

Demarcación Hidrográfica del Duero

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

DOCUMENTO PARA CONSULTA PÚBLICA

AGOSTO 2024



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Índice general

1	Introducción.....	1
1.1	Objeto y ámbito de aplicación.	1
1.2	Marco normativo	2
1.2.1	Directivas europeas.....	2
1.2.2	Normativa nacional.....	2
1.2.3	Normativa autonómica.....	3
1.3	Ámbito territorial	7
1.4	Resultados de la EPRI del primer y segundo ciclo.....	11
1.5	Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 3º ciclo	15
1.6	Coordinación internacional.....	19
2	Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2018-2023.....	20
2.1	Informes de seguimiento del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)	20
2.2	Hemeroteca	27
3	Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI.....	29
3.1	Recopilación de información	30
3.2	Inundaciones de origen fluvial.....	31
3.2.1	Metodología empleada.....	31
3.2.2	Revisión de las ARPSI del 2.º ciclo	45
3.2.3	Propuesta de nuevas ARPSI	47
3.3	Inundaciones de origen pluvial.....	47
3.4	Inundaciones debidas al mar	48
4	Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.....	49
4.1	Actualización de los estudios y experiencias a nivel europeo durante el segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones (2018-2024).....	49
4.1.1	Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos	50
4.1.2	Proyecciones en España.....	51
4.1.3	AdapteCCa.es: el visor de escenarios de cambio climático para España.....	57
4.2	Identificación de nuevas ARPSI como consecuencia del aumento del riesgo debido al cambio climático	59
4.2.1	Metodología	59
4.2.2	Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Duero.....	62
4.3	Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en las inundaciones.....	65
4.3.1	Estudio cualitativo de los cambios en caudales máximos.....	70
4.3.2	Cambio climático en otros factores que influyen en el riesgo de inundación.....	73

4.4	Elaboración de una base de datos de paleoinundaciones como apoyo para la revisión de la EPRI incluyendo los efectos del cambio climático: la base de datos PaleoRiada.....	76
4.5	Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones debidas al mar	84
5	Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación.....	85
6	Consulta pública.....	94
7	Documentación y bibliografía.....	96
8	ANEXOS	99
	ANEXO 1: PLANOS	
	ANEXO 2: EPISODIOS HISTÓRICOS	
	ANEXO 3: FICHAS ARPSI	

Índice de figuras

Figura 1. Ámbito territorial de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.....	8
Figura 2. Mapa físico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.....	9
Figura 3. Mapa de categorías de masas de agua de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.....	10
Figura 4. Subzonas de la parte española de la DHD. Fuente: Visor Mírame-IDEDuero.....	12
Figura 5. ARPSI definidos en la EPRI 2. ^{do} ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2. ^{do} ciclo DHD.	14
Figura 6. Zonas Inundables T10 publicadas en el SNCZI para la CHD.	34
Figura 7. Indemnizaciones CCS período 1996 – 2023 por subtramo ARPSI.	45
Figura 8. Riesgo areal estandarizado global por tramos no ARPSI y subtramos ARPSI.....	46
Figura 9. Evolución temporal del CO2 para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017).	51
Figura 10. 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.	52
Figura 11. 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.....	56
Figura 12. 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.....	58
Figura 13. 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.	58
Figura 14. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en Canfranc (Huesca).	58
Figura 15. Tasa de cambio del cuantil de caudal T500, escenario RCP 4.5. en la DHD. Detalle subcuenca 10. En rojo, valores superiores a 100 unidades, en azul, valores inferiores.	63

Figura 16. Tasa de cambio del cuantil de caudal T500, escenario RCP 8.5. en la DHD. Detalle subcuenca 10. En rojo, valores superiores a 100 unidades, en azul, valores inferiores.	64
Figura 17. 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.	65
Figura 18. 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).....	66
Figura 19. 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).	71
Figura 20. 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).	71
Figura 21. Series de datos analizados en el caso de estudio en la CH del Júcar.	72
Figura 22. 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.....	73
Figura 23. 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).....	75
Figura 24. Variación temporal de la temperatura media desde el final de la última glaciación.	77
Figura 25. Esquema de los diferentes registros en la gea, la hidrosfera y la biota (Díez Herrero et al. 2008).	78
Figura 26. Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas.....	79
Figura 27. Primeras bases de datos de paleoinundaciones.....	79
Figura 28. Resumen de publicaciones relativas a las paleoriadas.	80
Figura 29. Esquema de la base de datos PaleoRiada.	81
Figura 30. Esquema de las relaciones entre tablas e información espacial de la base de datos PaleoRiada.	82

