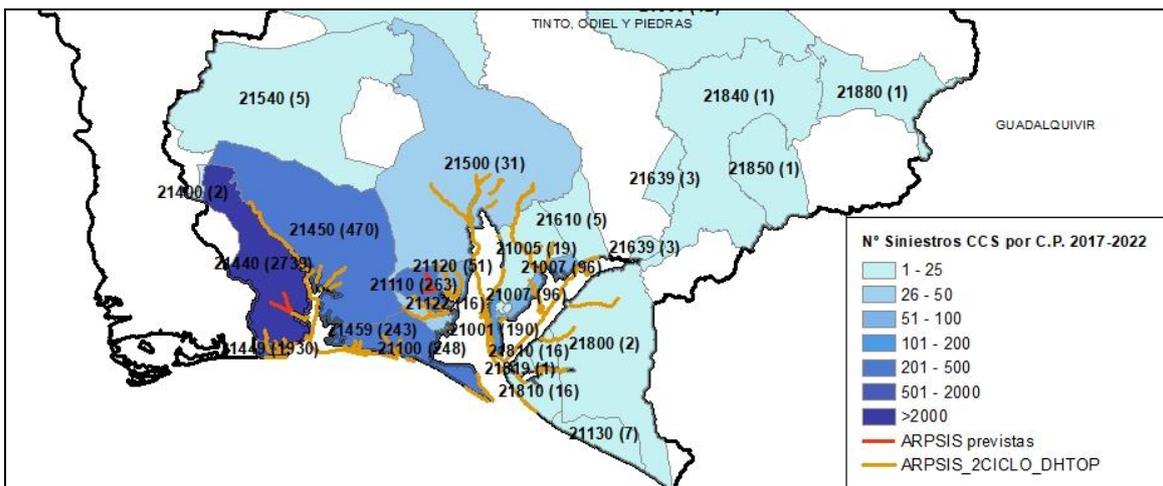


Figura 16. Distribución en detalle de los siniestros por inundación recopilados por el CCS en los códigos postales de los municipios con ámbitos declarados ARPSI en la DH del Tinto, Odiel y Piedras

Si analizamos el Mapa de distribución de los costes de indemnización en miles de euros se observa que los resultados son muy similares a los del Mapa de distribución del nº de siniestros, sobresaliendo el término de Lepe seguido a continuación de los términos contiguos del litoral occidental de la provincia y del término de Nerva.

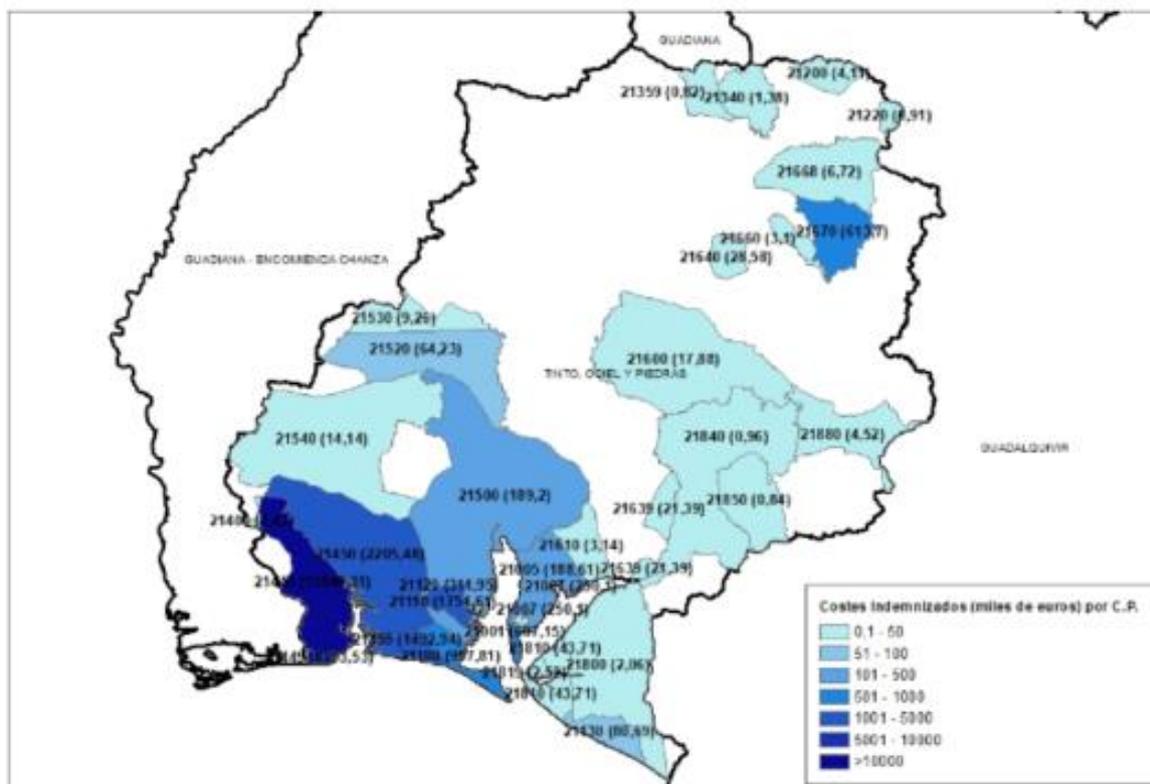


Figura 17. Distribución por CP de los costes de indemnización por inundación recopilados por el CCS en el periodo 2017-2023 en la DH del Tinto, Odiel y Piedras

Entre los datos del CCS más interesantes están los referidos a las fechas concretas en que se han producido los eventos de inundación más graves, en función tanto del número de siniestros registrados como del valor de las indemnizaciones recibidas, lo que permite destacar aquellos CP y municipios en los que se han producido los principales daños, como se expresan en la siguiente tabla. Estos datos, además, suponen una información adicional que puede ponerse en relación con los principales episodios de inundación recogidos en el apartado anterior aportando datos concretos sobre su impacto en función de los importes abonados en concepto de indemnización, así como la cuantía y tipología de bienes afectados. Así, cabe destacar especialmente el episodio de inundación producido por la DANA de 23 de septiembre de 2021, que afectó a los términos municipales de Lepe, Cartaya y Aljaraque alcanzando un total de 5.467 siniestros, si bien los mayores estragos se produjeron en el término municipal de Lepe, con el 78,5% de todos los siniestros causados por este episodio y más concretamente en el CP 21440, correspondiente al casco urbano de Lepe y pinares de Lepe, con un total de 2.605 siniestros.

Otros episodios también de cierta gravedad se corresponden con las inundaciones producidas el 28 de abril de 2017 afectando a Huelva capital y Punta Umbría: CP 2100 (El Rincón y Punta Umbría) y el episodio de lluvias intensas y desbordamiento del arroyo de Santa María que se produjo el 19 de diciembre de 2019 en la población de Nerva (CP 21670).

FECHA SINIESTRO	Nº DE SINIESTROS		INDEMNIZACIÓN (€) EN EL T.M. MAS AFECTADO
	Total DH	T.M. y C.P. más afectado	
28/04/2017	638	Huelva capital, con 429 C.P. 21100 (El Rincón y Punta Umbría), con 183	1.100.847,6
01/03/2018	72	Huelva capital, con 52 C.P. 21001 Huelva (Centro, Colombino y Punta del Sebo), con 39	113.578,7
18/11/2018	179	T.M. de Lepe, con 144 C.P. 21449 (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 92	388.978,0
19/12/2019	103	Nerva (C.P. 21670), con 98	565.559,7
23/09/2021	5.467	T.M. de Lepe, con 4.295 C.P. 21440 (Lepe y Pinares de Lepe), con 2.605	22.953.307,3
24/09/2021	89	T.M. de Lepe, con 69 C.P. 21449 (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 36	385.467,5

Tabla 15. Fechas con mayor número de siniestros (más de 50) según el CCS en la DH del Tinto, Odiel y Piedras. En la segunda columna se recoge el nº de siniestros registrados en toda la demarcación. En la tercera, el municipio y el código postal con más siniestros para esa fecha y en la cuarta el importe de todas las indemnizaciones tramitadas en el término municipal más afectado.

A nivel particular se recogen en la siguiente Tabla los datos sobre tipos de bienes siniestrados en el evento de inundación de gran impacto provocado por la DANA del 23 de septiembre de 2021 en el término de Lepe, que alcanzó una cifra de 2.118 vehículos afectados, 1.456 viviendas, 348 comunidades de propietarios, 233 establecimientos comerciales y en menor medida otros bienes o equipamientos relacionados con la industria, el turismo y otros.

TIPOS DE DAÑOS PRODUCIDOS POR EL EVENTO 23-09-2021 EN EL T.M. DE LEPE		
Tipos de bienes afectados	Número siniestros	Indemnización
Almacenes y naves	39	484.807,78 €
Vehículos	2.118	7.689.874,79
Comercio	233	3.164.835,54
Viviendas	1.456	7.211.473,25
Comunidades de propietarios de viviendas	348	2.437.378,07
Industrial	18	504.209,29
Turístico	15	596.516,26
Infraestructuras y equipamientos	4	68.531,96
Oficinas	23	310.872,49
Otros	41	484.807,89
Total	4.295	22.953.307,32

Tabla 16. Tipología de bienes afectados en el evento del 23 de septiembre de 2021 en el Término de Lepe, según datos facilitados por el CCS

En lo que se refiere a los datos de episodios de inundación costera/embate de mar producidos durante el mismo período de análisis, como se puede observar en la siguiente tabla, destaca su concentración de nuevo el término de Lepe (CP 21449, correspondiente a los núcleos costeros de La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), seguido del CP 21130 o sector de Mazagón, perteneciente a los términos de Moguer y Palos; si bien cuantitativamente el número de siniestros es mucho más reducido que en las inundaciones anteriores.

CÓDIGO POSTAL	TÉRMINO MUNICIPAL (POBLACIÓN o BARRIO)	PROVINCIA	Nº SINIESTROS 2017-2022
21449	Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán)	Huelva	43
21130	Moguer (Mazagón) y Palos de la Frontera	Huelva	19
21100	Punta Umbría	Huelva	13
21440	Lepe	Huelva	6
21459	Cartaya (El Portil, Nuevo Portil y El Rompido)	Huelva	3

Tabla 17. Códigos postales en la DH del Tinto, Odiel y Piedras con mayor número de siniestros por inundación (embate de mar) registrados por el CCS en el periodo 2017-2023.

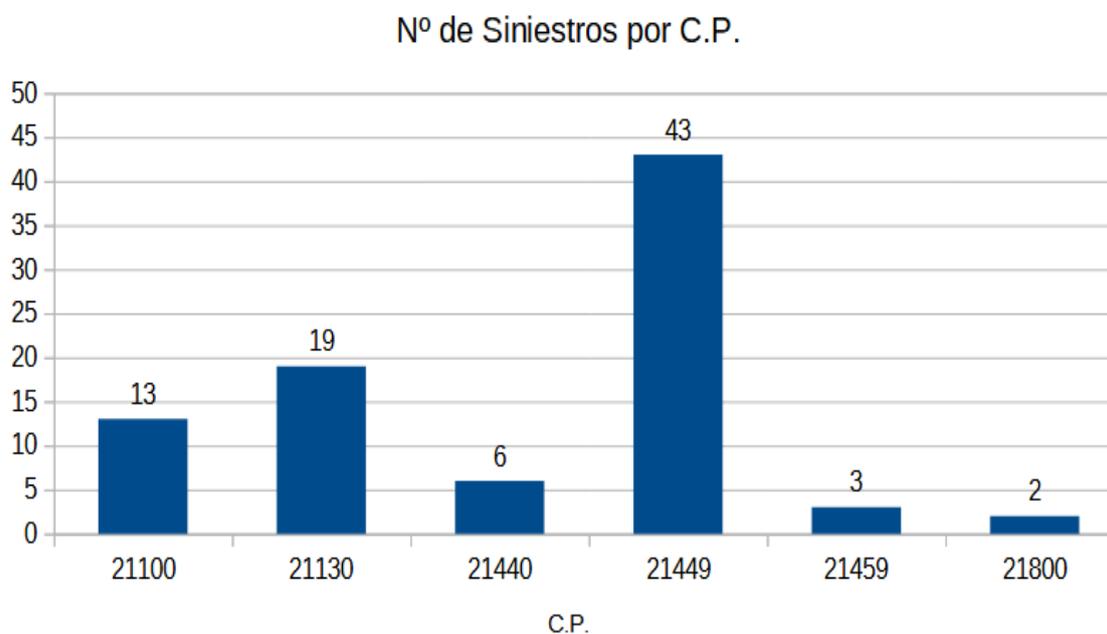


Figura 18. Gráfico de siniestros por embate de mar por C.P. en el periodo 2017-2023 según datos del CCS

En cuanto a las fechas en las que se han producido más siniestros cabe destacar que los seis eventos más importantes se producen en el sector litoral del término municipal de Lepe (CP 21449) destacando el episodio producido el 1 de marzo del año 2018, con un total de 37 siniestros de los cuales casi la mitad corresponden a dicho código postal en el que resultaron afectadas 16 viviendas.

FECHA SINIESTRO	Nº SINIESTROS	
	Total	C. P. más afectados
01/03/2018	37	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 18
28/02/2018	15	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 7
02/03/2018	12	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 6
05/03/2018	5	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 3
03/03/2018	4	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán) con 2
04/03/2018	4	C.P. 21449 Lepe (La Antilla, Islantilla Este y El Catalán), con 3

Tabla 18. Fechas con mayor número de siniestros por inundación por embate de mar en la DH del Tinto, Odiel y Piedras para el periodo 2017-2023 según el CCS. En la columna de la derecha se destacan el número de siniestros en los códigos postales con mayor número de siniestros en cada fecha.

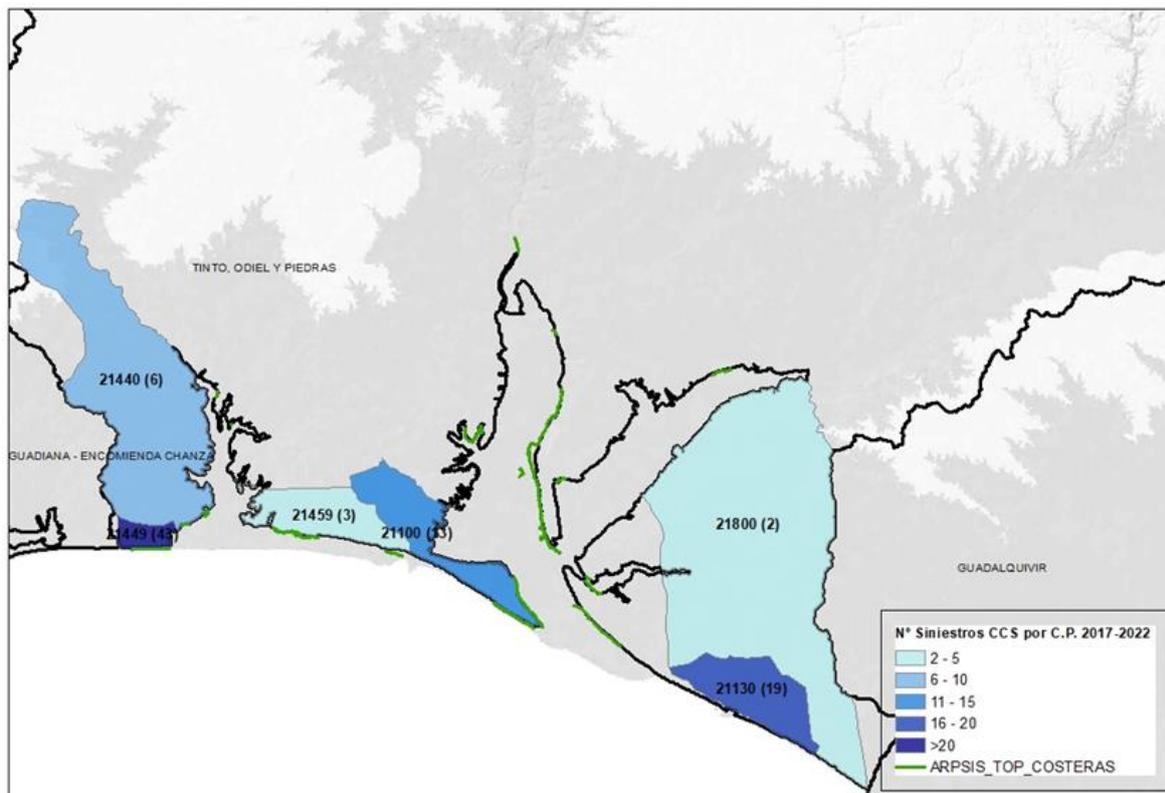


Figura 19. Distribución de los siniestros de inundación por embate de mar recopilados por el CCS durante el periodo 2017-2023 en la DH del Tinto, Odiel y Piedras su relación con las ARPSIS costeras

2.3 Identificación de zonas potenciales de riesgo por inundación pluvial

Para la identificación de las zonas con mayor riesgo por inundación pluvial se han de tener en cuenta diversos factores, como el registro de episodios antecedentes de inundaciones pluviales, el análisis de las características topográficas (zonas con drenaje superficial insuficiente o dificultoso), y las condiciones hidrometeorológicas que afectan a la demarcación. Las zonas de mayor riesgo se identifican a partir de la conjugación de estos tres factores y de los usos del suelo que presentan mayor vulnerabilidad. Estos factores son independientes del estado y capacidad de desagüe de las redes de saneamiento urbano, que por lo general suelen dimensionarse para períodos de retorno bajos y que, como se dijo anteriormente, quedan fuera de este análisis.

En la evaluación preliminar del ciclo anterior se llevó a cabo un estudio de la demarcación a partir de las condiciones topográficas e hidrometeorológicas con objeto de identificar las zonas endorreicas y con falta de drenaje superficial que podían considerarse zonas potenciales de riesgo por inundación de origen pluvial. Para ello, se realizaron dos análisis diferentes: identificación de depresiones y sus cuencas asociadas a partir del MDT25 e identificación de cuencas endorreicas. Complementariamente al análisis del MDT25, se analizó la existencia de cuencas endorreicas (en la que el agua no tiene salida fluvial hacia otra cuenca o hacia el mar) a partir de las cartografías “Ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado” y “Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado” elaboradas por el MAPAMA. Como resultado, en el ámbito de esta demarcación se identificaron dos cuencas endorreicas sin río, (asociadas ambas a los espacios mineros de Riotinto), aunque tras el cruce con los usos urbanos, no se consideró que ninguna sea de riesgo.