Figura 31. Distribución espacial de los registros de paleoinundaciones publicados sobre el territorio español.....	83
Figura 32. Distribución temporal de los registros de paleoinundaciones publicados sobre el territorio español.....	83
Figura 33. Visor cartográfico de PaleoRiada.	84

Índice de tablas

Tabla 1. Marco administrativo de la demarcación. Fuente: chduero.es.	7
Tabla 2. Masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Duero según Plan Hidrológico vigente.	10
Tabla 3. Tramos ARPSI del 1. ^{er} ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2. ^{do} ciclo DHD.	13
Tabla 4. Nuevos subtramos ARPSI del 2. ^{do} ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2. ^{do} ciclo DHD.	14
Tabla 5. Escala fundamental de preferencia (Saaty, 1980).	35
Tabla 6. Ejemplo de matriz de valoración.	35
Tabla 7. Porcentajes máximos de la razón de consistencia CR.	36
Tabla 8. Índice aleatorio RI.	36
Tabla 9. Agrupación usos SIOSE AR por categorías medioambientales MA.	37
Tabla 10. Matriz de valoración por categorías medioambientales MA.	38
Tabla 11. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de salud humana SH.	39
Tabla 12. Matriz de valoración por categorías de salud humana SH.	40
Tabla 13. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de actividades económicas AE.	41
Tabla 14. Matriz de valoración por categorías de actividades económicas AE.	42
Tabla 15. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de infraestructuras INF.	42
Tabla 16. Matriz de valoración por categorías de infraestructuras INF.	43
Tabla 17. Consideraciones metodológicas en estudios con modelos de clima futuro a escala de cuenca o subcuenca (Beneyto et al., 2024).	68
Tabla 18. 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.	74
Tabla 19. Nuevos subtramos ARPSI a incorporar en el 3. ^{er} ciclo en la parte española de la DHD.	85
Tabla 20. Tramos ARPSI identificados en la parte española de la DHD una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI 3. ^{er} ciclo.	93

1 Introducción

1.1 Objeto y ámbito de aplicación.

El [Real Decreto 903/2010](#), de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que transpone a la legislación española la [Directiva 2007/60/CE](#), establece en su artículo 7 que los organismos de cuenca redactarán la evaluación preliminar del riesgo de inundación (en adelante, EPRI). Esta redacción se realizará en colaboración con las autoridades de Protección Civil de las comunidades autónomas y de la Administración General del Estado y otros órganos competentes de las comunidades autónomas. El mismo Real Decreto indica en su artículo 21 que la evaluación preliminar del riesgo de inundación se actualizará a más tardar el 22 de diciembre de 2018, y a continuación cada seis años.

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

Puesto que nos encontramos ya en el tercer ciclo de aplicación de la Directiva, esta EPRI se ha centrado en la revisión de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) ya designadas en ciclos anteriores, pasando después a analizar posibles casos que pudieran concretarse en la identificación y preselección de nuevos tramos de ARPSI siguiendo las metodologías ya desarrolladas en el anterior ciclo.

Siguiendo el mismo procedimiento administrativo, derivado del artículo 7 del citado RD 903/2010, el resultado de la actualización y revisión de la evaluación preliminar del riesgo de inundación se someterá a consulta pública durante un plazo mínimo de tres meses. Una vez analizadas las alegaciones, se someterá a informe del Comité de Autoridades Competentes regulado en el Real Decreto 126/2007, de 2 de febrero y posteriormente, la Confederación Hidrográfica del Duero ([CHD](#)) la remitirá para su aprobación al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el cual, previamente a esta aprobación, la remitirá al Consejo Nacional de Protección Civil para su informe.

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

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

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

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

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

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

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

1.2 Marco normativo

Seguidamente, enumeran las distintas referencias que componen el marco normativo del presente trabajo, distinguiendo entre los niveles europeo, nacional y autonómico.

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.
- Resolución de 2 de agosto de 2011, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo del consejo de Ministros de 29 de julio de 2011, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.
- Ley 17/2015, de 9 de julio del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.
- Real Decreto 26/2023, de 17 de enero, por el que se aprueba la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Ebro, Ceuta y Melilla.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

1.2.3 Normativa autonómica

Castilla y León:

- Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León (BOCyL 10/12/1998). Existen modificaciones posteriores.
- Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León (BOCyL 15/04/1999). Existen modificaciones posteriores.
- Orden de 24 de octubre de 2001, de la Consejería de Presidencia y Administración Territorial, sobre homologación de Planes Territoriales de Protección Civil. BOCyL nº 213 de 2 de noviembre de 2001.
- Decreto 22/2004, de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León (BOCyL 2/02/2004; CE BOCyL 2/03/2004 y 11/10/2006).
- Ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio de Castilla y León (BOCyL 24/06/2008).
- Ley 10/2008, de 9 de diciembre, de carreteras de Castilla y León.

- Acuerdo 19/2010, de 25 de febrero, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Castilla y León (INUNCyL).
- Decreto 45/2011, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Carreteras de Castilla y León.
- Decreto 4/2019, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Plan Territorial de Protección Civil de Castilla y León (PLANCAL), (BOCYL nº 43, de 4 de marzo de 2019).

Galicia:

- Ley 5/2007, de 7 de mayo, de emergencias de Galicia.
- Decreto 80/2000, del 23 de marzo, por el que se regulan los planes y proyectos sectoriales de incidencia supramunicipal.
- Ley 8/2013, de 28 de junio, de carreteras de Galicia.
- Decreto 101/2016, de 21 de julio, por el que se regulan los órganos de coordinación, cooperación administrativa y asesoramiento en materia de protección civil y emergencias.
- Resolución de 4 de octubre de 2016 por la que se publica el Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en Galicia (INUNGAL).
- Decreto 66/2016, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento general de carreteras de Galicia.
- Decreto 143/2016, del 22 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 2/2016, del 10 de febrero, del suelo de Galicia.
- Decreto 92/2019, del 11 de julio, por el que se modifica el Decreto 143/2016, del 22 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 2/2016, del 10 de febrero, del suelo de Galicia.
- Decreto 172/2022, de 6 de octubre, por el que se aprueba el Catálogo de actividades que deben adoptar medidas de autoprotección y por el que se fija el contenido de esas medidas.

Cantabria:

- Decreto 57/2010, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria ante el Riesgo de Inundaciones, (INUNCANT).
- Decreto 24/2015, de 23 de abril, por el que se regula el procedimiento de Control Administrativo y Registro de los Planes de Autoprotección.
- Decreto 80/2018, de 4 de octubre, por el que se aprueba el Plan Territorial de Emergencias de Cantabria (PLATERCANT).
- Ley de Cantabria 3/2019, de 8 de abril, del Sistema de Protección Civil y Gestión de Emergencias de Cantabria.

- Ley de Cantabria 5/2022, de 15 de julio, de Ordenación del Territorio y Urbanismo de Cantabria.

Castilla-La Mancha:

- Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones de Castilla-La Mancha (PRICAM), aprobado por Orden de 28/04/2010, de la Consejería de Administraciones Públicas y Justicia, (DOCM. Nº 95, de 19 de mayo de 2010).
- Orden de 08/06/2015, de la Consejería de Presidencia y Administraciones Públicas, por la que se aprueba la primera revisión del Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo por Inundaciones en Castilla-La Mancha (PRICAM).
- Decreto 36/2013, de 4 de julio, por el que se regula la planificación de emergencias en Castilla-La Mancha y se aprueba la revisión del Plan Territorial de Emergencia de Castilla-La Mancha (PLATECAM).
- Decreto 1/2015, de 22/01/2015, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 9/1990, de 28 de diciembre, de Carreteras y Caminos.
- Orden 196/2018, de 14 de diciembre, de la Consejería de Hacienda y Administraciones Públicas, por la que se aprueban, revisan y actualizan varios planes de protección civil, aprueba la revisión y actualización del Plan Específico de Protección Civil ante el riesgo por fenómenos meteorológicos adversos en Castilla-La Mancha (METEOCAM).
- Orden 165/2020, de 14 de octubre, de la Consejería de Hacienda y Administraciones Públicas, por la que se revisan y actualizan diversos planes de protección civil.
- Decreto Legislativo 1/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística.