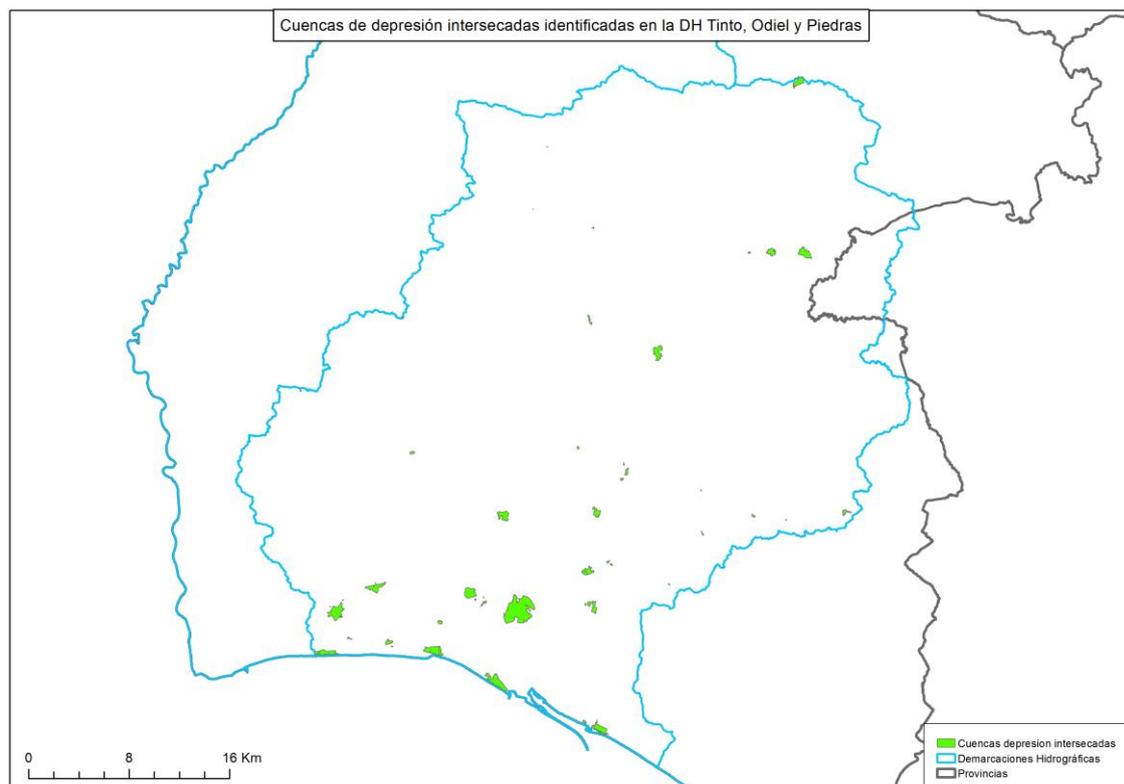


Figura 20. Cuencas de depresión identificadas en el análisis del MDT25 en la DH del Tinto, Odiel y Piedras

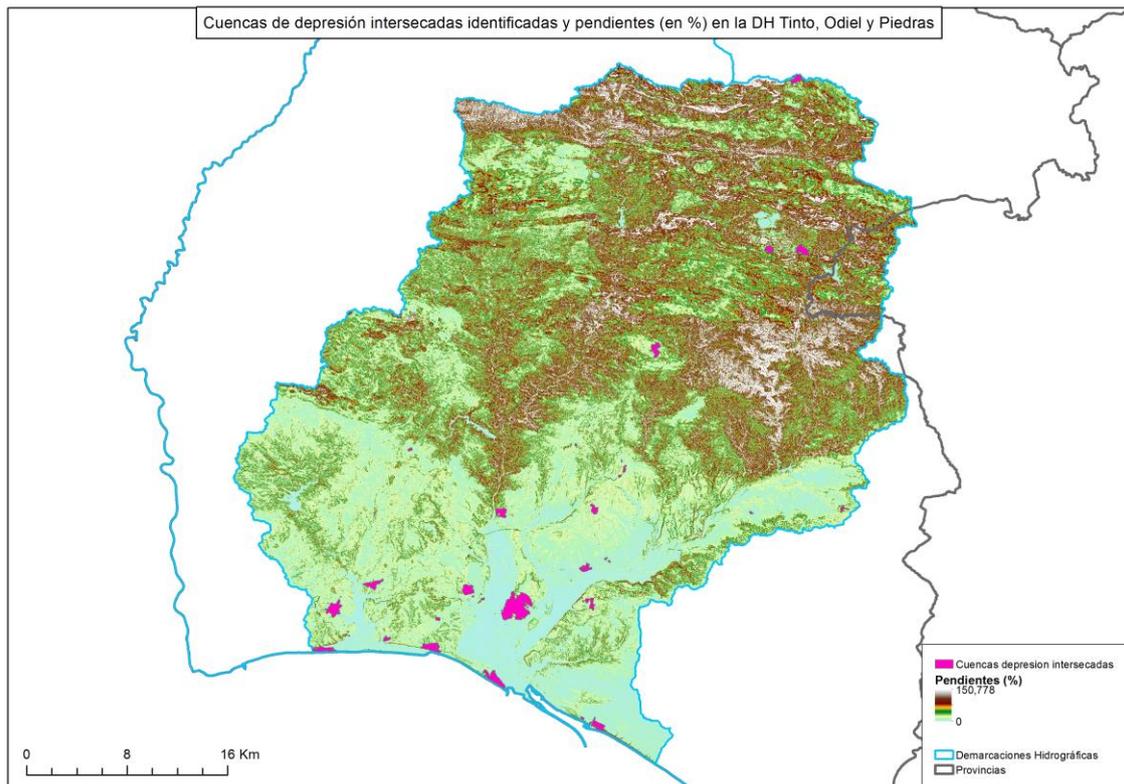


Figura 21. Cuencas de depresión (tras la intersección con los núcleos de población) identificadas en la DH del Tinto, Odiel y Piedras en el estudio topográfico y mapa de pendientes (a partir del MDT25)

Complementariamente al estudio topográfico, a partir de la caracterización hidrometeorológica de la demarcación se trataba de identificar aquellas áreas con mayor riesgo potencial de inundación pluvial a partir de tres factores: umbral de escorrentía (P0), precipitaciones máximas diarias T10 (10 años de periodo de retorno) y factor de torrencialidad (I1/I_d) a través de la aplicación CauMax versión 2.3 derivada del Mapa de Caudales Máximos elaborado por el CEDEX.

Las zonas de mayor riesgo son aquellas con un umbral de escorrentía bajo en las que se generaría escorrentía rápidamente. Los valores del umbral de escorrentía P0 (en mm) obtenidos por CauMax se clasificaron en cinco categorías: Muy bajo (0-10 mm), Bajo (10-20 mm), Medio (20-30 mm), Alto (30-40 mm) y Muy alto (>40 mm). El umbral de escorrentía depende de los tipos de usos que se den y el tipo de suelo existente (que puede drenar más o menos). Así, las zonas con bajos valores pueden ser debidos a usos urbanos, zonas con escasa vegetación, superficies de agua (estas tienen valor 0), etc. Las zonas con altos valores se pueden dar en bosques, cultivos de regadío (frutales, cultivos anuales...), playa y dunas (estas tienen valor 152), etc. Los valores del umbral de escorrentía P0 para la demarcación se representan en el siguiente Mapa.

Según el tipo de suelo existente en cada zona los valores son algo más altos o bajos con el mismo uso de suelo. Con suelo tipo C (infiltración lenta), se encuentra una parte del oeste de la Demarcación, que se extiende en una franja diagonal hacia el este de la Sierra de Arcena. Con suelo tipo B (con mejor drenaje y valores de P0 más altos) se encuentra buena parte del este de la Demarcación y el oeste de la Sierra de Arcena.

De forma dispersa por la Demarcación, hay valores 0 de P_0 que se corresponden con masas de agua como embalses; y valores muy bajos (cerca de 0) que coinciden generalmente con áreas urbanas, humedales o marismas (como las Marismas del Odiel o del Piedras). También hay valores muy bajos (cerca de 10) que suelen corresponder a zonas de vegetación escasa, matorrales, cultivos de secano, urbanizaciones o zonas de extracción minera (como Riotinto). Especialmente en el este de la Demarcación (suelo tipo C) se dan valores bajos que suelen corresponder a zonas con escasa vegetación, matorrales, dehesas, cultivos de regadío, cultivos de secano o pastizales. En amplias zonas de la Demarcación se dan valores medios que suelen coincidir con cultivos de secano (en suelo tipo B), matorrales o cultivos de regadío. También hay amplias zonas con valores altos, que en suelos tipo C generalmente se corresponden con bosques (como los pinares al norte de Cartaya), y en suelos tipo B con matorrales densos o boscosos. Los valores muy altos suelen ser zonas de bosques en suelos tipo B.

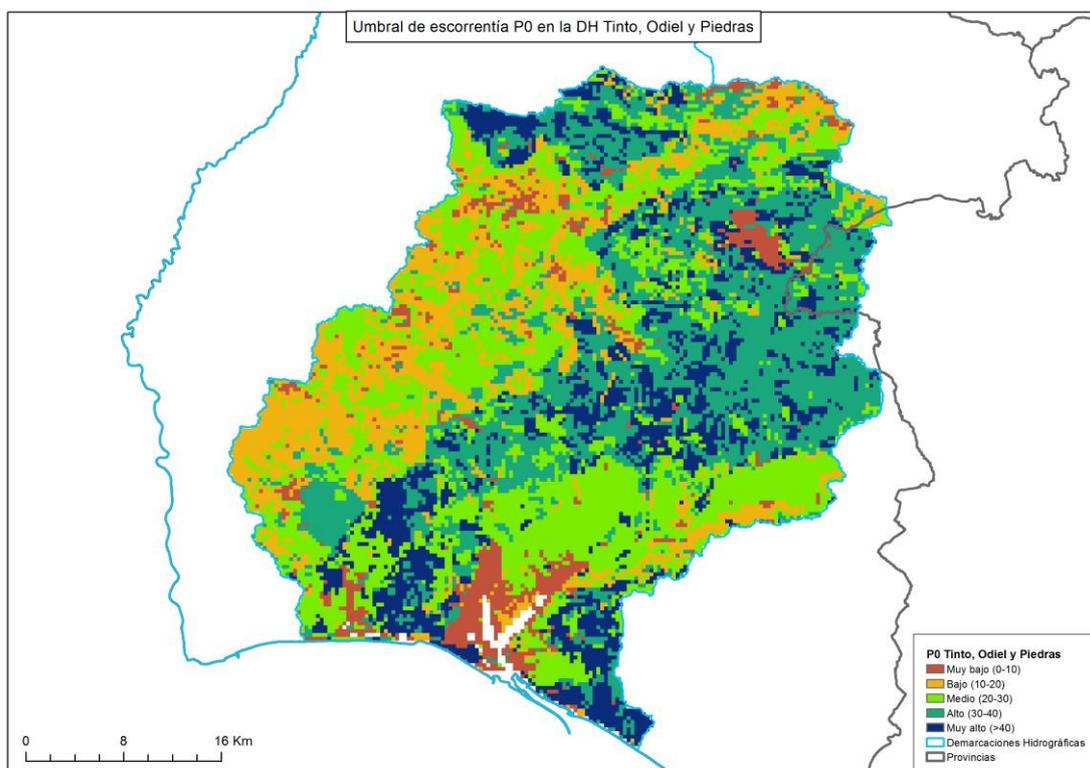


Figura 22. Distribución del Umbral de escorrentía P_0 en la demarcación del Tinto, Odiel y Piedras

En cuanto a las precipitaciones máximas diarias para un periodo de retorno de 10 años, los valores de las precipitaciones máximas diarias se obtuvieron mediante los mapas de precipitación elaborados a partir del trabajo de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular realizado por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras (DGC, 1999)”. Las zonas de más riesgo potencial por precipitaciones máximas diarias se van a obtener a partir de su correspondencia con los umbrales establecidos por Meteoadvertencia de AEMET (Plan nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos) para precipitaciones acumuladas en 12 horas, y este periodo de retorno se adecúa más a estos umbrales, cuya superación suele desencadenar activaciones de avisos por inundaciones por parte de los organismos de protección civil.

La correspondencia entre precipitaciones máximas diarias y umbrales por precipitación en 12 horas de Meteoaleta ha tenido en cuenta la diferencia entre los umbrales para la zona este y el resto de España. Así, se han obtenido mapas con cuatro categorías según las precipitaciones máximas de T10 superen o no los umbrales en cada zona: verde (no supera el umbral amarillo), amarillo (supera umbral amarillo), naranja (supera umbral naranja) y rojo (supera umbral rojo). Por tanto, las zonas de mayor riesgo serían las que aparecerían en rojo y las de menor riesgo en verde.

Para la DH del Tinto, Odiel y Piedras, los valores de precipitación máxima diaria para 10 años de periodo de retorno se muestran en la imagen siguiente, teniendo un mínimo de 72 mm y un máximo de 117 mm. En gran parte de la Demarcación, los valores son medios, entre 70 y 90 mm, siendo mayores hacia el norte (hacia la Sierra de Aracena). Es en la Sierra de Aracena, en el norte de la Demarcación, donde se dan valores más altos (más de 100 mm), con el máximo en 117 mm cerca de Aguafría.

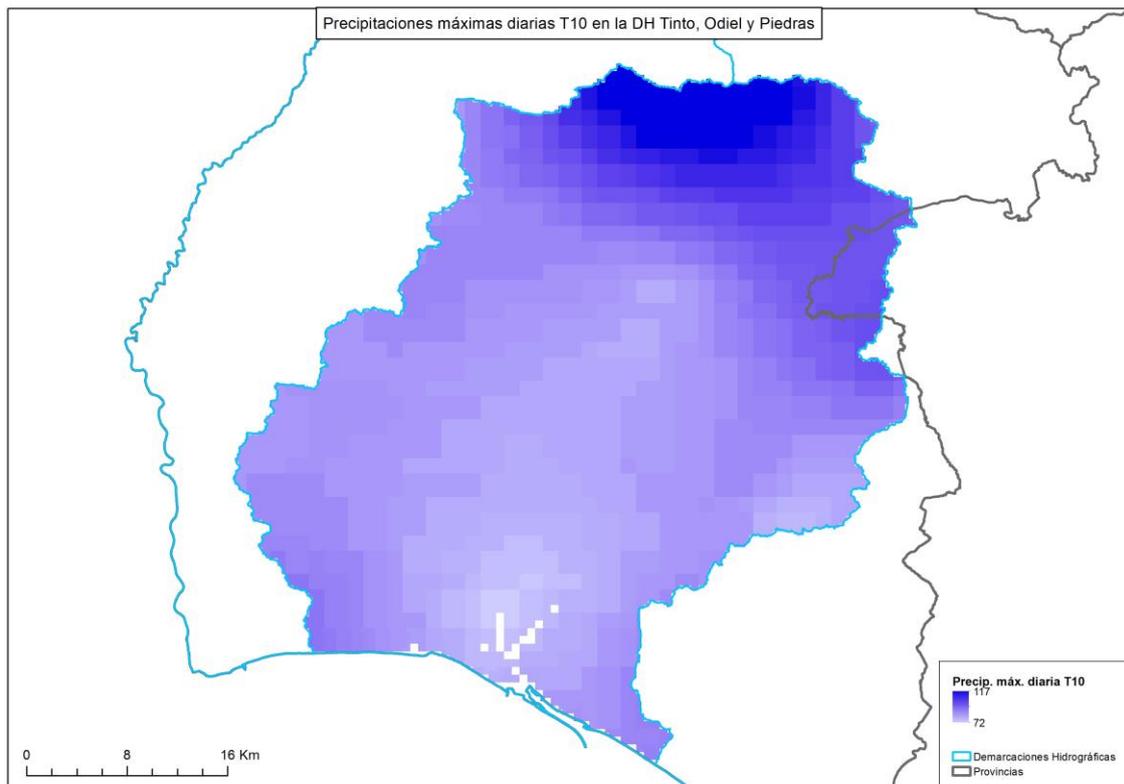


Figura 23. Precipitación máxima diaria para T10. El rango de valores va de 72 a 117 mm.

Para la comparativa con los umbrales de Meteoaleta, en la DH del Tinto, Odiel y Piedras (umbral amarillo – 40 mm, umbral naranja – 80 mm y umbral rojo – 120 mm), se muestra a continuación el mapa con las zonas clasificadas por riesgo por precipitaciones máximas según la superación de dichos umbrales. Se puede observar que en la mayor parte de la parte sur de la Demarcación se supera el umbral amarillo, y se supera el umbral naranja en la parte norte, que coincide con la zona más montañosa de la Demarcación. No existen zonas que superen el umbral rojo.

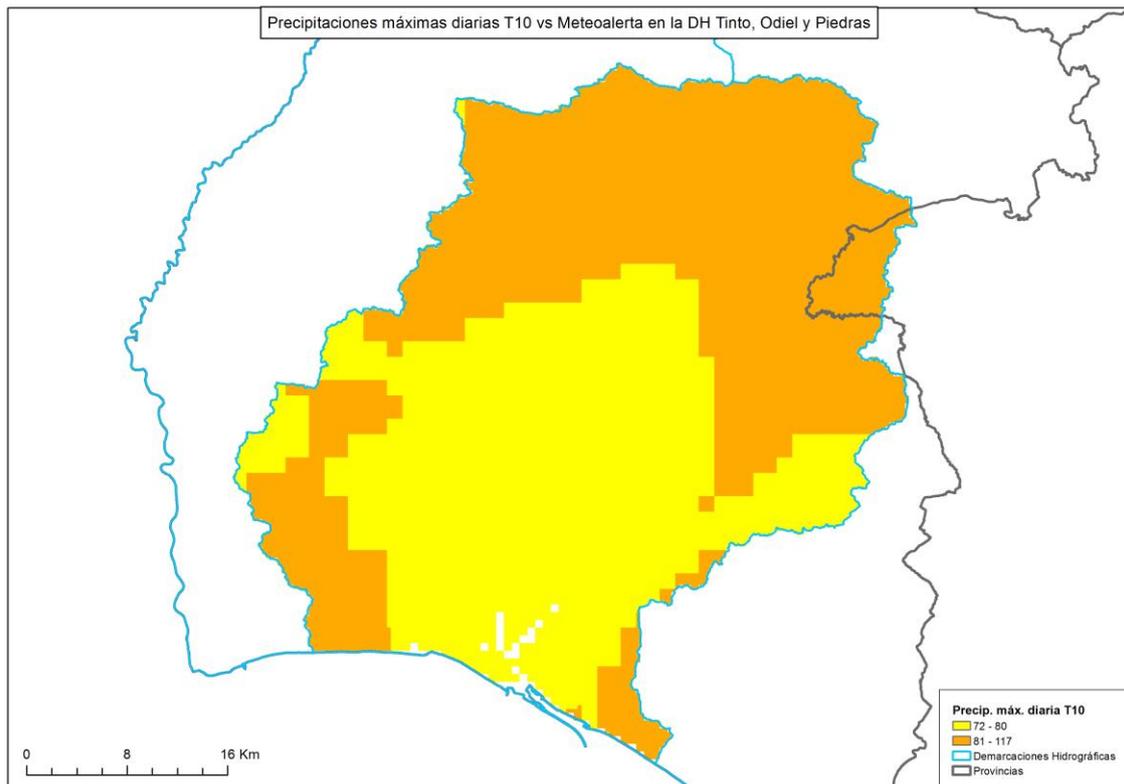


Figura 24. Comparativa precipitación máxima diaria para T10 respecto a los umbrales de Meteolerta para precipitaciones acumuladas en 12 horas

El índice de torrencialidad (I_1/I_d) representa la relación entre la intensidad de precipitación correspondiente a 1 hora de duración (I_1) y la intensidad de precipitación diaria (I_d). Se trata de un valor adimensional obtenido por la aplicación CauMax a partir del mapa de isóneas propuesto por Témez (1987). Mientras mayor es su valor, mayor es la torrencialidad y, por tanto, mayor es el riesgo de episodios de precipitaciones intensas. Para las cuencas intercomunitarias los valores obtenidos varían entre 8 y 11, dándose el valor más elevado (11) en la zona este mediterránea. En el ámbito de la DH del Tinto, Odiel y Piedras, el factor de torrencialidad es de 9, siendo un valor medio respecto al conjunto de España.



Figura 25. Distribución del Factor de torrencialidad I_1/I_0 en la España peninsular

2.4 Información suministrada por Administraciones implicadas en la gestión del riesgo de inundación

La información y los criterios que han servido de base para la actualización de la EPRI para este tercer ciclo y las posibles propuestas de declaración de nuevas Arpsis/ampliación de las ya existentes, han sido contrastados con las Administraciones competentes en materia de Protección Civil. La coordinación entre las Administraciones hidráulicas y los órganos de Protección Civil ha tenido lugar a través de varias reuniones de trabajo que se iniciaron con la Jornada Técnica de Coordinación para la Implantación de los PGRI de Segundo Ciclo y Revisión del Tercer Ciclo de la Directiva de Inundaciones, celebrada el pasado 11 de junio en la Escuela Nacional de Protección Civil en Rivas-Vaciamadrid. Durante el desarrollo de la Jornada, además de debatir los criterios para la posible declaración de nuevos tramos fluviales como ARPSIs, se presentaron los últimos avances en aspectos relevantes para la EPRI, como la extracción de Lecciones aprendidas de los ciclos anteriores; estado de la actualización de la Directriz Básica de Protección Civil; elaboración del Inventario de episodios de inundación significativos; actualización de los trabajos sobre el efecto del cambio climático en las inundaciones de cara a la posible declaración de nuevos ámbitos Arpsi, consideración de datos sobre paleoinundaciones contenidos en la base de datos Paleoriada, etc. (información disponible en la siguiente dirección: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/jornada-implantacion-pgri2-revision-epri3.html>).