Extremadura:

- Decreto 57/2007, de 10 de abril, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Autónoma de Extremadura (INUNCAEX).
- Ley 7/1995, de 27 de abril, de Carreteras de Extremadura.
- Ley 11/2018, de 21 de diciembre, de Ordenación Territorial y Urbanística Sostenible de Extremadura (LOTUS).
- Ley 2/2018, de 14 de febrero, de coordinación intersectorial y de simplificación de los procedimientos urbanísticos y de ordenación del territorio de Extremadura.
- Ley 10/2019, de 11 de abril, de protección civil y de gestión de emergencias de la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- Reglamento General de la Ley de Ordenación Territorial y Urbanística Sostenible de Extremadura, aprobado por Decreto 143/2021, de 21 de diciembre (RGLLOTUS).
- Decreto 32/2023, de 5 de abril, por el que se regula el Registro de los Planes de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Extremadura y la estructura, contenido mínimo, régimen de aprobación, mantenimiento e implantación de dichos instrumentos de planificación.

La Rioja:

- Ley 5/2006, de 2 de mayo, de Ordenación del Territorio y Urbanismo de La Rioja.
- Ley 2/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- Ley 7/2010, de 29 de septiembre, por la que se aprueban varios convenios de colaboración con otras Comunidades Autónomas para el establecimiento de programas de actuación conjunta en diversas materias.
- Ley 4/2010, de 30 de abril, por la que se revisa y actualiza el Plan Regional de Carreteras de La Rioja.
- Ley 1/2011, de 7 de febrero, de protección civil y atención de emergencias de La Rioja.
- Decreto 137/2011, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de La Rioja (PLATERCAR)
- Decreto 2/2019, de 25 de enero, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de La Rioja ante inundaciones (INUNCAR).
- Decreto 18/2019, de 17 de mayo, por el que se aprueba la Directriz de Protección del Suelo No Urbanizable de La Rioja.

Comunidad de Madrid:

- Decreto 9/1985, de 14 de febrero, por el que se regula la Coordinación de Servicios y Recursos de la Comunidad de Madrid en materia de Protección Civil y se crea la Junta de Recursos de Protección Civil de la misma.
- Ley 3/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la Comunidad de Madrid.
- Decreto 29/1993, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid.
- Ley 9/1995, de 28 de marzo, de Medidas de Política Territorial, Suelo y Urbanismo.
- Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid.
- Acuerdo de 30 de abril de 2019, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid.
- Acuerdo de 9 de diciembre de 2020, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM).

Principado de Asturias:

- Decreto Legislativo 1/2004, de 22 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo.
- Ley del Principado de Asturias 8/2006, de 13 de noviembre, de Carreteras.

- Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones del Principado de Asturias (PLANINPA), aprobado por el Consejo de Gobierno en abril de 2010.
- Decreto 69/2014, de 16 de julio, por el que se aprueba el Plan Territorial de Protección Civil del Principado de Asturias.
- Decreto 65/2017, de 4 de octubre, por el que se regula la organización, composición y funcionamiento del Consejo de Protección Civil del Principado de Asturias.
- Decreto 63/2022, de 21 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Principado de Asturias.

1.3 Ámbito territorial

Este apartado incluye una síntesis de las principales características de la Demarcación Hidrográfica del Duero. En la Memoria del Plan Hidrológico vigente se puede encontrar una descripción más pormenorizada. Estos documentos, y otros de interés, están disponibles para su consulta en el portal Organismo de cuenca en el siguiente enlace: <http://www.chduero.es>.

MARCO TERRITORIAL-ADMINISTRATIVO

El ámbito territorial de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero se corresponde con el territorio español de la cuenca hidrográfica del río Duero, tal como establece el artículo 3 del RD 125/2007, de 2 de febrero. Las características más importantes de esta demarcación hidrográfica se recogen en la siguiente tabla:

<i>Marco administrativo de la Demarcación del Duero</i>	
Demarcación	Comprende el territorio de la cuenca hidrográfica del río Duero así como las aguas de transición en el estuario de Oporto y las costeras atlánticas asociadas. Es un territorio compartido entre Portugal (20%) y España (80%). En España la cuenca se extiende parcialmente por el territorio de ocho comunidades autónomas, aunque debe tenerse presente que algo más del 98% de su territorio y de su población vienen a corresponder con la intersección de Castilla y León, comunidad que extiende el 83,7% de su territorio por la cuenca del Duero.
Área demarcación	Total: 98.103 km ² Parte española: 78.888,855 km ²
Población	2.205.123 hab.
Densidad	27,96 hab./km ²
Comunidades Autónomas	Castilla y León (98,25%), Galicia (1,44%), Cantabria (0,12%), Castilla-La Mancha (0,08%), Extremadura (0,05%), La Rioja (0,03%), La Rioja (0,03%), Madrid (0,02%) y Asturias (0,01%)
Nº municipios	1.972
Núcleos urbanos	4.921

Tabla 1. Marco administrativo de la demarcación. Fuente: chduero.es.

La parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero limita, por el noroeste, con la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil, por el norte con las Demarcación Hidrográfica del Cantábrico, al noreste y este con la Demarcación Hidrográfica del Ebro, y al sur con la Demarcación Hidrográfica del Tago; hacia el oeste la cuenca continúa por Portugal.



Figura 1. Ámbito territorial de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.

MARCO FÍSICO

Desde un punto de vista geológico, la cuenca del Duero está constituida por una unidad geológica muy definida: la Depresión del Duero y sus cordilleras periféricas (Cordilleras Cantábrica, Ibérica y Central y Montes Galaico – Leoneses). Dicha depresión se configura como una cubeta, de sedimentos terciarios y cuaternarios, lacustre y continental, procedentes del desmantelamiento de las cadenas montañosas que la rodean.

Esta caracterización geológica define a su vez una orografía formada por puntos altos periféricos y una llanura central que va disminuyendo de cota a medida que se acerca a la desembocadura, ya en tierras portuguesas. Como puntos altos del arco montañoso, destacan, en sentido horario: El Teleno (2.188 m), Peña Prieta (2.535 m), La Bureba, La Demanda, Urbión, Moncayo (2.316 m), Somosierra, Guadarrama, Gredos y Pico del Moro Almanzor (2.592 m), el punto más alto de la cuenca.

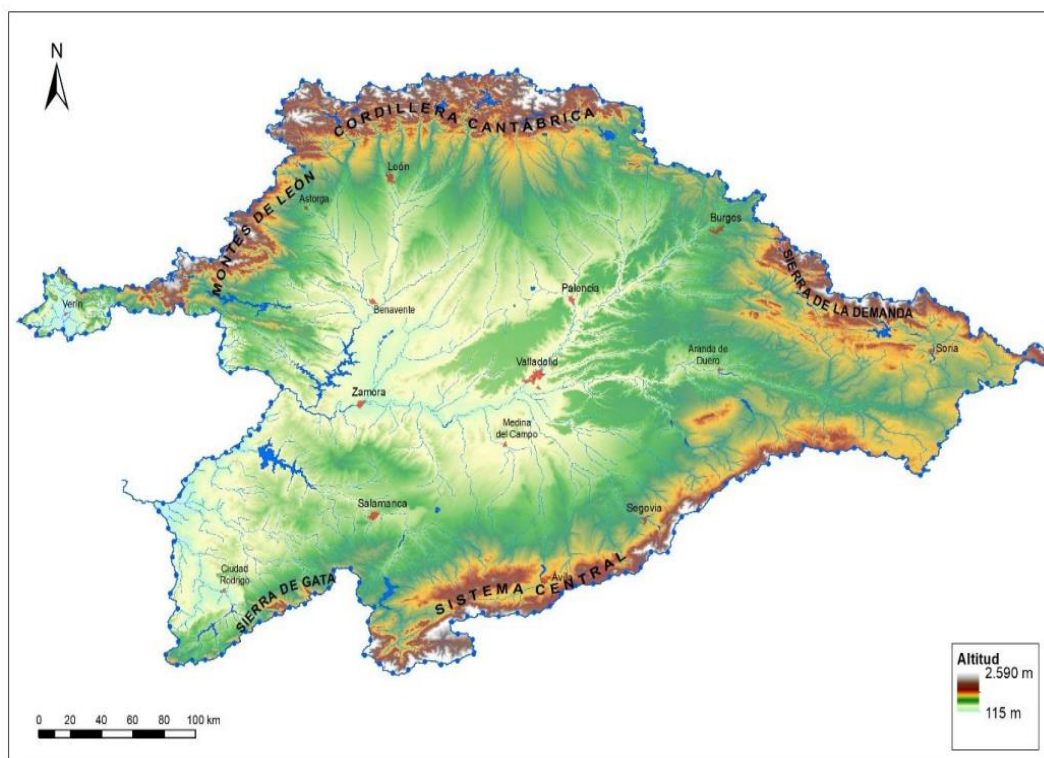


Figura 2. Mapa físico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.