En dicha Jornada se establecieron y programaron reuniones de trabajo específicas entre las Confederaciones y demás Administraciones hidráulicas y los servicios autonómicos de Protección Civil existentes en el territorio de cada demarcación hidrográfica. En el caso de las tres demarcaciones hidrográficas internas de Andalucía, la reunión de coordinación con los técnicos del Servicio de Protección Civil, perteneciente a la Subdirección de Emergencias de la Consejería de Presidencia, Interior, Diálogo Social y Simplificación Administrativa, se celebró en la sede de este organismo el pasado 27 de junio de 2024, donde se debatieron los trabajos preparatorios de actualización de la EPRI de las tres demarcaciones internas.

Otra fuente de información que se ha utilizado para completar la información disponible sobre el riesgo de inundación en la demarcación han sido los informes procedentes de las Delegaciones Territoriales y ayuntamientos incluidos en su ámbito, al tratarse de las administraciones más próximas a la realidad del territorio y la problemática de las inundaciones. Las consultas efectuadas a las Delegaciones Territoriales se desarrollaron en octubre de 2023, dando como resultado la puesta en conocimiento de tramos afectados por episodios recurrentes de desbordamientos que merecen ser considerados en la actualización y revisión de la Evaluación preliminar. Por otra parte, en noviembre de ese mismo año el ayuntamiento de Nerva presentó un escrito donde se enumeran diversos antecedentes de inundaciones provocadas por el desbordamiento del Arroyo de Santa María producidas en los años 2001, 2010 y especialmente graves las del año 2019 con numerosos daños que afectaron a más de 80 viviendas y diversos equipamientos de esta población, por lo que este ayuntamiento solicita su declaración como zona ARPSI.

Fecha	Administración	Contenido de la Solicitud
23/11/2023	Ayuntamiento de Nerva	Se trasladan los graves problemas ocasionados por el encauzamiento del Arroyo de Santa María o del Romeral en su travesía por la población, destacando las inundaciones sufridas en los años 2001, 2010 y especialmente la del año 2019. Por ello se solicita su declaración como zona ARPSI.



ASUNTO: PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN (ARPSI)

Vista la puesta en marcha desde la Dirección General de Recursos Hídricos de la Revisión de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación para el siguiente ciclo según la Directiva Europea de Inundaciones y su trasposición a través del R.D. 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación, el técnico que suscribe comunica lo siguiente:

PRIMERO.- Que tal como se ha puesto de manifiesto en otras ocasiones ante la Consejería competente, vuelvo a poner en su conocimiento el problema que periódicamente venimos padeciendo en el municipio por el encauzamiento del Arroyo Santa María, también conocido como Romeral, a su paso por el casco urbano, el cual el mes pasado ha estado a punto de volver a desbordarse con las fatales consecuencias ya sufridas en 2001, 2010 y 2019.

La problemática ha sido expuesta tanto en los documentos de ordenación territorial y urbanística locales (es el caso del Plan General de Ordenación Urbanística de Nerva), como supramunicipales (con motivo de la ejecución del Proyecto de Agrupación de Vertidos y EDAR conjunta para los municipios de Nerva, El Campillo y Minas de Riotinto) y a nivel autonómico (para la redacción del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces PCAI, o en la tramitación de ayudas por las situaciones extraordinarias sobrevenidas tras el desbordamiento de 2019).

SEGUNDO.- La zona afectada y por la que se solicita su inclusión en ARPSI es la siguiente:

- Nombre del Cauce: Arroyo Santa María, o Arroyo Romeral.
- Afección: Casco urbano de Nerva.
- Localización Geográfica aproximada del desbordamiento: Llano de Pozo Bebé. Tramo canalizado abierto previo a la canalización cerrada que cruza el casco urbano.
- Afecciones: inundaciones de todo tipo de inmuebles (viviendas, comerciales, garajes, edificios públicos), redes de infraestructuras urbanas básicas (saneamiento, abastecimiento...), espacios libres y viario.
- Coordenadas Georreferenciadas UTM HUSO 29, ETRS 89:
716.190,30; 4.175.275,55
716.223,54; 4.175.327,98
716.230,18; 4.175.377,29

Av. Andalucía, 2 - 21670 Nerva (Huelva)
☎ 959 580 150 Fax: 959 581 159
www.nerva.es



Figura 26. Escrito de solicitud presentado por el Ayuntamiento de Nerva

2.5 Datos sobre superación de umbrales de intensidad de precipitación de AEMET

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es un organismo público que tiene encomendadas entre sus funciones principales la elaboración, el suministro y la difusión de las informaciones meteorológicas y predicciones de interés general para los ciudadanos en todo el ámbito nacional y la emisión de avisos y predicciones de fenómenos meteorológicos adversos. El Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta) puesto en marcha por AEMET, pretende facilitar la información más detallada y actualizada posible sobre los fenómenos atmosféricos adversos en todo el territorio nacional hasta un plazo máximo de 72 horas, así como mantener una información continuada de su evolución. Se considera fenómeno meteorológico adverso a todo evento atmosférico capaz de producir, directa o indirectamente, daños a las personas o daños materiales de consideración. Para ello, los respectivos boletines de aviso se distribuyen de modo inmediato a las autoridades de Protección Civil, así como a los distintos medios informativos y se actualizan constantemente en su página web.

Además de una labor predictiva, AEMET desempeña la función de registro, tratamiento y difusión de los datos climatológicos procedentes de la red de estaciones meteorológicas, entre los que dispone de datos sobre Valores Extremos y de Superación de Umbrales. En este segundo caso, resulta de interés para el objeto de este trabajo la relación de estaciones y días en los que los valores de intensidad de precipitación máxima registrados durante el intervalo de una hora han sido superiores a una serie de umbrales o valores de referencia que determinan su nivel de peligrosidad. Para su determinación AEMET ha realizado estudios en todas las provincias y ha establecido los umbrales de referencia para las diferentes zonas del Plan Meteoalerta. Para la mayor parte de las zonas del territorio nacional, menos las del Levante, se establecen tres umbrales o niveles de alerta: nivel amarillo (cuando los valores de precipitación acumulada en una hora superan los 15 mm); nivel Naranja (cuando superan los 30 mm) y nivel Rojo (cuando se superan los 60 mm).

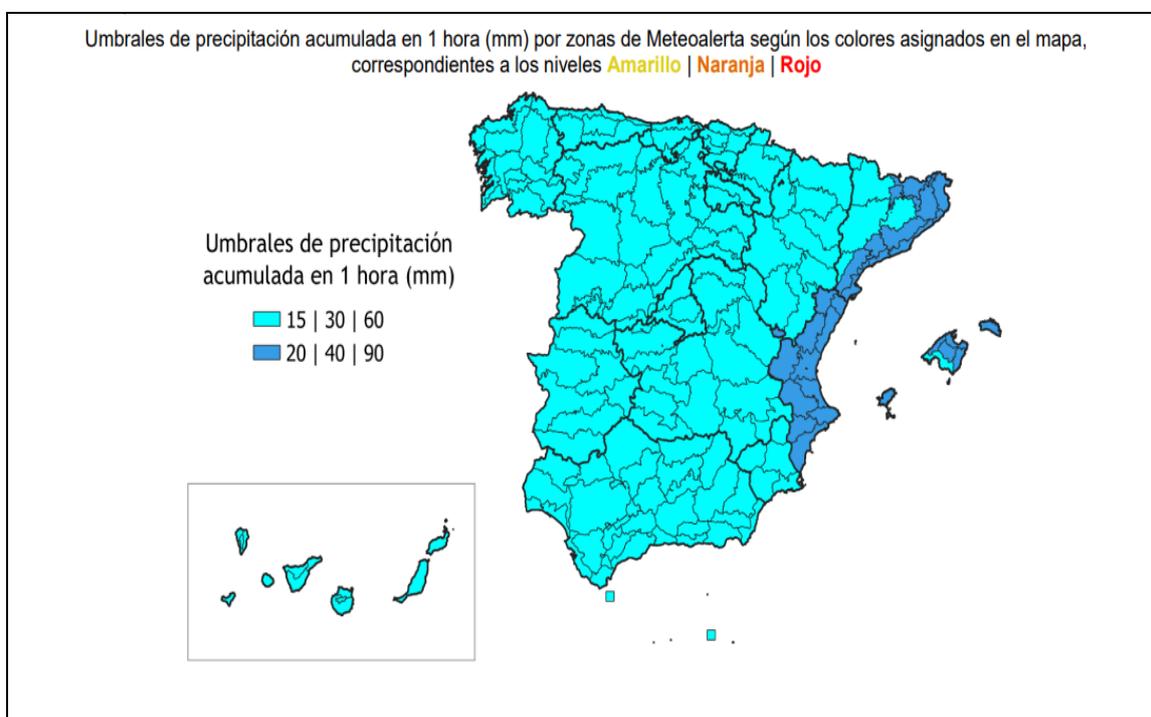


Figura 27. Umbral de precipitación acumulada (mm) en una hora según la división por zonas de Meteoalerta. Para Andalucía los valores corresponden a 15 mm (nivel Amarillo), 30 mm (nivel Naranja) y 60 mm (nivel Rojo)

Los datos referidos a las estaciones y días en que se han superado los umbrales anteriores durante el período 2018-2024 constituyen una información complementaria de gran valor que completa la referida a los principales episodios de inundación identificados en la Tabla del apartado 2.1. aportando datos concretos sobre la precipitación registrada en la estación más cercana. Los valores de superación de umbrales en dicho período se han representado en el Mapa y la Tabla siguientes, registrándose en nueve días en los que se han superado los valores de referencia para el nivel de alerta naranja y el episodio del 23 de septiembre de 2021, en que se alcanzó el nivel rojo en la estación Cartaya (PEMARES) causando graves daños en los términos de Lepe y Cartaya.

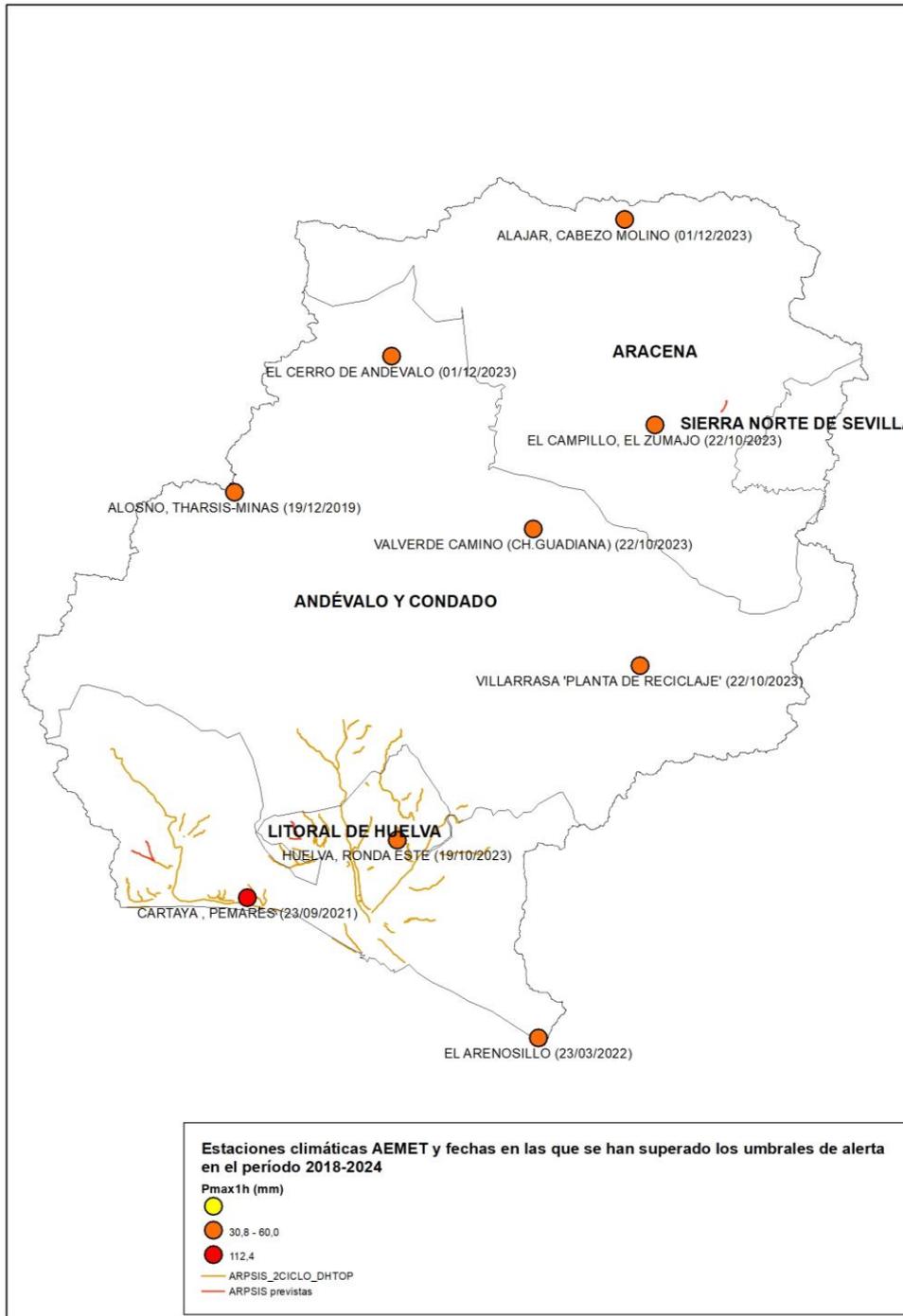


Figura 28. Estaciones y días en los que se ha superado los umbrales de alerta por precipitación en una hora (mm/h) según datos facilitados por AEMET

Código Estación	PMAX_mm	Fecha	Nombre	Zona AEMET
4589X	46,8	19/12/2019	Alosno, Tharsis-Minas	Andévalo y Condado
4554X	112,40	23/09/2021	Cartaya, PEMARES	Litoral de Huelva
5860E	34,2	23/03/2022	El Arenosillo	Litoral de Huelva
4642E	33,2	19/10/2023	Huelva, Ronda Este	Litoral de Huelva
4622X	30,8	22/10/2023	Villarrasa 'Planta de Reciclaje'	Andévalo y Condado
4575X	42,8	22/10/2023	Valverde del Cº (CH.Guadiana)	Andévalo y Condado
4608X	37,4	22/10/2023	El Campillo, El Zumajo	Aracena
4584X	47,2	01/12/2023	El Cerro del Andévalo	Andévalo y Condado
4560Y	41,8	01/12/2023	Alájar, Cabezo Molino	Aracena

Tabla 19. Estaciones y días en los que se ha superado los umbrales de alerta por precipitación en una hora (mm/h). Fuente: AEMET

3 Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación

Según los requerimientos exigidos por la Comisión Europea en el artículo 14 de la Directiva 2007/60/CE de inundaciones y en el artículo 21 del RD 903/2010 que la transpone, las posibles repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones deben tomarse 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).

En cumplimiento de estas disposiciones, desde la elaboración de los primeros Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs) de primer ciclo se vienen incluyendo dentro de su programa de medidas, medidas tales como 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 han ido incorporando en las sucesivas fases de planificación.

La adaptación al cambio climático ha sido un objetivo prioritario para España, debido a la elevada vulnerabilidad de la costa española frente al cambio y la variabilidad climática. En 2006 se aprobó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. El primer Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC-1) ha estado vigente en el periodo 2006-2020. Ya en su segundo ciclo, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC-2) ha sido uno de los compromisos establecidos por acuerdo del Consejo de Ministros en enero de 2020. Uno de los componentes estratégicos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC-2) en materia de adaptación es la integración de propuestas en los distintos planes, programas y normativa de carácter sectorial. Entre los Planes en que se prevé incorporar o reforzar el enfoque adaptativo se encuentran los planes relacionados con el agua: los Planes hidrológicos de cuenca y los planes de gestión del riesgo de inundación, que pretende llevarse a cabo a través de las distintas líneas de acción.

Así, entre los objetivos establecidos para el ámbito de trabajo “agua y recursos hídricos” se encuentran los siguientes:

- ▷ Profundizar en la integración del cambio climático en la planificación hidrológica y la gestión del ciclo integral del agua, dando especial prioridad a la gestión de eventos extremos (sequías e inundaciones).
- ▷ Reducir el riesgo, promoviendo prácticas de adaptación sostenibles, que persigan objetivos múltiples, en materia de uso y gestión del agua y la gestión de los eventos extremos.
- ▷ Reforzar la recogida de parámetros clave para el seguimiento de los impactos del cambio climático en el ciclo hidrológico, uso del agua y eventos extremos.

En Andalucía se aprobó la Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía, que tiene como objeto establecer un marco normativo para estructurar y organizar la lucha contra el cambio climático. Mediante la Ley se creó la Comisión Interdepartamental de Cambio Climático como órgano colegiado de coordinación y colaboración entre las diferentes Consejerías de la Junta de Andalucía y se creó la Oficina Andaluza de Cambio Climático como unidad administrativa de apoyo y fomento de las políticas de mitigación, adaptación y comunicación en materia de cambio climático. Para lograr sus objetivos, la Ley establece como instrumento de planificación general en materia de cambio climático y energía, el Plan Andaluz

de Acción por el Clima (PAAC 2021-2030), que fue aprobado por el Consejo de Gobierno el 13 de octubre de 2021 y publicado mediante el Decreto 234/2021, de 13 de octubre (BOJA número 87 de 23 de octubre de 2021). Este plan marca los objetivos y las medidas de mitigación y adaptación desde el ámbito local y autonómico, para incorporarlos a todas las planificaciones sectoriales, favoreciendo las sinergias entre las actuaciones del sector público y las del sector privado. Entre los objetivos del PAAC se encuentran: el desarrollo de herramientas de análisis y diagnóstico del cambio climático, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero o la elaboración de los escenarios climáticos de Andalucía, entre otros. Del Plan dependerán los programas mitigación y transición energética, adaptación y comunicación y participación de lucha contra el cambio climático.

Dentro del Área Estratégica de Prevención de Inundaciones contemplada en el PACC destacan las siguientes Líneas Estratégicas y Medidas relacionadas con la consideración de los impactos del cambio climático: **Línea estratégica AB12. Integración de los resultados de los escenarios locales de cambio climático en la evaluación preliminar de riesgo de inundaciones de la Planificación de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)** y dentro de ésta la **Medida AB2.M1. Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático.**

En relación con las líneas estratégicas en materia de adaptación, como resultado del ejercicio de evaluación de los impactos climáticos realizados en la fase de diagnóstico del Plan, se identificaron cinco impactos como de alto riesgo, destacando la importancia de los relacionados con el sector del agua, a saber: sequías, disponibilidad y calidad del agua, inundaciones derivadas de la elevación del nivel del mar o inundaciones derivadas de lluvias intensas. Todos ellos con una implicación muy directa en las áreas evaluadas con un mayor nivel de riesgo, como es el caso de la Agricultura, el Turismo o la Ordenación del Territorio.

Para cumplir sus objetivos en esta materia el PAAC propone como herramienta el Programa de Adaptación, con la finalidad de reducir los riesgos económicos, ambientales y sociales derivados del cambio climático mediante la incorporación de medidas de adaptación en los instrumentos de planificación autonómica y local, proponiendo en particular las siguientes acciones:

- Orientar y establecer actuaciones de adaptación al cambio climático de la sociedad andaluza, el tejido empresarial y productivo andaluz, la Administración de la Junta de Andalucía y las entidades locales, según una evaluación de riesgos asumibles basada en un escenario común.
- Ampliar la base de conocimiento acerca de los impactos del cambio climático en el territorio andaluz
- Incentivar la participación de los sectores privados en la identificación de oportunidades y amenazas.