El límite de la parte española de la cuenca hidrográfica del Duero lo define el propio río Duero, excavando el espectacular cañón de Los Arribes sobre las rocas graníticas del macizo Ibérico. Este límite geográfico y político entre ambos países desciende desde una cota de 564 m, en el embalse de Castro (Zamora), a los 125 m, en el embalse de Pocinho (Portugal).

CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA

El clima predominante en la Demarcación Hidrográfica del Duero es el mediterráneo, continentalizado a causa del aislamiento que le provocan las cadenas periféricas. Solamente en la parte más noroccidental, el clima se suaviza por la influencia del Atlántico aprovechando la disminución de altura topográfica.

La distribución territorial de la precipitación anual de la parte española de la cuenca hidrográfica del Duero se sitúa en 612 mm. Los registros más elevados se localizan en los puntos más altos de la cuenca, donde se encuentran valores por encima de los 1.800 mm, en el alto Tera, o superiores a 1.500 mm, en la montaña de León. En el Sistema Central y en la Cadena Ibérica las precipitaciones son menores, no sobrepasando normalmente los 1.000 mm/año. Los valores más bajos, dentro de la isoyeta de 400 mm, se dan en el bajo Duero, entre Salamanca, Zamora y Valladolid.

Como en toda la Península Ibérica, las precipitaciones presentan un régimen muy irregular tanto anual, centrándose en otoño y primavera siendo casi inexistentes en la época estival, como interanual con valores medios entre 350 y 800 mm de un año a otro.

Estas particularidades en la caracterización física de la cuenca hacen que, desde el punto de vista hidrológico, en régimen natural, el río Duero se presenta como el río de mayor aportación de la Península Ibérica, con una gran variabilidad intra e interanual. Por otro lado, la cuenca del río Duero representa la mayor unidad acuífera española, así como una de las mayores de Europa.

CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA

El Plan Hidrológico vigente de la Demarcación Hidrográfica del Duero para el ciclo 2022-2027 cuantifica un total de 705 masas de agua superficiales y 64 masas de agua subterráneas. En relación con las masas de agua superficiales, la mayoría son naturales, un tercio se encuentran muy modificadas y 1% se clasifican como artificiales. En la siguiente tabla se resume el tipo, naturaleza y dimensiones de las masas de agua de esta demarcación hidrográfica.

Categoría	Naturaleza	Nº masas	Longitud (km)	Superficie (km²)
Río	Natural	457	8.614	-
	Muy modificado	186	3.859	-
	Artificial (canal)	3	210	-
Total masas de agua Río		646	12.682	-
Lago	Natural	9	-	8,62
	Muy modificado	5	-	3,98
	Muy modificado (embalse)	45	-	372,66
	Artificial (embalse)	3	-	4,09
Total masas de agua Lago		62	-	389,35
Total masas de agua superficiales		708	12.682	389,35
Total masas de agua subterráneas		64	-	1.383

Tabla 2. Masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Duero según Plan Hidrológico vigente.