Así, define como objetivo estratégico en materia de adaptación: *Reducir el riesgo de los impactos del cambio climático, minimizando sus efectos.*

La minimización de los efectos deberá conseguirse desde los puntos de vista ambiental, económico y social derivados del cambio climático, mediante la incorporación de medidas de adaptación en los instrumentos de planificación autonómica y local, sentando las líneas para el establecimiento de medidas que permitan una transformación ordenada de nuestra economía hacia otra más resiliente al clima, situando la adaptación de los sectores productivos a los efectos adversos del cambio climático, en la planificación del territorio, el desarrollo de los distintos sectores y actividades de nuestra economía o en la gestión de las infraestructuras y edificaciones.

La Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul a través de su Oficina Andaluza de Cambio Climático, ha desarrollado la “Guía metodológica para la evaluación y seguimiento de los riesgos climáticos en el marco del PAAC, como propuesta de marco metodológico y conceptual de cara a la sistematización y normalización del proceso de evaluación de riesgos climáticos y se encarga de elaborar y de actualizar los Escenarios Climáticos de Andalucía que se tomarán como referencia en los instrumentos de planificación en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

En este sentido, la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul ha llevado a cabo el Proyecto denominado “ELABORACIÓN DE ESCENARIOS LOCALES Y REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO ADAPTADOS AL SEXTO INFORME DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC) Y SU DIFUSIÓN A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN”. Para cada una de las numerosas variables estudiadas en dicho proyecto se presenta un estudio de las características de su evolución futura bajo la acción de los diferentes escenarios de cambio climático estudiados. No obstante, en relación con la componente meteorológica de la precipitación, el análisis se ha centrado en la evolución previsible de la precipitación acumulada anual media, sin tener en cuenta otros factores como la torrencialidad o precipitaciones máximas diarias, que tienen una incidencia más directa en la determinación del riesgo de inundación por lo que no es posible realizar dicho análisis a partir de los datos analizados en la modelización de los distintos escenarios.

En relación con la medida antes mencionada: AB2.M1. “*Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático*”, se encuentra actualmente en proceso de realización, por lo que sus conclusiones se incorporarán al proceso de planificación del riesgo de inundación cuando se concluya el estudio.

3.1 Actualización de los estudios sobre la influencia del cambio climático durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024)

El cambio climático afecta de manera directa e indirecta en varios componentes del ciclo hidrológico, pudiendo ocasionar cambios en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. La atribución de la señal climática y el estudio de estos cambios en las inundaciones recientes representan un importante reto científico-técnico, debido a las múltiples variables implicadas y las incertidumbres existentes. En la web del Ministerio para la Transición Ecológica se puede consultar el documento Inundaciones y Cambio Climático: estudio y experiencias a nivel europeo (2018-2024) donde se revisa de manera sistemática las evidencias científicas del impacto del cambio climático en las inundaciones en Europa y España. Además, se incorpora la actualización de los Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa siendo una de las medidas recogidas en el primer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC). En esta actualización se presenta (1) los valores ajustados a una rejilla de mayor resolución (5 km), empleando la nueva rejilla desarrollada en AEMET(ROCIO_IBEB), (2) la ampliación en el número de modelos de EUROCORDEX (anidados a las proyecciones globales de CMIP5) que incluye el conjunto completo utilizado en el último informe del IPCC-AR6 para el análisis regional de cambio climático, y (3) la aplicación de un nuevo método de ajuste de sesgos que preserva las tendencias (ver descripción detallada en AdapteCCa).

3.1.1 Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos

El último informe publicado en 2022 por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) incide en que el aumento de 1.5°C, respecto a los niveles preindustriales, es alarmante en relación con los impactos hidro-climáticos extremos en el mundo, y en particular en la región mediterránea (IPCC, 2022). Este informe muestra evidencias de que la situación podría agravarse significativamente si el calentamiento medio llegase a 2°C. El informe especifica las trayectorias de gases de efecto invernadero (GEI) que pueden seguir las emisiones mundiales para afrontar la amenaza del cambio climático y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Las últimas proyecciones climáticas aportadas por el IPCC en su AR6 están basadas en la resolución de los modelos climáticos CMIP6 del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas. Estas proyecciones, denominadas vías socioeconómicas compartidas (SSP), incluyen la respuesta climática en base a cinco posibles escenarios que comprenden las posibles trayectorias antropogénicas que impactan en el cambio climático. Los SSP consideran los cambios socioeconómicos futuros y los esfuerzos de mitigación del cambio climático además del concepto existente del escenario RCP del AR5 (Figura 29).

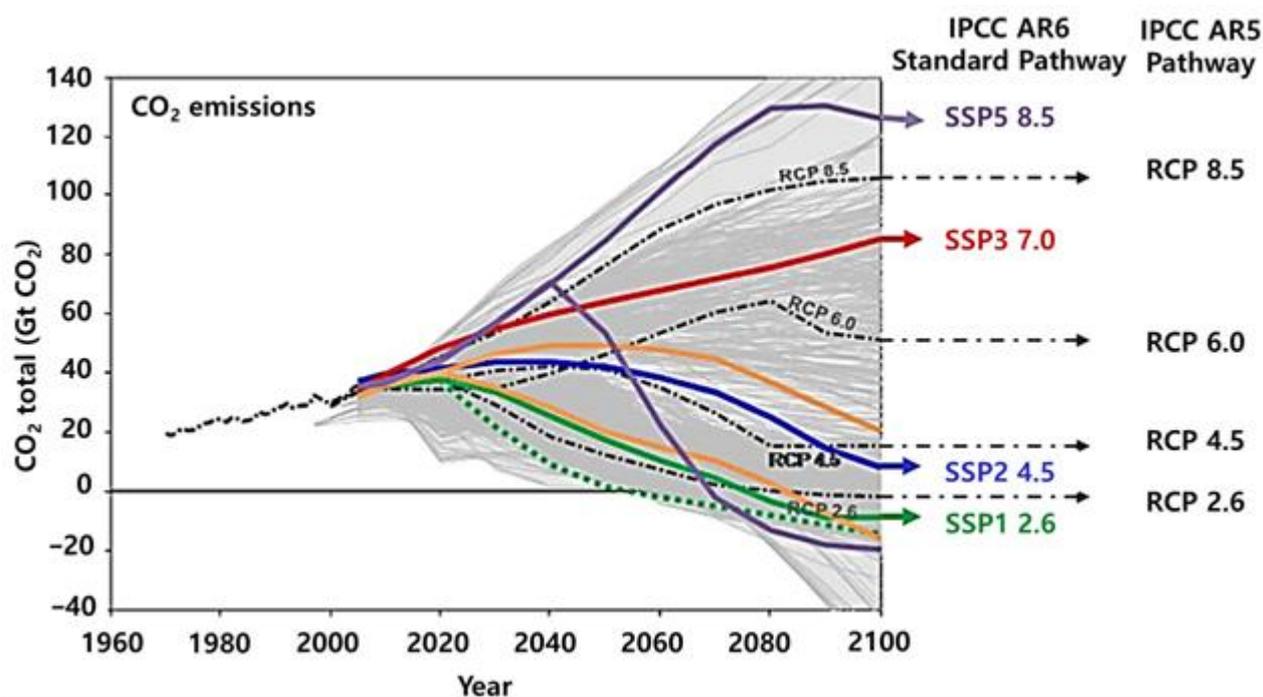


Figura 29. Evolución temporal del CO₂ para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017).

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

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.

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

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

3.1.2 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 30). Se prevé que los episodios de lluvia sean más intensos, especialmente en escenarios de altas emisiones, a pesar de la reducción en el número de días de lluvia al año (Lorenzo y Álvarez, 2020).

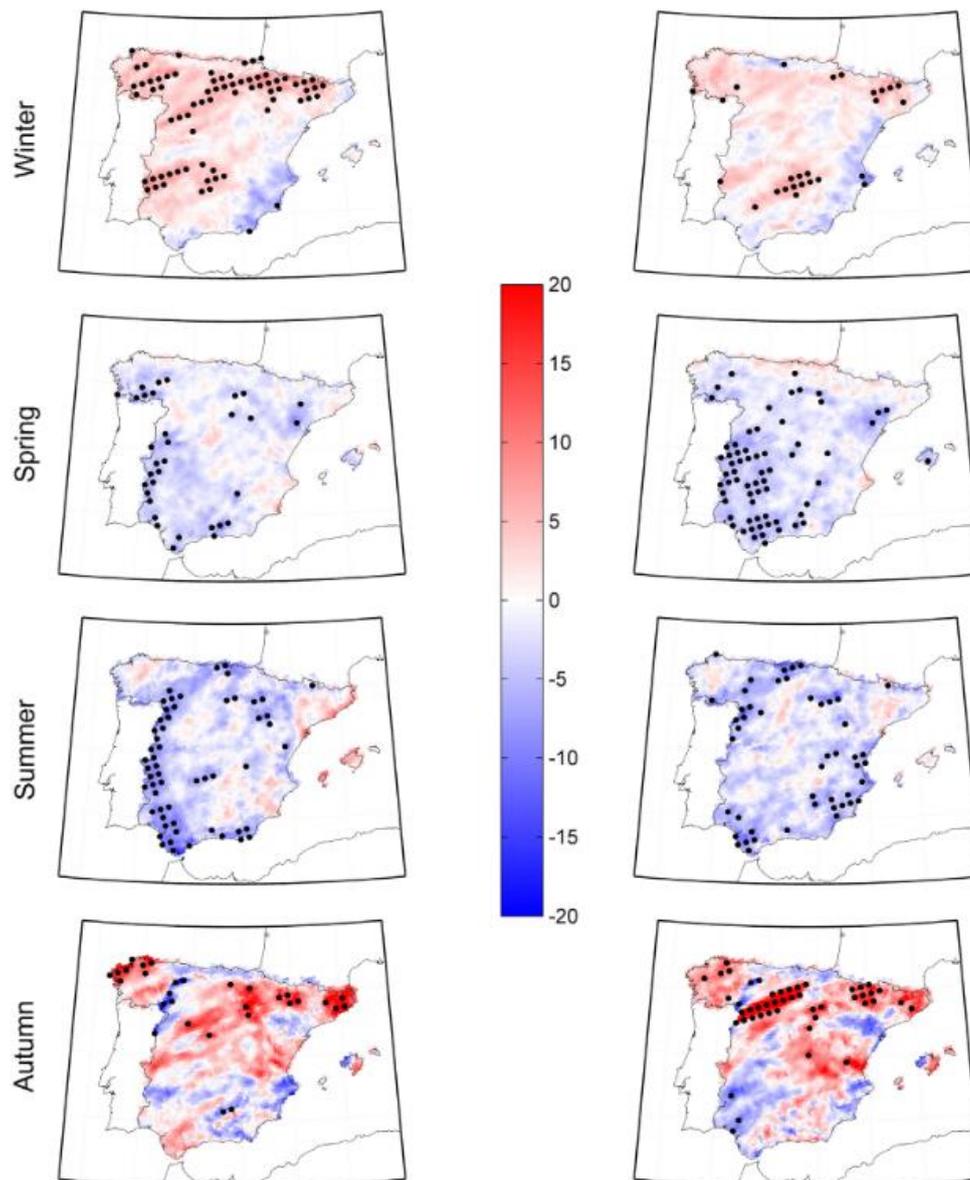


Figura 30: Análisis estacional de los cambios en la precipitación diaria máxima (índice RX1D) proyectado (%) del conjunto de modelos múltiples entre el periodo de referencia (1971-2000) y el periodo futuro próximo (2021-2060) para los escenarios de emisiones RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (según Lorenzo y Álvarez, 2020). Los puntos grises señalan las zonas en las que las diferencias son significativas al nivel de significación del 5 % según la prueba de suma de rangos de Wilcoxon.

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

En la región Mediterránea, los modelos CMIP6 (escenarios SSP) y Euro-CORDEX (escenarios RCP) sugieren aumentos en las curvas de intensidad-duración-frecuencia 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 6 % para T25, 17 % para T50 y 36 % para T100. Sin embargo, para los períodos de retorno < 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 (DANAs) 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.

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 T100 de la EPRI en el Duero, Gadiana y NW Galicia son coherentes con los observados en otoño e invierno por Lorenzo y Álvarez (2020). Del mismo modo, los cambios en las cuencas internas de Cataluña y norte de la demarcación 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 6% para T25, 17% para T50 y 36% para T100.
- Para los períodos de retorno < 25 años, los valores de IDF actuales pueden ser representativas de escenarios futuros.
- Estos resultados llevan implícita una elevada incertidumbre asociada a los modelos climáticos, y especialmente en periodos de retorno elevados.

Proyecciones sobre la cobertura nival en España

Los modelos climáticos son consistentes a la hora de describir una menor cobertura nival en las montañas del territorio español. Así, para finales del siglo XXI, las proyecciones indican una reducción significativa de la cobertura nival en términos de (SWE snow-water-equivalent) asociado a un aumento de la temperatura en la estación de invierno y primavera. Esta reducción se verá afectada, sin embargo, por una alta variabilidad interanual, especialmente en el Pirineo. Se espera que los Pirineos españoles

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

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

- Las proyecciones sobre la cobertura nival se reducirán de manera generalizada, pero con una alta variabilidad interanual, en las montañas del territorio español.
- En el escenario de emisiones más desfavorable, la reducción de la superficie de la cobertura nival será del 66% de diciembre a febrero, y del 95% de marzo a mayo.
- La principal consecuencia es la reducción del caudal medio de los ríos de 2.75-7% en los cursos de montaña
- Los eventos de lluvia sobre nieve, y un deshielo intenso en invierno, pueden sin embargo aumentar la probabilidad de inundaciones, y contribuir de manera significativa al caudal de grandes ríos (ej. Ebro y Duero).

Proyecciones sobre el uso del suelo en España

El uso del suelo juega un papel fundamental en las inundaciones en el territorio español y, por lo tanto, su evolución debe tenerse en cuenta. De acuerdo con los resultados de la plataforma de modelización territorial LUISA (Centro Conjunto de Investigación de la Comisión Europea) el uso del suelo en España puede sufrir importantes cambios para finales de la década (2030) asociados al abandono agrícola (Perpiña Castillo et al., 2020). En 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 en relación a las proyecciones climáticas de caudales en España usando los modelos del AR6 son limitados y están, por lo general, restringidos a ciertas cuencas de estudio.

En la región Mediterránea las proyecciones indican que los caudales medios se verán reducidos, por una menor cantidad de precipitación anual. Sin embargo, la tendencia es opuesta en relación a las precipitaciones extremas, indicando que la probabilidad de ocurrencia de inundaciones repentinas puede aumentar como consecuencia del calentamiento global de 1, 5°, 2° y 3° 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 calentamiento al considerar la combinación de escenarios más desfavorables RCP8.5-SSP5. Si se considera 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 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 (RCP8.5), asociado a procesos de deshielo. A través de la aplicación de modelos de lluvia-escorrentía alimentados con los modelos climáticos desarrollados por la AEMET y EURO-CORDEX se observa que la magnitud de las inundaciones puede aumentar para el escenario RCP8.5, pero reducirse ligeramente para el escenario RCP4.5. Los modelos indican que es probable que las inundaciones se 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 T100 y T500 (Figura 31) -Garijo y Mediero 2018-. El aumento de los caudales máximos de diseño es casi entre un 10 % y un 30 % mayor en RCP 8.5 que en RCP 4.5.

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 del AR6 solo se han completado en unas pocas cuencas piloto.
- Los estudios indican que los caudales de descargas máximas de diseño para períodos de retorno menores a 10 años podrían disminuir, pero se pueden observar un aumento de la probabilidad de inundaciones mayores a la T100 para los RCP más desfavorables.
- En el NW de la península las proyecciones apuntan a una disminución de los caudales máximos para eventos ordinarios (>10 años) y aumento para los eventos raros (500-1000 años).
- En el SE peninsular, las inundaciones actuales de 100 años podrán generarse en el futuro por lluvias de entre 10 y 1000 años, dependiendo de la posición del núcleo de las tormentas.
- El efecto combinado con el aumento del nivel del mar puede aumentar la peligrosidad de inundaciones en todo el litoral.

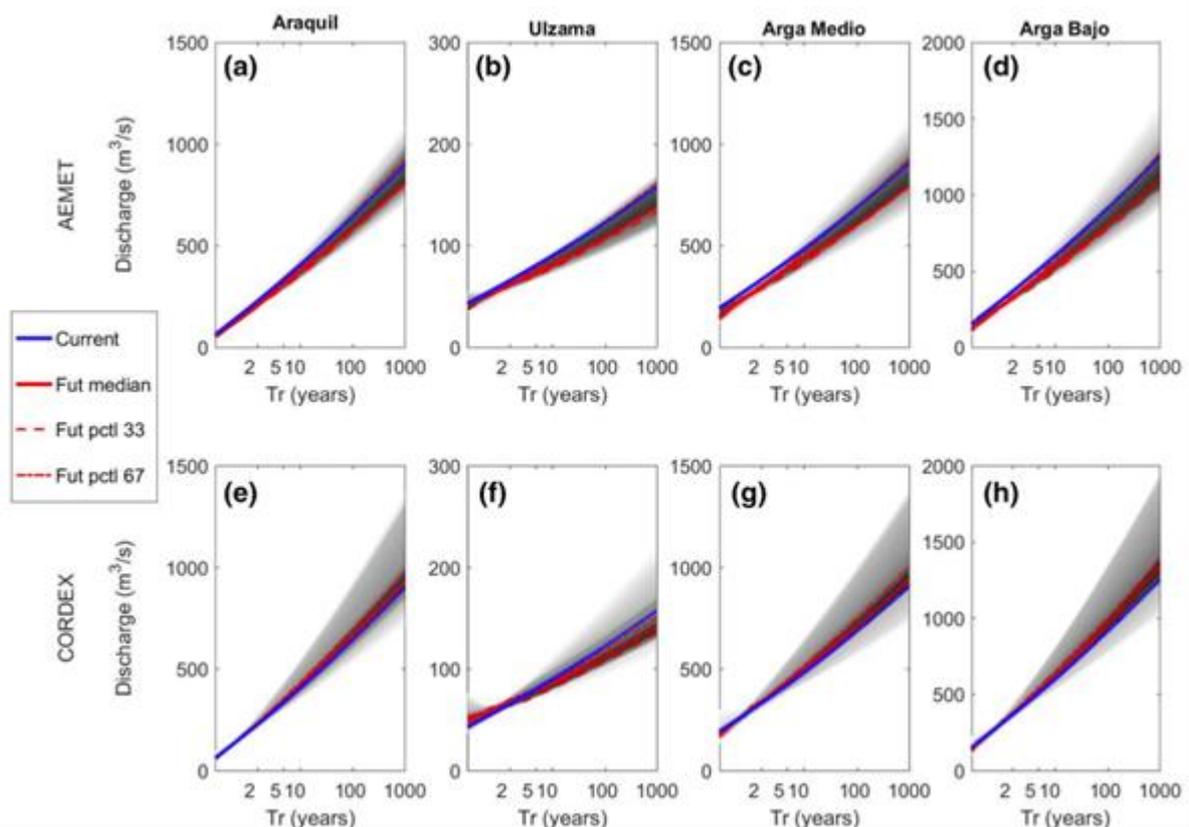


Figura 31: Ejemplo de curvas de frecuencia de inundaciones esperadas (Tr periodo de retorno) en el futuro para el RCP 8.5 para el río Arga (Garijo y Mediero, 2018). La línea azul gruesa representa la simulada con modelos hidrológicos, la línea roja sólida muestra la mediana de los modelos climáticos; y las líneas rojas discontinuas muestran los percentiles 33º y el 67º de los modelos climáticos.