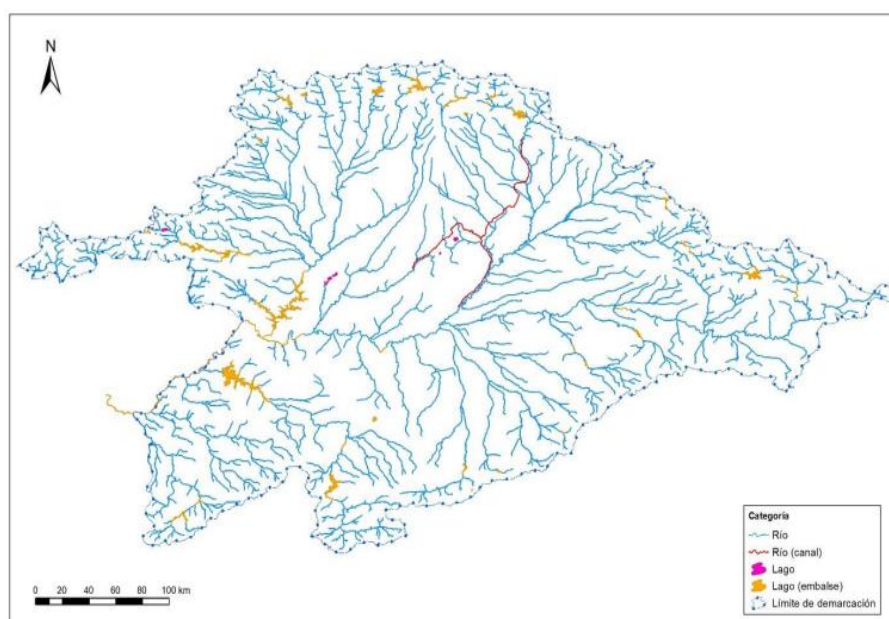


Figura 3. Mapa de categorías de masas de agua de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Fuente: Plan Hidrológico vigente.

VEGETACIÓN Y FAUNA

La región eurosiberiana se localiza en las montañas del norte de la cuenca, el resto se encuentra dentro de la región mediterránea. De acuerdo con los pisos bioclimáticos y la distribución biogeográfica, en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero, las series de vegetación relacionadas con el medio hídrico identificadas se dividen en cinco series de bosque ribereño, 3 en la región mediterránea y 2 en la eurosiberiana. De ellos, más de 5.000 km de ribera están protegidos como LIC y otros 3.000 km como ZEPA (Red Natura 2000).

Los sotos ribereños están formados por saucedas, alamedas, choperas, fresnedas y olmedas, que en muchos casos se encuentran reducidos a franjas mínimas por la presión de los usos colindantes. Aun así, los ecosistemas fluviales de la cuenca del río Duero alberga una rica biodiversidad. Se pueden encontrar especies endémicas como la siguientes: *Salamandra salamandra almanzoris*, *Bufo bufo gredosicola*, *Clemmys caspica* o *leproso*, *Emys orbicularis*, *Natrix natrix*, *Natrix maura*, *Arvicola sapidus*, *Galemys pyrenaicus*, *Lutra lutra* y *Mustela lutreola*.

La mayor biodiversidad, dentro del grupo de los vertebrados, asociados a los ecosistemas fluviales son las aves. Como referencia, en el humedal de Fuentes de Nava se han contabilizado 240 taxones de aves en poco más de 300 hectáreas de humedal.

La biodiversidad de invertebrados en la cuenca del Duero es muy elevada, pero se quiere destacar algunas especies en riesgo por su valor como indicadores de calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos: los cangrejos autóctonos (*Austropotamobius pallipes*) o la náyade o madreperla de río (*Margaritifera margaritifera*).

1.4 Resultados de la EPRI del primer y segundo ciclo

El Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, establece en su artículo 7 que los organismos de cuenca redactarán la evaluación preliminar del riesgo de inundación, y que ésta concluirá antes del 22 de diciembre de 2011.

En noviembre de 2010 se redactó la primera versión de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 1.^{er} ciclo) de la Demarcación Hidrográfica del Duero, y de acuerdo con la Disposición Transitoria Primera del Real Decreto 903/2010, fue sometida a procedimiento abreviado mediante consulta pública de 15 días, comenzando este período del 25 de noviembre de 2010. Este aspecto fue comunicado a la Comisión Europea el 20 de diciembre de 2010.

La EPRI 1.^{er} ciclo, fue finalmente ratificada por la Comisión Nacional de Protección Civil en la XXXI Reunión del Pleno celebrada el 1 de marzo de 2011.

En la EPRI del 1.^{er} ciclo se identificaron un total de **26 Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)**, con una longitud total de 404,22km. Estas ARPSI se dividieron en 211 subtramos.