3.1.3 El visor de escenarios de cambio climático para España (AdapteCCa.es)

El visor de escenarios de cambio climático en España (AdapteCCa.es) es fruto de la colaboración entre el grupo de trabajo de escenarios - PNACC (la Oficina Española de Cambio Climático), la Agencia Estatal de Meteorología, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas 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 a una resolución de 5 km en todo el territorio nacional. Los modelos utilizados incluyen varias opciones del EUROCORDEX (anidados a las proyecciones globales de CMIP5), así como la nueva versión del conjunto completo utilizado en el último informe del IPCC-AR6 para el análisis regional de cambio climático. Los resultados están corregidos con un nuevo ajuste de sesgos que permite mejorar los valores obtenidos.

AdapteCCa (acceso en este [link](#)) es fruto del primer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030), cuyo objetivo es 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, estando previsto que en breve incluya las nuevas proyecciones regionalizadas a partir de la última generación de proyecciones globales (CMIP6). Esta herramienta permite:

1. Visualizar datos de rejilla ajustada de los modelos EUROCORDEX, así como obtener valores históricos de la AEMET puntuales o en rejilla de la AEMET (Figuras 32, 33),
2. Trabajar con 19 indicadores relacionados con la temperatura y 8 sobre la precipitación,
3. Usar valores absolutos o anomalías,
4. Escenarios: históricos, RCP4.5 y RCP 8.5 (los escenarios SSP serán introducidos en breve)
5. Elegir distintos horizontes temporales (años completos y meses) (Figura 34).



Figura 32: 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.

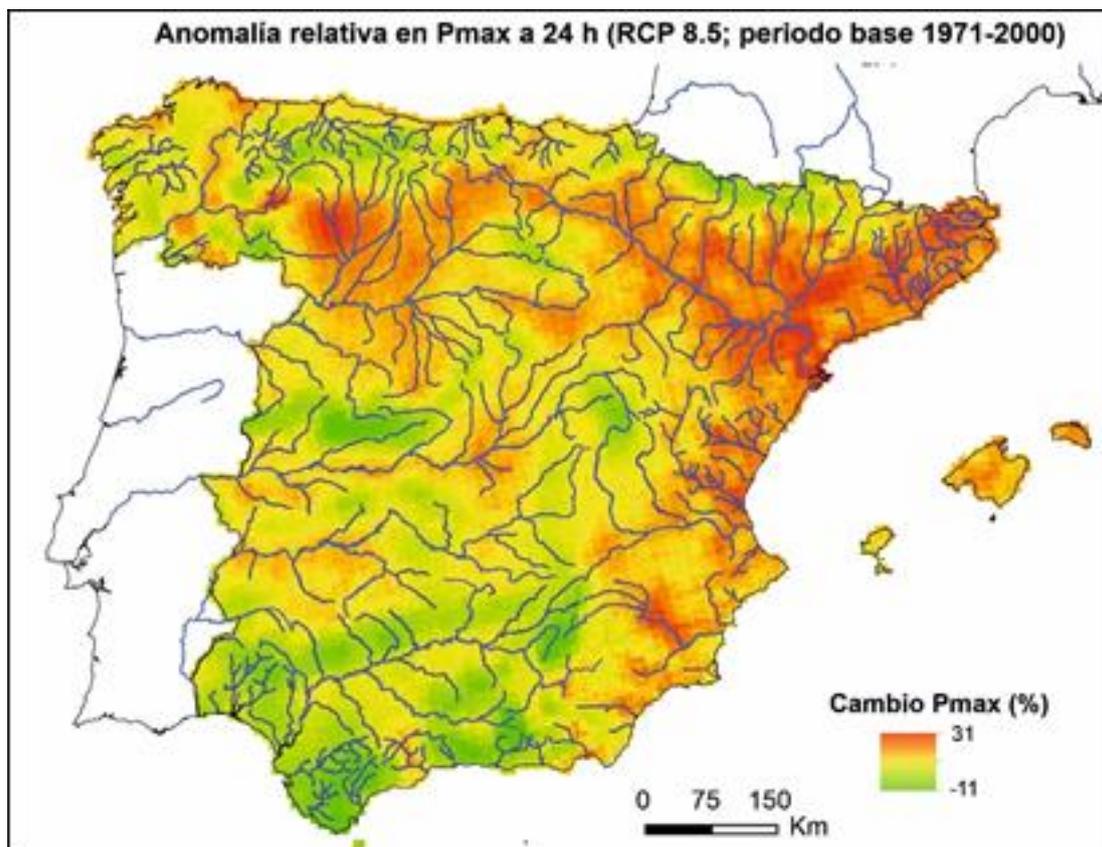


Figura 33: Salida gráfica en formato SIG de las proyecciones de cambio (%) de la variable precipitación máxima en 24 horas para un horizonte temporal medio (2075) para escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español.

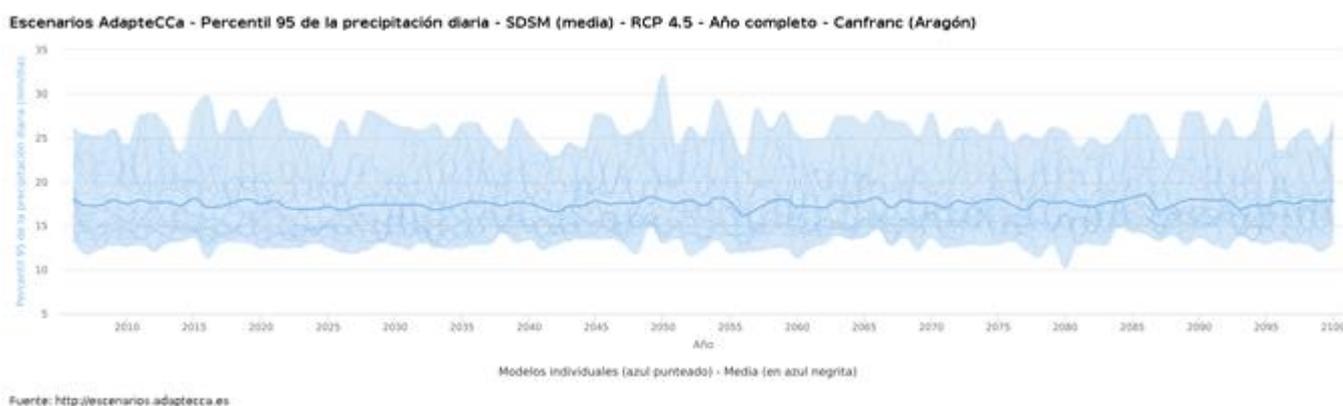


Figura 34. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en Canfranc (Huesca).

3.2 Consideración del aumento del riesgo asociado al cambio climático en la posible declaración de nuevos tramos ARPSI

Para la incorporación del cambio climático en la vigente revisión de la EPRI y con el objetivo de considerar la posibilidad de incluir nuevas zonas de riesgo, se parte, al igual que se hizo 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). Pero, a diferencia de los documentos de revisión de los planes, donde la identificación de los tramos fluviales que previsiblemente podrían sufrir un aumento del riesgo se realizó mediante la cuantificación de los cambios en la precipitación diaria máxima anual acumulada, para esta nueva fase se desarrolla una metodología centrada en identificar los tramos a partir de una valoración cuantitativa del cambio en los caudales de avenida como consecuencia del cambio climático. Se describe a continuación la metodología desarrollada por el CEDEX, cuyas diferentes fases se irán aplicando progresivamente durante este tercer ciclo de la Directiva de inundaciones, adaptándolas, en su caso, a las particularidades de cada demarcación hidrográfica.

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

Estimación de las tasas de cambio en cuantil de caudal

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

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

El método racional modificado asume ciertas hipótesis simplificadoras que sólo son asumibles en cuencas de un tamaño máximo de, como mucho, unos cientos de 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.

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

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

Identificación preliminar de tramos candidatos a ARPSI

Con el objetivo de seleccionar nuevos tramos fluviales 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 considerados vulnerables. Para ello, se crea un polígono o área de influencia asociada al tramo mediante un buffer a cada lado del mismo, cuyo ancho se calcula en relación a la superficie de cuenca. El ancho del buffer a utilizar en cada tramo de la red se obtiene a través de una correlación entre las superficies de cuenca y la anchura de las zonas inundables de las ARPSI actualmente declaradas. Este ancho característico deducido de la correlación descrita se utiliza para crear un buffer hacia las márgenes de cada tramo, de la mitad de ese ancho, superponiendo las áreas de influencia resultantes.

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

deben eliminarse, lógicamente, todos aquellos que constituyan tramos ya declarados ARPSI en los ciclos anteriores de la EPRI. Asimismo, se eliminan aquellos tramos en los que la tasa de cambio en cuantil de precipitación máxima diaria anual acumulada en la red fluvial, para el periodo de retorno de 500 años, tiene un valor <10 % para los dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y 8.5), al considerar que el impacto del cambio climático en esos casos no será significativo. Este umbral ya se empleó en las metodologías desarrolladas en etapas anteriores para la incorporación del efecto del cambio climático en la revisión de la EPRI y de los PGRI de 2º ciclo.

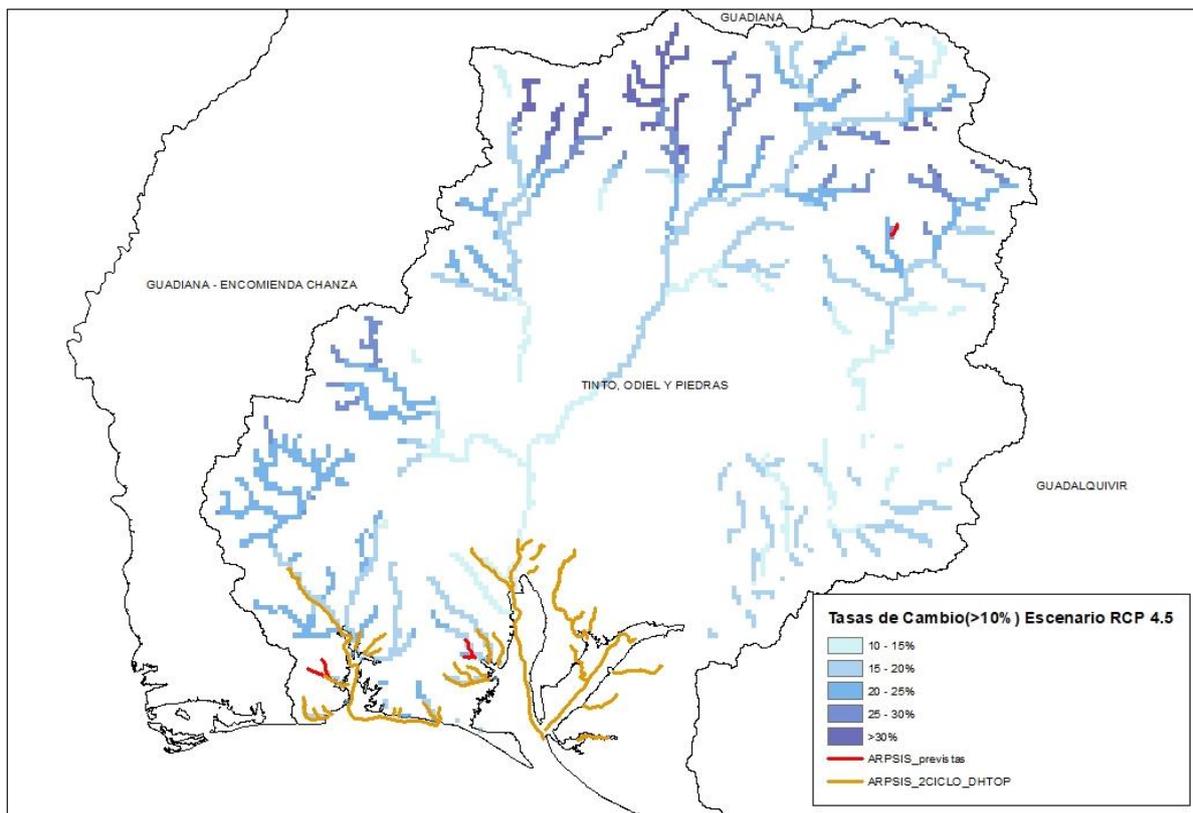


Figura 35. Tramos de la red fluvial que presentan tasas de cambio en cuantil de precipitación máxima diaria anual acumulada >10% para el escenario RCP 4.5 y su relación con los tramos ARPSI declarados o previstos

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

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

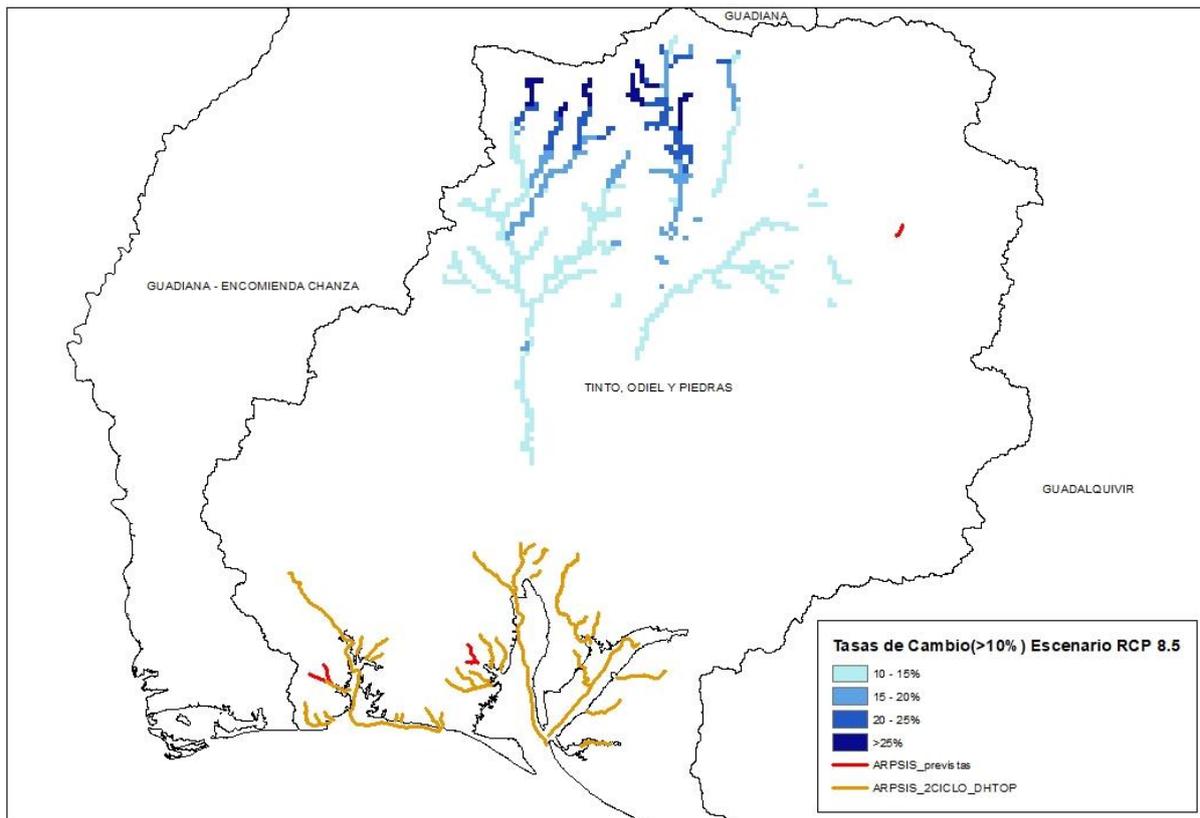


Figura 36. Tramos de la red fluvial que presentan tasas de cambio en cuantil de precipitación máxima diaria anual acumulada >10% para el escenario RCP 8.5 y su relación con los tramos ARPSI declarados o previstos

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

Por último, se valorará el previsible aumento de inundabilidad en los tramos candidatos identificados previamente, así como sus posibles consecuencias sobre el incremento del riesgo. Este incremento de inundabilidad y riesgo estará asociado al aumento de los caudales de avenida por efecto del cambio climático. Para valorar el aumento de la inundabilidad derivada del cambio climático, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Descarga del modelo digital del terreno (MDT) y del modelo digital de superficies (MDS) de la zona procedentes del LIDAR de 2m x 2m del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
2. Obtención, empleando el MDT y herramientas de SIG, de:
 - a. La pendiente media del tramo.
 - b. Una sección característica del tramo en estudio.
3. Obtención de información sobre el coeficiente de rozamiento (n de Manning) tanto del cauce como de las márgenes del tramo. Se recomienda emplear para ello:
 - a. Capa de usos del suelo del SIOSE.
 - b. Tabla “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000” del Anejo V de la “Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)”.

4. Cálculo hidráulico simplificado en régimen uniforme para determinar un valor aproximado del calado en situación actual y en situación futura en el tramo en estudio, partiendo de los caudales en situación actual y futura. Se puede emplear para realizar el cálculo el software HECRAS del US Army Corps of Engineers (USACE).
5. Creación de una superficie de nivel de inundación para cada situación, actual y futura, a partir de los calados obtenidos en el cálculo hidráulico anterior, mediante herramientas de análisis espacial de SIG.
6. Intersección de la superficie de nivel con el modelo digital de elevaciones del LIDAR (MDS), obteniendo la extensión de inundación estimada tanto en situación actual como en situación futura.

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

Como resultado de la aplicación del proceso metodológico antes descrito, se han obtenido los siguientes resultados para la demarcación hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras:

► **Tramos fluviales declarados ARPSIS en los que se prevé un incremento del riesgo de inundación al presentar tasas de cambio significativas para alguno de los dos escenarios de emisiones considerados:**

- ES064_ARPS_0002: Arroyo Puentezuelo
- ES064_ARPS_0001: Río Piedras, aguas abajo de la Presa del Piedras hasta desembocadura
- ES064_ARPS_0009: Arroyo Lepe
- ES064_ARPS_0012: Caño La Culata
- ES064_ARPS_0015: Estero del Colmenar
- ES064_ARPS_0017: Arroyo Domingo Negro
- ES064_ARPS_0021: Río Odiel, desde Gibraleón hasta desembocadura
- ES064_ARPS_0016: Arroyo Chorrillo del Valle
- ES064_ARPS_0011: Barranco del Fraile

► **Tramos fluviales propuestos para su declaración como ARPSIS en los que se aprecia un aumento del riesgo de inundación por presentar tasas de cambio significativas para alguno de los dos escenarios de emisiones considerados:**

- ES064_ARPS_0037: Arroyo de Santa María en Nerva (nueva Arpsi)
- ES064_ARPS_0040: Arroyo de la Gaga en Lepe (nueva Arpsi)
- ES064_ARPS_0041: Arroyo Pozo del Pilar en Lepe (nueva Arpsi)

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

El cambio climático se prevé que 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 37).

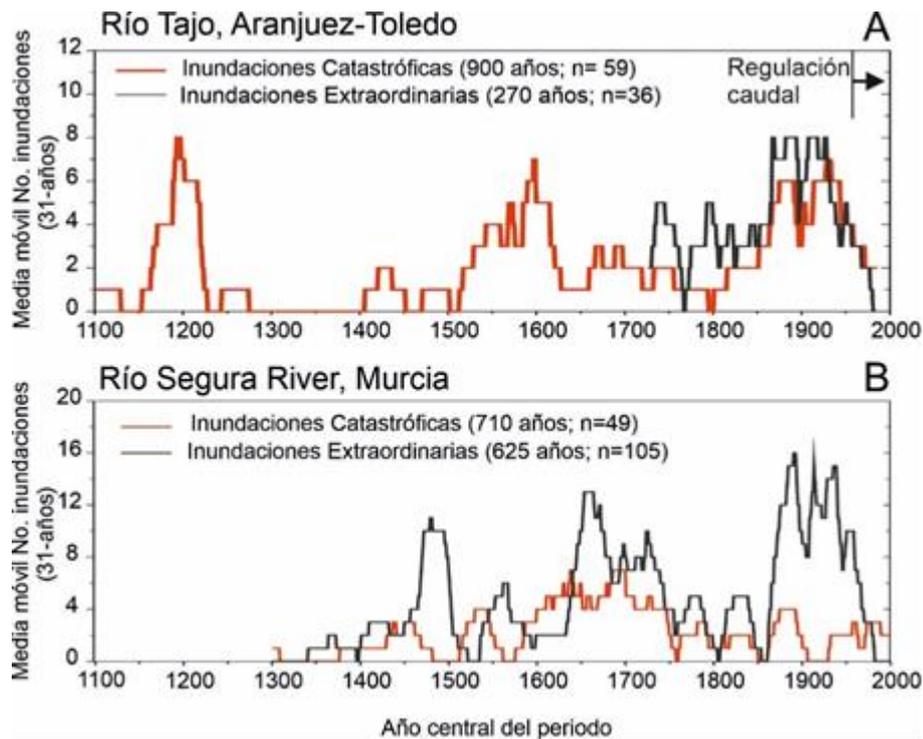


Figura 37. Distribución temporal de la media móvil del número de inundaciones históricas registradas durante los últimos 900 años en el Río Tajo (Aranjuez-Toledo) y en el Río Segura en Murcia. Extraordinarias implica desbordamiento y daños menores. Catastróficas presentan daños económicos significativos. "n" número de casos.

Para mejorar el posible 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 aplicar un enfoque de gestión adaptativa. Este conocimiento permite adoptar soluciones a las condiciones cambiantes (i. e., nueva información) sobre la base de un proceso iterativo continuo de revisión. La idea que subyace en esta propuesta consiste en abordar la problemática del efecto del cambio climático en las inundaciones partiendo de una escala local (bottom-up) basada en el análisis de eventos extremos bajo el clima pasado, presente y futuro. Por un lado, los registros de las inundaciones pasadas (históricas y paleo-inundaciones) aportan información sobre los efectos de la variabilidad climática en los caudales máximos y, por otro, los datos de extremos con escenarios de cambio climático basados en modelos de clima muestran el efecto del calentamiento global en las inundaciones. Estas dos metodologías son complementarias y requieren estudios detallados a escala local y de cuenca fluvial (Figura 38). 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.

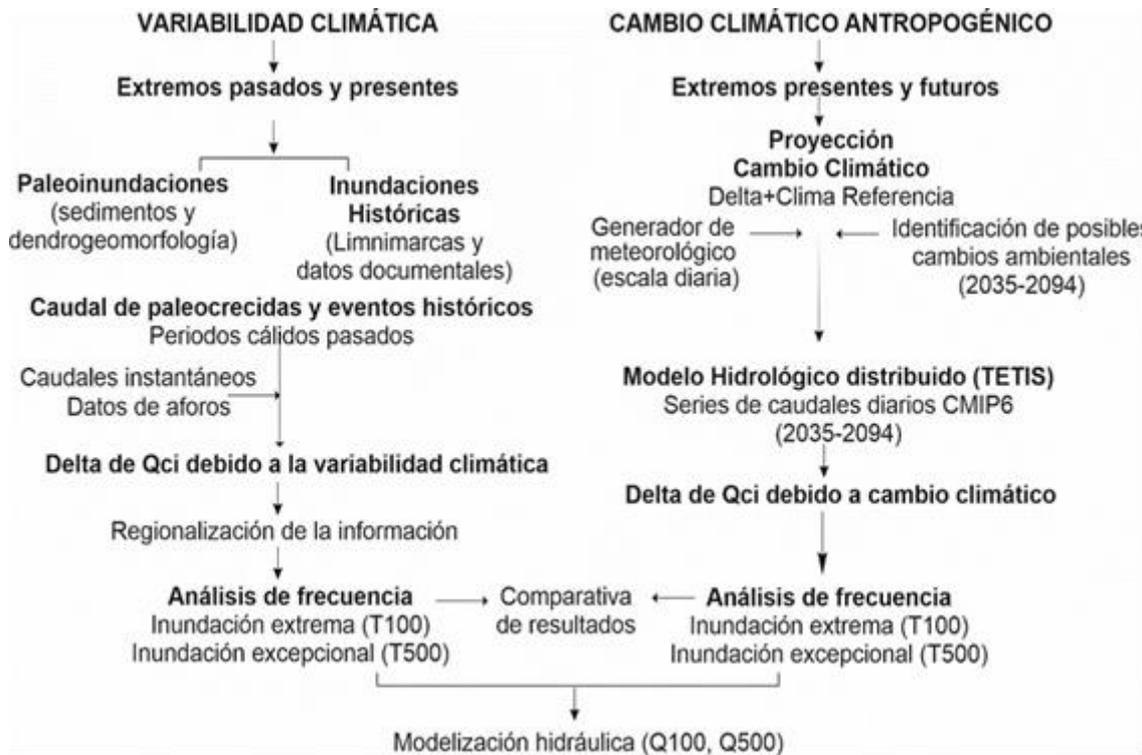


Figura 38: Esquema metodológico para el análisis de la variabilidad climática (extremos pasados y presentes) y del cambio climático bajo escenarios de emisiones (extremos presentes y futuros).

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 climáticos anidados con modelos hidrológicos. La metodología basada en desviaciones de caudales respecto a máximos del pasado constituye una práctica beneficiosa (win-win), de relativo bajo coste y que permite avanzar en la adaptación al cambio climático. Igualmente, esta información del pasado proporciona una evidencia “real” de sucesos de inundación que posibilitan la recuperación de la cultura del riesgo.

El estudio de las inundaciones extremas del pasado y presente (cuencas aforadas y no aforadas) se basa en la información derivada de los registros histórico, paleohidrológico e instrumental. Por lo general, el primer paso consiste en recolectar toda la información existente en la cuenca de estudio, particularmente la información histórica contenida en archivos históricos, hemerotecas de periódicos locales y regionales, u otras fuentes documentales como grabados, fotos o descripciones orales. Durante este proceso, se puede registrar información cualitativa y cuantitativa que aporte evidencias sobre la ocurrencia de eventos de inundación en el 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 pero 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 realizados en España sobre paleoinundaciones 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 los usos 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 basada 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 cómo 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.

- Como resultado de los tramos estudiados en cuencas de superficie >1500 km² la diferencia en porcentaje de caudal introducidos por la variabilidad climática es de ~20-30% superior, para las inundaciones de T-100 y T-500, respectivamente. En cuencas pequeñas esta diferencia varía entre el 30-50%, respecto al caudal observado.

En el estudio de los efectos del cambio climático con escenarios de emisiones prescritos por el IPCC (Tabla 20), 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.

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

Las previsiones climáticas se obtienen del experimento EURO-CORDEX, donde se utilizan un total de 12 combinaciones diferentes de Modelos de Circulación Global (MCG) y Modelos de Circulación Regional (MCR), incluyendo la precipitación diaria y la temperatura mínima y máxima con una resolución espacial de 0,11° (Tabla 20). Estos datos incluyen un periodo de control (1971-2000), una proyección a medio plazo (2035-2064) y una proyección a largo plazo (2065-2094). Las proyecciones utilizadas corresponden a la Senda de Concentración Representativa (RCP) 8.5, que representa un escenario algo de emisiones continuas de CO₂ a lo largo del siglo 21. Además, se utilizan datos de temperatura (corregidos de sesgo) para crear series temporales de Evapotranspiración Potencial (ET0).

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

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

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

Esta metodología se ha aplicado a un número reducido de cuencas 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 EUROCORDEX para un escenario de emisiones RCP8.5 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.

3.3.1 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 20 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 39). 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.

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).

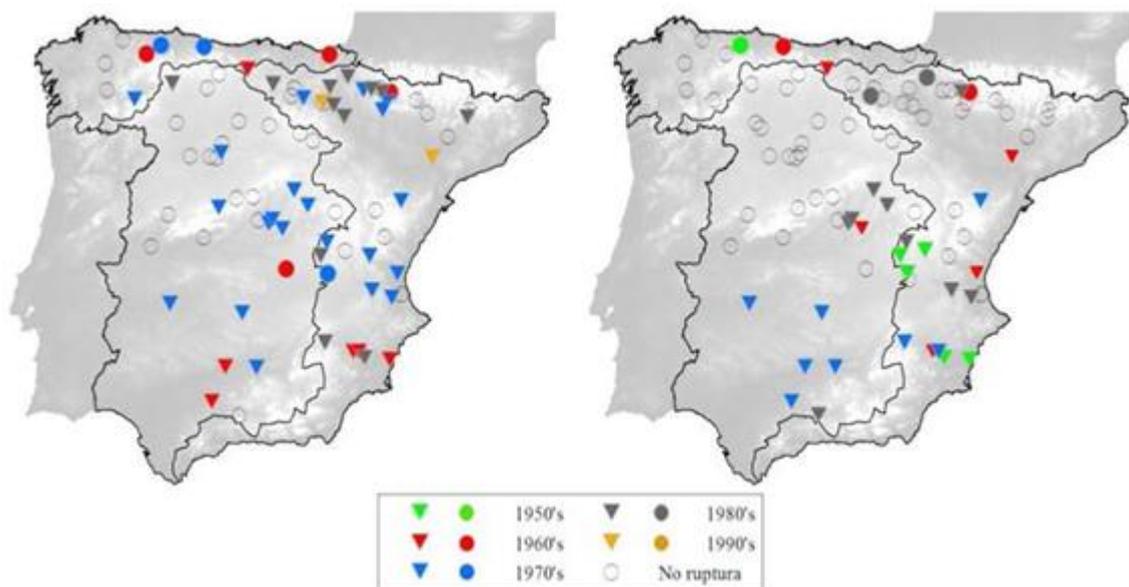


Figura 39.- Mapas con la distribución espacial de las series de caudales máximos con puntos de ruptura en la media (derecha) y varianza (izquierda). Los triángulos indican descenso en la media o varianza después del punto de ruptura, mientras los círculos indican incremento (López de la Cruz, 2013).

Los registros del pasado evidencian una mayor variabilidad de los caudales extremos tanto espacial como temporalmente, en respuesta a las alteraciones de la circulación atmosférica, presentando una mayor sensibilidad en las inundaciones más extremas (inundaciones de T50 años y superiores). En las regiones mediterráneas la mayoría de los estudios indican que las magnitudes de las paleoinundaciones fueron mayores que las inundaciones observadas en estaciones de aforo. La caracterización de la torrencialidad del caudal de eventos pasados muestra un patrón espacial muy similar a la representada en los cambios de precipitación para periodos de retorno de 100 años en escenarios de emisiones altas (RCP 8.5). 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 40).

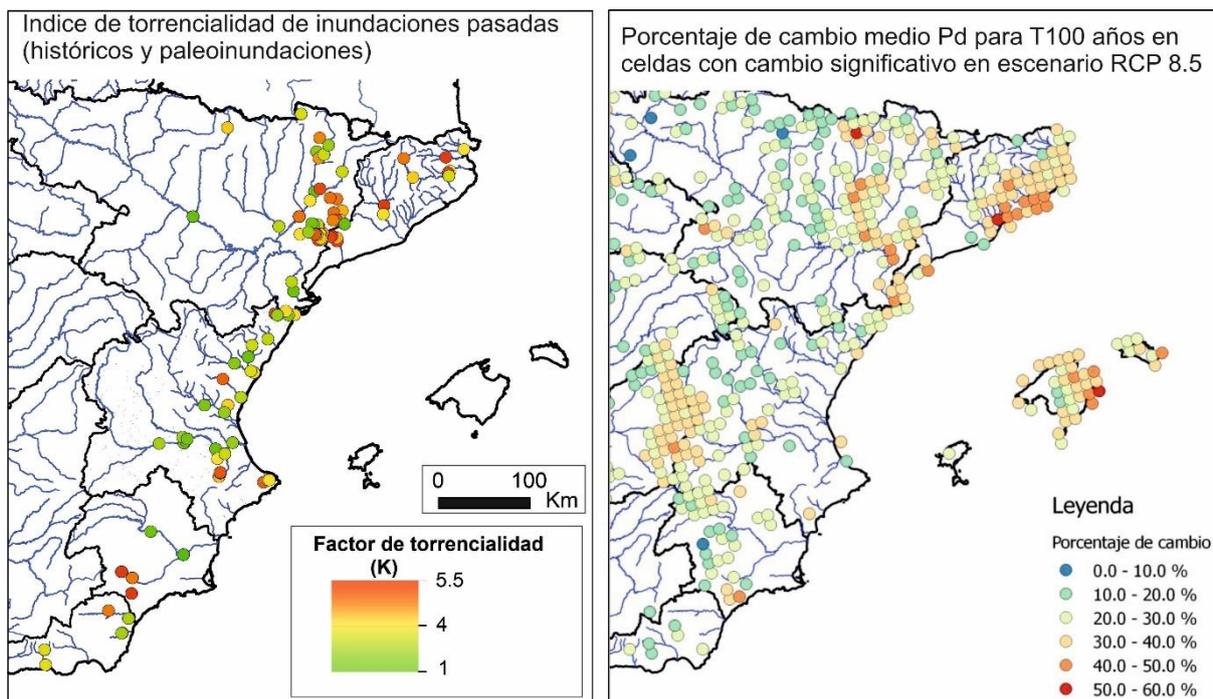


Figura 40. Izquierda: Valor del índice de torrencialidad calculado para los tramos con información de caudal del pasado (histórico y paleoinundaciones). Derecha: Cambio medio de la precipitación media Pd para eventos de 100 años de periodo de retorno estimados para un escenario RCP 8.5 (MITECO, 2018).

Un ejemplo de la variabilidad obtenida en base a datos del pasado se muestra para la demarcación del Júcar (Figura 41). 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.

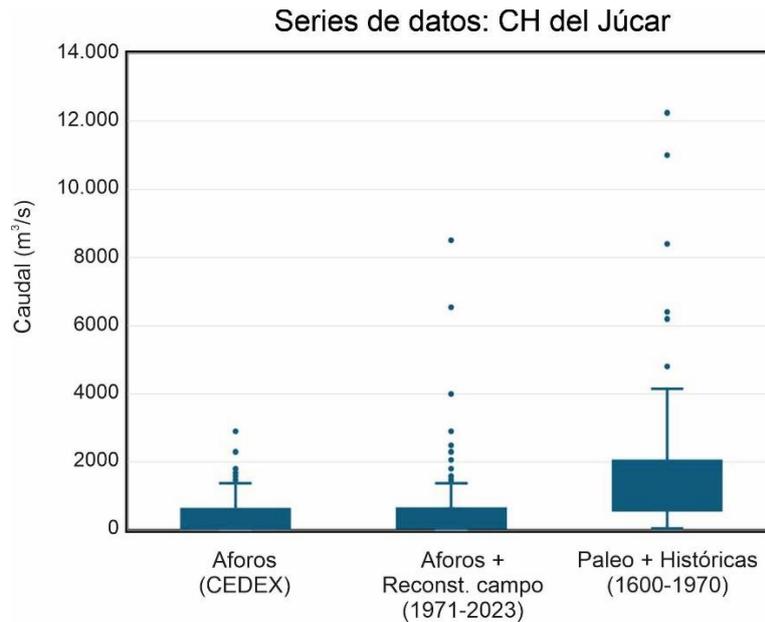


Figura 41. Series de datos analizados en el caso de estudio en la CH del Júcar.

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 + 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 para el 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 42). Evidentemente, estas diferencias reflejan no sólo la variabilidad del clima sino también los cambios de uso del suelo, factores que resultan complicados de separar. Sin embargo, estos cambios de uso igualmente afectan a las proyecciones de caudal máximo asociadas al cambio climático que, en algunos casos, pueden ser superiores a los efectos del cambio climático.

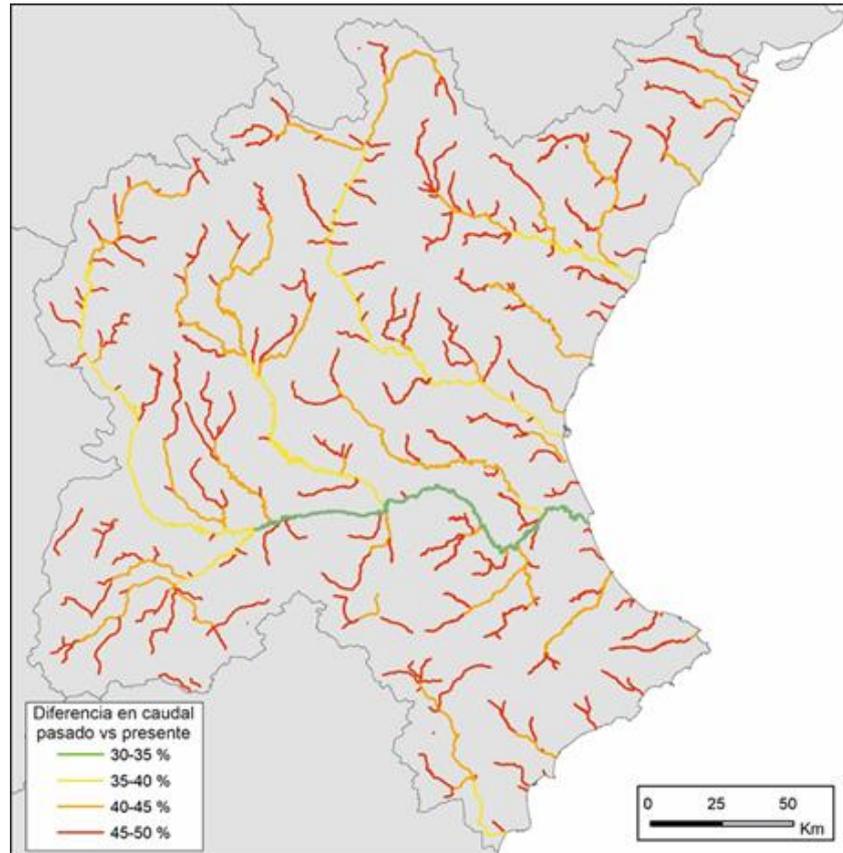


Figura 42. Regionalización de caudales máximos en la Demarcación del Júcar. Se muestra la diferencia en caudal máximo (%) entre de los caudales máximos obtenidos con datos de pasado (periodo 1600-1970) respecto a los caudales máximos actuales (1971-2023). En los caudales actuales se incluyen únicamente datos de estaciones de aforo.

3.3.2 Incidencia del 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 escurrimiento que contribuyen a los caudales de inundación. Por tanto, debemos de explorar los diversos impactos no sólo del cambio climático, sino del cambio global en general que afectan a la generación de la escurrimiento, 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 a tener en

cuenta en los estudios particulares de las ARPSI se han diferenciado según el aspecto metodológico con mayor afinidad dentro de los ciclos previos de la Directiva de Inundaciones (Tabla 21).

Metodología	1.º y 2.º ciclo de aplicación de la Directiva	Estudios a incorporar en futuros ciclos de la Directiva
Hidrología	Análisis estadísticos	Análisis de tendencias Modelos no estacionarios
	Simulación P-E	Cambios de uso del suelo
Hidráulica	Geometría lecho fijo	Cambios en rugosidad Cambios en la geometría del cauce
	Flujo agua sin carga sedimentaria	Transporte sedimentos y carga flotante
Geomorfología	Cauce histórico y zona inundable	Incisión y agradación
	Morfometría fluvial	Morfodinámica (Espacio de Movilidad Fluvial)
Información Histórica	Documentales	Paleoinundaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Evidencias sedimentarias - Botánicas (dendro) - Archivo documentales
	Fotografías	

Tabla 21. 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 a nivel global, 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). Dentro de los procesos de

cambio producidos durante las últimas décadas en el ámbito de esta demarcación destaca el proceso generalizado de transformación de antiguos espacios forestales en invernaderos que se han extendido tanto en la franja litoral como prelitoral desencadenando importantes procesos erosivos y de sedimentación en los niveles de desembocadura, por lo que es necesario que se aborden estudios específicos encaminados a determinar su influencia en el riesgo de inundación durante episodios de lluvias intensas.

En la siguiente tabla se recogen algunas de las principales afecciones del cambio climático sobre el sistema fluvial, que pueden agravar los efectos de las avenidas.