El criterio que se siguió para la identificación de cada subtramo consistió en la asignación de un código, compuesto en primer lugar por el código identificativo de la Demarcación (ES020), a continuación el código de 4 dígitos indicativo de la ARPSI al que pertenece (del

0001 al 0026), posteriormente 2 números en función de la subcuenca / subzonas de la DHD (del 01 al 13), seguido del código del río en el que se encuentra el subtramo (siete dígitos coincidentes con el identificador de río de la Red de Ríos del Duero) y por último, un número ordinal de dos dígitos que indica el número de subtramo dentro de ese cauce. Este criterio se ha mantenido, como se verá más adelante, en la EPRI del 2º ciclo, y se propone conservar en el presente 3º ciclo para evitar distorsiones.



Figura 4. Subzonas de la parte española de la DHD. Fuente: Visor Mírame-IDEDuero.

La tabla siguiente recopila el conjunto de tramos ARPSI identificados en la EPRI 1º ciclo.

Tramos ARPSI EPRI 1º ciclo DHD	
01-Támega-Bubal	14- Esgueva-Pisuerga
02- Aliste	15- Duero Medio-Duratón
03- Tera-Almucera	16- Pisuerga Medio
04- Ería	17- Alto Pisuerga
05- Órbigo-Tuerto-Duerna	18- Arlanzón
06- Luna	19- Arlanza
07- Órbigo-Omañas-Luna	20- Alto Duero
08- Bernesga-Torío-Luna	21- Duero-Ucero-Escalote
09- Benavente-Órbigo-Esla	22- Adaja-Eresma-Cega

Tramos ARPSI EPRI 1º ciclo DHD	
10- Zamora-Esla	23- Alto Tormes
11- Bajo Duero	24- Guareña-Zapardiel
12- Sequillo	25- Bajo Tormes
13- Carrión	26- Águeda-Yeltes

Tabla 3. Tramos ARPSI del 1º ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2º ciclo DHD.

Toda la información relativa a la EPRI 1º ciclo se encuentra recopilada en el siguiente enlace de la DHD:

<https://www.chduero.es/web/quest/epri-primer-ciclo>

Además, tanto el visor [Mírame](#) de la Confederación Hidrográfica del Duero, como el [visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables](#) (SNCZI) recopilan toda la información geoespacial vinculada a la EPRI del primer ciclo.

De acuerdo con el apartado 1 del artículo 21 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación, la EPRI se actualizará a más tardar el 22 de diciembre de 2018, y a continuación cada seis años.

Según lo anterior, la Confederación Hidrográfica del Duero llevó a cabo la revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación de la Demarcación (EPRI 2º ciclo), que fue sometida a consulta pública entre los meses de septiembre y diciembre de 2018 tras su anuncio en el BOE nº 223 del 14 de septiembre de 2018.

La EPRI 2º ciclo, fue finalmente aprobada mediante resolución del Secretario de Estado de Medio Ambiente de 12 de abril de 2019. (BOE núm. 126 de 27/05/2019).

<https://www.chduero.es/web/quest/epri-segundo-ciclo>

La metodología aplicada en el segundo ciclo fue similar a la del ciclo anterior, pero se contemplaron los aspectos mencionados en los informes de evaluación de la Comisión Europea en relación con las EPRI. Así, se hicieron unas primeras aproximaciones a la consideración de la incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación así como a la distinción de ARPSIs con origen pluvial o fluvio-pluvial.

Como resultado, en la EPRI del segundo ciclo de la DHD, se identificaron y actualizaron nuevos tramos potencialmente inundables y se añadieron 11 subtramos ARPSI fluviales que alcanzan una longitud total de 26,28 km. Previamente, se agruparon algunos subtramos del primer ciclo y se recalcularon sus longitudes, quedando finalmente 207 subtramos con una longitud total de 454,23 km. **No se incluyó ninguna ARPSI de origen pluvial.** Con todo lo anterior, y tal y como recoge el [PGRI del segundo ciclo de la DHD](#), **se mantuvieron las 26 ARPSI definidas en el primer ciclo, con un total de 216 subtramos, y una longitud total de 473,21 km de cauces.**

La tabla siguiente recoge los 11 nuevos subtramos ARPSI identificados en la EPRI 2º ciclo.

Nuevos subtramos ARPSI EPRI 2. ^{do} ciclo DHD		
Código Subtramo	Cauce	Longitud (km)
ES020/0005_03-1800042-04	Río Tuerto	0,78
ES020/0008_04-1800025-07	Río Bernesga	1,87
ES020/0010_11-1800008-03	Río