COMPONENTE	POSIBLES EFECTOS
CUENCA VERTIENTE	Incremento incendios
	Cambios de usos del suelo/prácticas agrarias más o menos sostenibles
	Variación de la cobertura vegetal (incremento desertificación)
RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS	Incremento del volumen de sedimentos debido al aumento de erosión, la desertificación, los incendios forestales y otros cambios en los usos suelo
	Variación en la movilidad de sedimentos (mayor movilidad si aumentan las inundaciones, y menor movilidad si disminuye el caudal)
MORFOLOGÍA FLUVIAL	Variación de la movilidad del trazado (aumento o estabilización) debido al cambio en el régimen de caudales y sedimentos
	Alteración de las formas del lecho
	Desequilibrio o alteración de los procesos de incisión y acreción, modificando la geometría de las secciones del cauce y su perfil longitudinal
	Desequilibrios en la granulometría del lecho (homogeneización, colmatación, etc.)
VEGETACIÓN ACUÁTICA Y DE RIBERA	Alteraciones en la extensión y composición de las formaciones de ribera
	Cambios en el emplazamiento de especies (aumento colonización en cauce, disminución de la conectividad de la vegetación, migraciones altitudinales)

Tabla 22. Principales afecciones del cambio climático sobre el sistema fluvial

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) estudian la producción de escorrentía y sedimentos con 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 43). Las variables determinantes de estos cambios de los usos del suelo se obtienen 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.

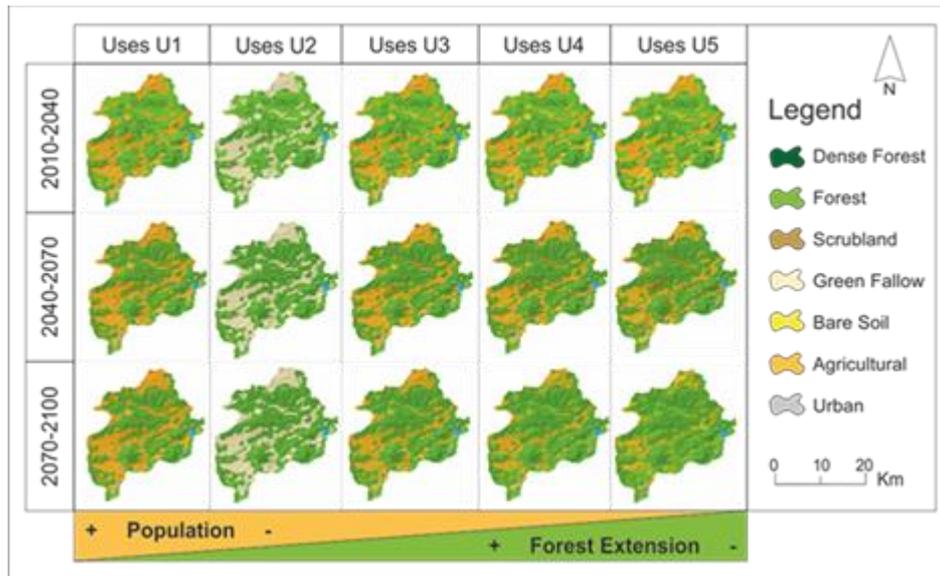


Figura 43. Ejemplo de configuraciones de usos del suelo implementadas en el estudio de la cuenca alta del Guadalentín para diferentes periodos temporales, que se simulan junto con variables obtenidas de modelos de clima futuro (Rodríguez-Lloveras et Al., 2016).

En el ejemplo de la cuenca alta del Guadalentín, las tierras abandonadas mostraron una alta tasa de erosión durante el primer intervalo modelado de 30 años, con una reducción progresiva en los períodos 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 a 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 taponamiento de puentes e infraestructuras transversales. Igualmente, la disminución de la velocidad en algunas zonas con vegetación contribuye a incrementar las tasas de sedimentación. Por otro lado, la propia dinámica fluvial produce cambios o perturbaciones en la morfología del cauce que pueden ser de tipo estacional (acumulación de gravas en barras), progresivas (e.g. erosión de banco en orilla cóncava), o bruscas (avulsión de meandros) en relación con inundaciones extraordinarias. En estos casos, el cambio en la sección transversal y geometría longitudinal de cauce genera un cambio topográfico que se refleja en los caudales de desbordamiento, y por tanto en la extensión de las zonas inundables para un mismo caudal. En numerosos casos la carga sólida puede suponer más de un tercio del volumen total del caudal pico. Igualmente, los procesos asociados al transporte de sedimentos pueden derivar en sedimentación en determinadas partes del cauce y facilitar los desbordamientos de la llanura de inundación. La carga de sedimento sólido que acarrea el flujo de inundación tiene un alto potencial para obstruir o represar la corriente, modificar la geometría del cauce, así como para modificar las propiedades del flujo (Vazquez-Tarrío et al., 2024). Por ello, se propone cuantificar el arrastre e incorporación de sedimentos durante los eventos de inundación.

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

3.4 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 (ARPSIs) una metodología que sugería la recopilación de la información fácilmente disponible sobre: topografía y cartografía existente, geomorfología, información histórica, usos del suelo, red e infraestructuras hidráulicas, estudios de inundabilidad, cambio climático y planes especiales de protección civil.

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

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

- **Sesgo temporal:** sólo considera eventos pretéritos de inundación de los últimos 2200 años (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 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).

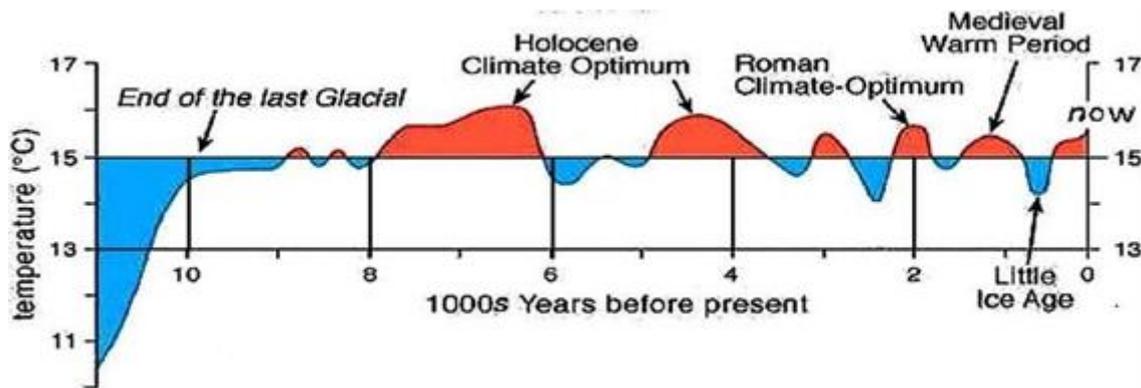


Figura 44. Ciclos de oscilaciones de la temperatura desde el final de la última glaciación

Por ello, la delimitación en la EPRI de las ZIPs usando únicamente información histórica documental puede conducir a una visión parcial y distorsionada de las verdaderas zonas de inundación potencial, sobre todo en condiciones de clima cambiante. Para paliar esos sesgos, especialmente el temporal (ampliando el rango hasta miles o decenas de miles de años, en los valores de periodos de retorno del reglamento de seguridad de presas) y espacial (para que cualquier sector del territorio, aforado o no, tenga registro de inundaciones pretéritas) hay que buscar otras fuentes de información que complementen o incluso sean una alternativa a las inundaciones históricas documentales e instrumentales.

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

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

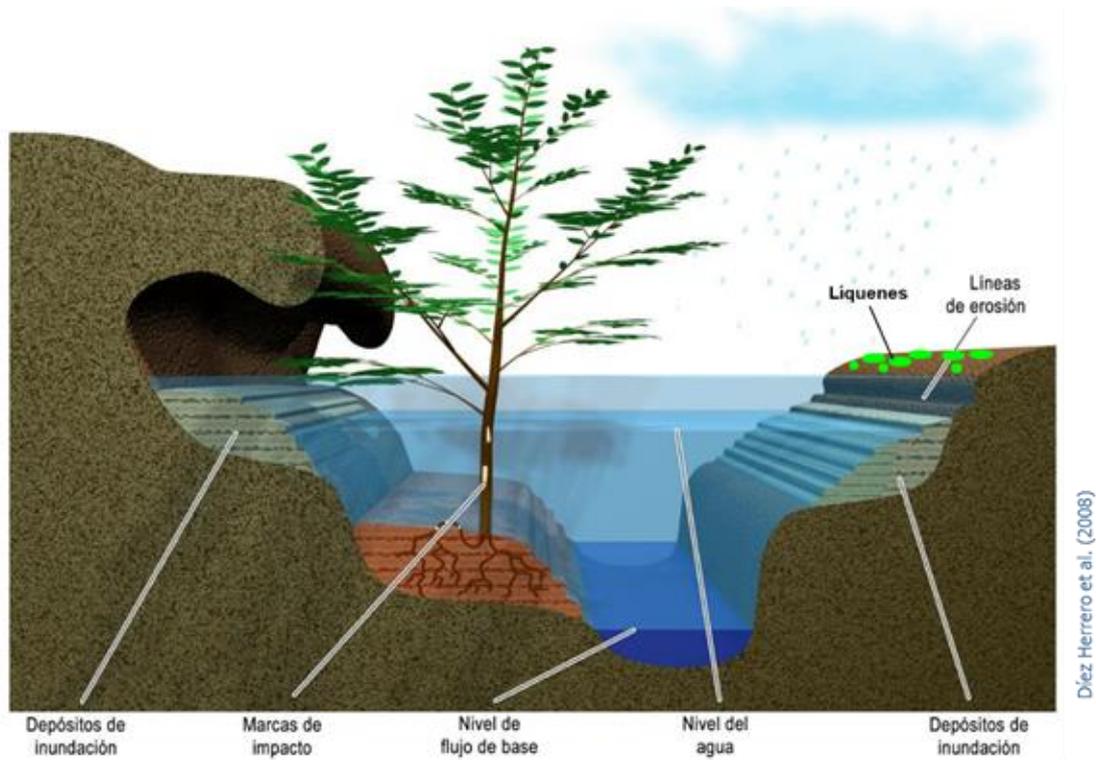


Figura 45. Diferentes tipos de registros empleados para el estudio de las inundaciones pretéritas

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 uso (Harden et al., 2021).

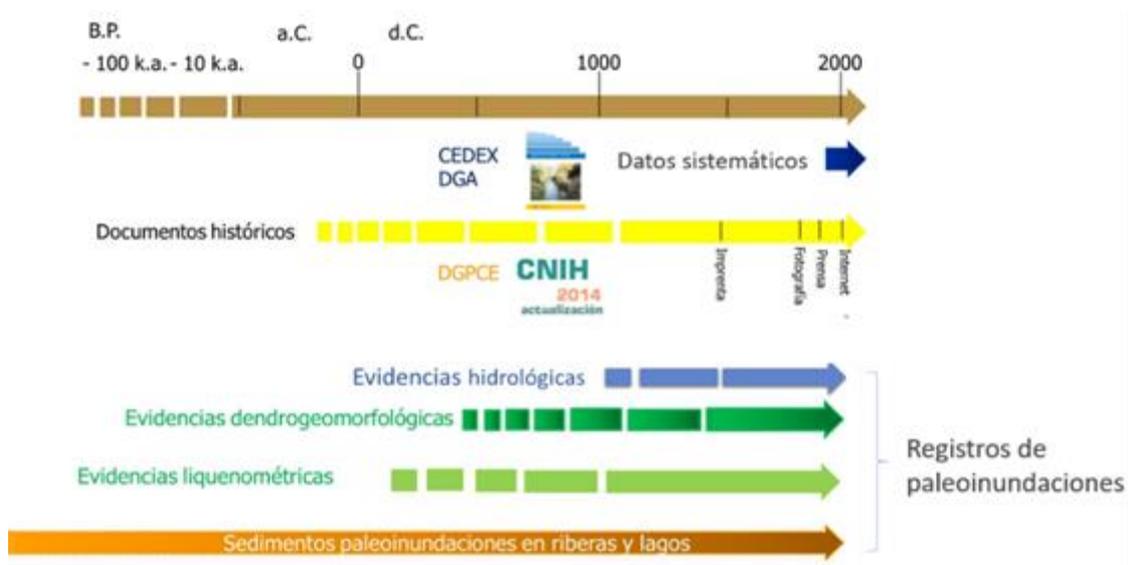


Figura 46. Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas

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

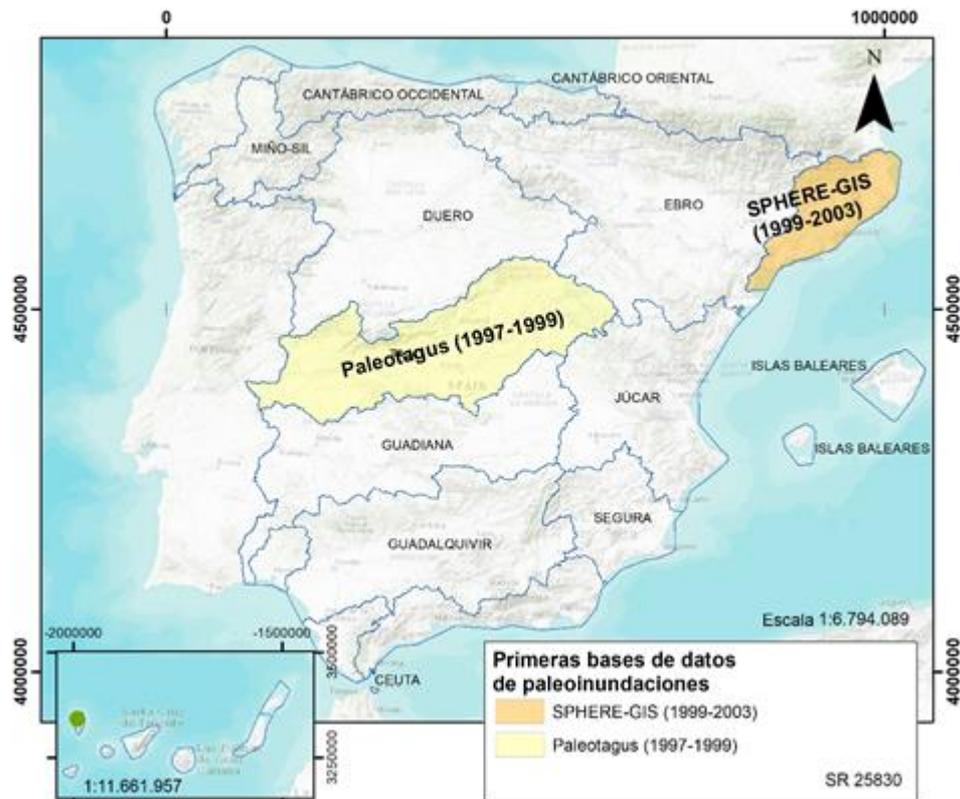


Figura 47. Primeras bases de datos sobre registros de paleoinundaciones en España

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 del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), fundamentalmente del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Instituto Geológico y Minero de España e Instituto de Geociencias y varias universidades españolas y extranjeras, han publicado más de 126 documentos científicos y técnicos: 117 artículos en revistas (sobre todo internacionales), 5 capítulos de libros y 4 informes técnicos.

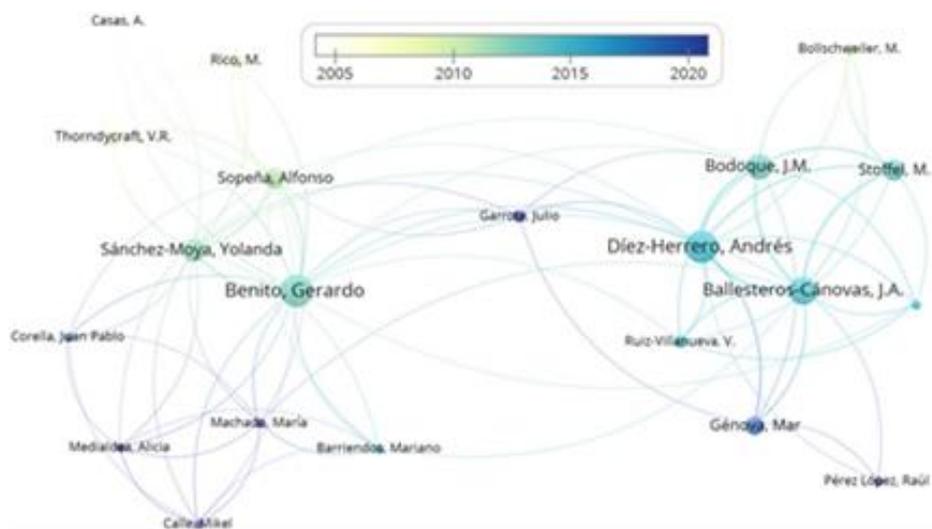


Figura 48. Principales equipos de investigación sobre registros de paleoinundaciones en España

La Dirección General del Agua del MITERD, conocedora de la existencia de esta importante fuente de información, pero difícilmente accesible por encontrarse en publicaciones muy especializadas, en inglés y no fácilmente comprensible, salvo para los expertos, encargó al Instituto Geológico y Minero de España que, en colaboración con el MNCN, recopilase las publicaciones sobre paleoinundaciones existentes 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.). El resultado se ha concretado en la elaboración de una base de datos georreferenciada de paleoinundaciones en España (PaleoRiada).

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 Geospaciales (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).

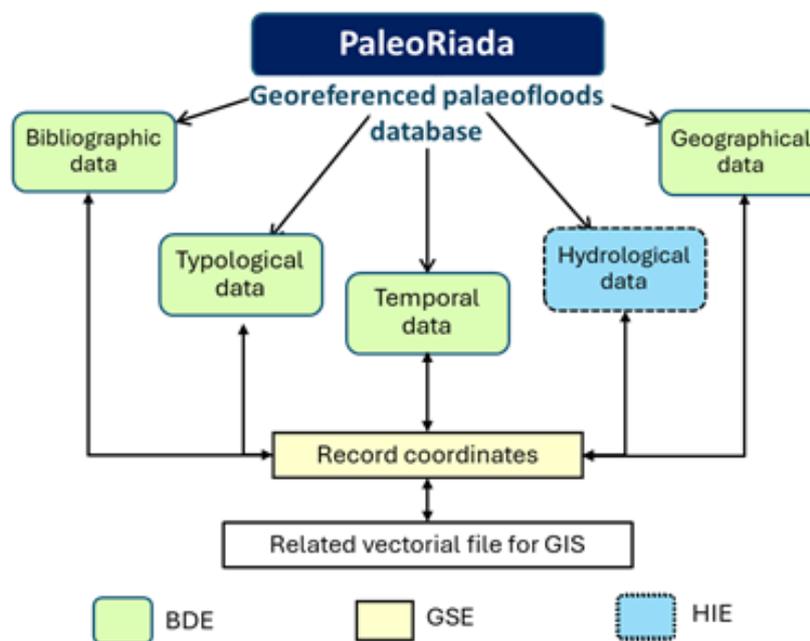


Figura 49. Características temáticas y espaciales aplicadas a los registros de paleoinundaciones en la Base de datos Paleo Riada

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).

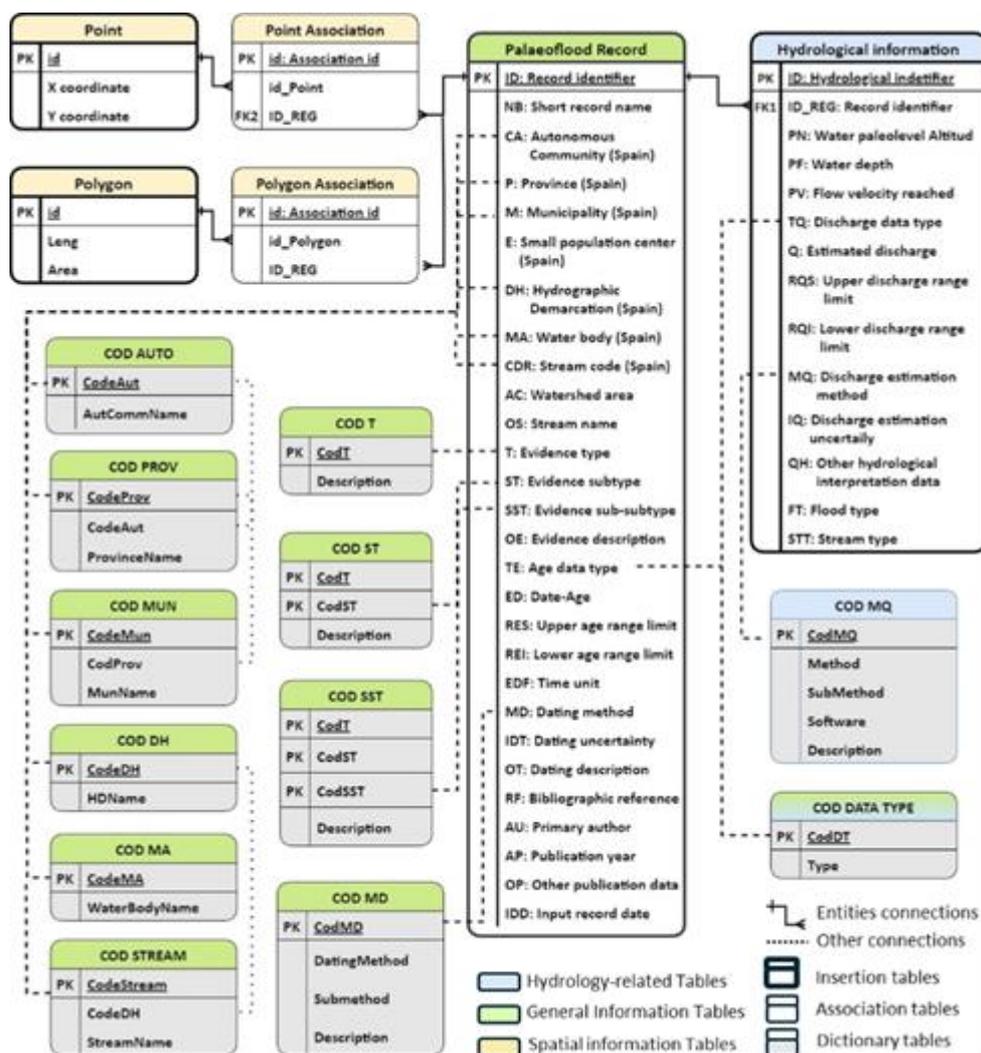


Figura 50. Estructuración de los datos de los registros que conforman la Base de datos Paleo Riada

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.

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, si bien no existe ninguno de ellos en el territorio de esta demarcación hidrográfica.

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

Las costas son zonas especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático, al situarse en la interfaz entre la tierra y el mar y estar sometidas a procesos que las convierten en zonas altamente dinámicas. Las condiciones históricas de diversas variables climáticas (peligrosidad) tales como la temperatura, viento o nivel del mar se están viendo alteradas por efecto del cambio climático, convirtiéndose en generadores de impactos que afectan a los bienes, infraestructuras o ecosistemas situados en la costa.

Los principales impactos, pero no únicos, identificados en la costa son la inundación y erosión, los cuales dependen del oleaje, la marea meteorológica y el aumento del nivel medio del mar. Usualmente, se ha identificado al aumento del nivel del mar como principal responsable de los impactos del cambio climático en la costa. Sin embargo, una adecuada evaluación de los impactos en la costa requiere tener en cuenta también los cambios en el oleaje y la marea meteorológica. Hasta el momento, la complejidad en el análisis de las proyecciones de estas variables y su inclusión en los modelos de impacto ha hecho que, generalmente en estudios anteriores, se haya usado únicamente el aumento del nivel del mar como principal inductor de la inundación y erosión en la costa por efecto del cambio climático. Más aún, las decisiones asociadas a las estrategias de adaptación al cambio climático en la costa deben tomarse en un marco incierto, lo que requiere mejorar las metodologías y la información existente, con el fin de acotar la incertidumbre y poder así hacer un uso más acertado y eficiente de los recursos disponibles.

Los estudios sobre la influencia del cambio climático en las inundaciones marinas iniciados durante la EPRI del segundo ciclo (apartado 4.2 del documento, disponible en el enlace: <https://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/agua/inundaciones/segundo-ciclo-2021-2027/evaluacion-preliminar-riesgo#collapseService3>) fueron completados tal y como se recoge en el documento del PGRI de segundo ciclo vigente (apartado 5.2 de la Memoria, disponible en el enlace: <https://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/agua/inundaciones/segundo-ciclo-2021-2027/proyectos-planes-gestion-riesgo#collapseService9>), en el que se describe detalladamente la metodología de evaluación de los efectos sobre las inundaciones marinas, información que sigue siendo válida hasta que se actualice con los datos de las nuevas proyecciones climáticas.

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, en noviembre de 2019 se presentaron 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>

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

Acceso al Informe resultado de esta tarea:

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea_4_pima_adapta_mapama_digitalweb-comprimido_tcm30-523734.pdf

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

La misión del PEN es guiar la toma de decisiones para ordenar las actuaciones y realizar por la DGCM en el ámbito nacional durante el presente ciclo de gestión, desde la actualidad (año de referencia 2022) hasta 2045, en el marco de sus competencias. Para ello, el PEN incluye una propuesta de 5 programas de actuación, que se desarrollan en 17 actuaciones estratégicas y 80 actuaciones específicas de ámbito nacional, con el fin de mejorar la comprensión de las características y funcionamiento del sistema costero y hacer posible la racionalización de las intervenciones sobre el mismo alineándolas con las funciones y usos permitidos de la costa.

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

4 Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación

Una vez actualizada la información disponible y tras la aplicación de los criterios de revisión enunciados en el apartado 2 se presentan a continuación las principales conclusiones obtenidas:

4.1 Revisión de las ARPSIS previamente declaradas

Tras revisar la información existente del Segundo ciclo, se ha visto la necesidad de modificar el ámbito en dos de los ámbitos previamente declarados (la ES064_ARPS-0009 “Arroyo Lepe” y la ES064_ARPS-0023 “Río Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura”), de acuerdo con los criterios justificativos que se exponen a continuación, manteniéndose en las mismas condiciones el resto de las ARPSIS que se declararon en el ciclo anterior.

Al igual que en la revisión de la EPRI anterior, uno de los criterios empleados en este ciclo ha sido la revisión de la cartografía de zonas inundables para comprobar la posible existencia de zonas vulnerables que hubiesen quedado fuera de los ámbitos declarados ARPSI. Dicha revisión no ha comportado cambios por este criterio en la demarcación, ya que no se ha constatado la presencia de elementos vulnerables que hubiesen quedado fuera de los ámbitos ARPSI actualmente declarados. En cambio, sí se ha comprobado la existencia de áreas vulnerables fuera de Arpsi al haberse producido episodios de inundaciones durante el período 2017-2023 en las que se han producido daños significativos en zonas urbanas que no estaban identificadas como inundables, como ocurre en la Arpsi ES064_ARPS-0009 “Arroyo Lepe”, tras las inundaciones del 23 de septiembre de 2021 que afectaron a la mayor parte del casco urbano de Lepe no incluido dentro de este ámbito ARPSI, y en la ES064_ARPS-0023 “Río Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura”, tras las inundaciones ocurridas el 30 de octubre de 2023, que afectaron a los términos onubenses de Trigueros y de San Juan del Puerto.

Como resultado de ello se ha procedido a la modificación del ámbito ARPSI 0009 situando su límite a partir de la confluencia de los Arroyos del Pozo del Pilar y de la Gaga, mientras que los dos arroyos situados aguas arriba han sido declarados como nuevas Arpsis desde la entrada al núcleo urbano hasta dicha confluencia. En lo que respecta a la Arpsi del Río Tinto se ha procedido a modificar su delimitación hacia el norte para incluir las zonas de riesgo existentes tanto en el núcleo urbano de San Juan del Puerto como en el término de Trigueros hasta el arroyo del Salinero.

ÁMBITO ARPSI	Revisión de la cartografía de Z.I.	Episodios recientes	Reajuste de ámbitos entre ARPSIS	Solicitud ayuntamiento	Juicio experto
ES064_ARPS_0009 Arroyo Lepe	-	Sí	Sí	-	-
ES064_ARPS_0023 Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura	-	Sí	-	-	Sí

4.2 Declaración de nuevos ámbitos ARPSI

De acuerdo con los criterios de revisión señalados en la Metodología se ha propuesto declarar cinco nuevos ámbitos ARPSI en esta demarcación: el arroyo de Santa María o del Romeral, en la población de Nerva; los arroyos de la Notaría y Cañada del Pozo del Judío, en el término de Aljaraque, y los arroyos de la Gaga y del Pozo del Pilar, en Lepe, especificándose en la siguiente tabla los criterios que concurren en cada uno de ellos para su declaración:

ÁMBITO ARPSI	Revisión de la cartografía de Z.I.	Episodios recientes	Actualización Estudios sobre cambio climático	Solicitud del ayuntamiento	Juicio experto
ES064_ARPS_0037 Arroyo de Santa María o del Romeral	-	Sí	Sí	Sí	Sí
ES064_ARPS_0038 Arroyo de la Notaría	-	Sí	-	-	Sí
ES064_ARPS_0039 Arroyo Cañada del Pozo del Judío	-	Sí	-	-	Sí
ES064_ARPS_0040 Arroyo de la Gaga	-	Sí	Sí	-	Sí
ES064_ARPS_0041 Arroyo del Pozo del Pilar	-	Sí	Sí	-	Sí

La propuesta de declaración como Arpsi del arroyo de Santa María o del Romeral, en Nerva, responde a los criterios de ocurrencia de episodios graves de inundaciones recientes, ocurrido el 19 de diciembre de 2019. Los importantes daños sufridos por la población han quedado expuestos de forma detallada en el apartado 2.1. referido a los eventos de inundación ocurridos en el período 2017-2023 así como en el extenso informe elaborado por el ayuntamiento tras el suceso que conmovió a la población. Además de este concurre la solicitud presentada por el ayuntamiento de este municipio a través de su escrito del 23 de noviembre de 2023; su inclusión a propuesta de los técnicos de la Delegación Territorial en Huelva y por encontrarse entre los tramos fluviales de la demarcación en los que se prevé un incremento del riesgo de inundación como resultado de la actualización del estudio sobre los efectos del cambio climático, al presentar tasas de cambio significativas, como se ha expuesto en los resultados del apartado 3.2.

La propuesta de declaración de los Arroyos de la Notaría y del Pozo del Judíos, en el término de Aljaraque, se justifica por la existencia de un riesgo comprobado a través de los episodios recurrentes de inundaciones cuyos datos se reflejan en la Tabla del apartado 2.1., así como su inclusión a propuesta de los técnicos de la Delegación Territorial en Huelva.

En el caso de los arroyos de Gaga y del Pozo del Pilar a su paso por el casco urbano de Lepe coinciden los mismos criterios señalados para los dos arroyos de Aljaraque, con un episodio de inundación reciente muy grave, que tuvo lugar el 23 de septiembre de 2021, según se recoge en el apartado 2.1. a los que hay que añadir su inclusión entre los tramos fluviales de la demarcación que presentan tasas de cambio significativas por lo que se prevé un incremento del riesgo de inundación como resultado de la actualización del estudio sobre los efectos del cambio climático.

4.3 Resultado final de la propuesta de actualización de las ARPSIs de la demarcación

La relación de ARPSIs fluviales y/o pluviales incluyendo las declaradas en los dos ciclos anteriores, así como las modificadas e incorporadas como resultado de la revisión y actualización realizada de este Tercer ciclo se muestra en la siguiente Tabla, donde se exponen en color **negro** las ya declaradas en ciclos anteriores; en color **azul** las que se modifican y en color **rojo** las que se proponen como nuevas.

ARPSIS DE ORIGEN FLUVIAL Y/O PLUVIAL		
CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES064_ARPS_0001	Arpsi Piedras	Río Piedras, aguas abajo de la Presa del Piedras hasta desembocadura
ES064_ARPS_0002	Arpsi Piedras	Arroyo Puentezuelo
ES064_ARPS_0003	Arpsi Piedras	Arroyo Pilar
ES064_ARPS_0004	Arpsi Piedras	Arroyo Rivera
ES064_ARPS_0005	Arpsi Piedras	Arroyo Valsequillo
ES064_ARPS_0006	Arpsi Piedras	Arroyo Regajo 2
ES064_ARPS_0007	Arpsi Piedras	Arroyo Regajo 3
ES064_ARPS_0008	Arpsi Piedras	Arroyo Regajo 5
ES064_ARPS_0009	Arpsi Piedras	Arroyo Lepe
ES064_ARPS_0010	Arpsi Piedras	Barranco La Vera
ES064_ARPS_0011	Arpsi Piedras	Barranco Fraile
ES064_ARPS_0012	Arpsi Piedras	Caño La Culata
ES064_ARPS_0013	Arpsi Odiel	Arroyo Valdeclaras
ES064_ARPS_0014	Arpsi Odiel	Arroyo El Redondel
ES064_ARPS_0015	Arpsi Odiel	Estero del Colmenar
ES064_ARPS_0016	Arpsi Odiel	Arroyo Chorrito del Valle
ES064_ARPS_0017	Arpsi Odiel	Arroyo Domingo Negro
ES064_ARPS_0018	Arpsi Odiel	Arroyo Coronillas
ES064_ARPS_0019	Arpsi Odiel	Arroyo La Bocina
ES064_ARPS_0020	Arpsi Odiel	Arroyo Tejar
ES064_ARPS_0021	Arpsi Odiel	Río Odiel, desde Gibrleón hasta desembocadura
ES064_ARPS_0022	Arpsi Tinto	Rivera Nicoba
ES064_ARPS_0023	Arpsi Tinto	Tinto desde San Juan del Puerto hasta su desembocadura
ES064_ARPS_0024	Arpsi Tinto	Arroyo Las Cabañas
ES064_ARPS_0025	Arpsi Tinto	Arroyo San José
ES064_ARPS_0026	Arpsi Tinto	Caño La Rivera de Niebla
ES064_ARPS_0027	Arpsi Tinto	Arroyo Valcasao
ES064_ARPS_0028	Arpsi Tinto	Arroyo Montemayor
ES064_ARPS_0029	Arpsi Tinto	Estero Domingo Rubio
ES064_ARPS_0037	Arpsi Nerva	Arroyo de Santa María o del Romeral
ES064_ARPS_0038	Arpsi Odiel	Arroyo de la Notaría
ES064_ARPS_0039	Arpsi Odiel	Arroyo Cañada del Pozo del Judío
ES064_ARPS_0040	Arpsi Piedras	Arroyo de la Gaga
ES064_ARPS_0041	Arpsi Piedras	Arroyo del Pozo del Pilar

Tabla 23. Relación de Arpsis fluviales tras la revisión de la EPRI del Tercer Ciclo

ARPSIs de origen costero

En cuanto a las ARPSIS declaradas por riesgo de inundación costera, tras la actualización de la EPRI anterior existían cinco ARPSIs costeras con una longitud de 43,66 kilómetros. Para este Tercer Ciclo la Dirección General de la Costa y el Mar no ha realizado nuevos trabajos de revisión, por lo que no se ha

añadido ninguna ARPSI nueva a tener en cuenta en esta Revisión y Actualización para el Tercer ciclo y, por tanto, se mantienen las cinco ya declaradas que se enumeran en la siguiente Tabla.

RELACIÓN DE ARPSIS DE ORIGEN COSTERO		
CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES064_ARPS_0030	Arpsi Costera	Playa de La Antilla
ES064_ARPS_0031	Arpsi Costera	El Portil
ES064_ARPS_0032	Arpsi Costera	Playa de Punta Umbría
ES064_ARPS_0035	Arpsi Costera	Desembocadura del Río Piedras
ES064_ARPS_0036	Arpsi Costera	Desembocadura de los Ríos Tinto y Odiel

Tabla 24. Relación de Arpsis costeras tras la revisión de la EPRI del Tercer Ciclo

Las fichas de las ARPSIs, tanto fluviales como costeras, que se mantienen desde la revisión y actualización de la EPRI del ciclo anterior se muestran en el Anexo II.

Las Fichas de las ARPSIs modificadas y declaradas como resultado de la presente revisión y actualización se muestran en el Anexo III.

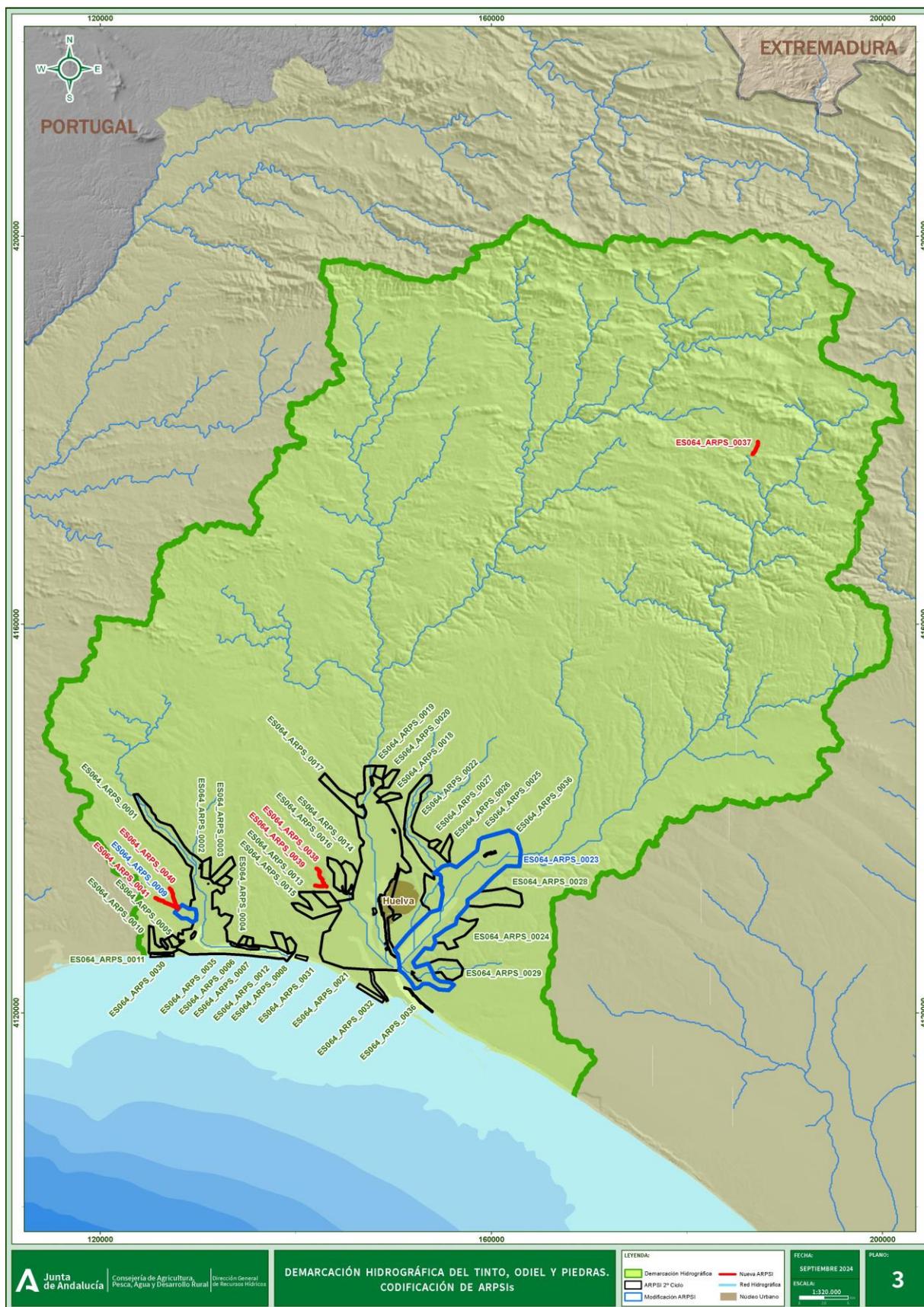


Figura 51. Distribución de las Arpsis fluviales y costeras en la demarcación del Tinto, Odiel y Piedras como resultado de la Revisión de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación del Tercer Ciclo

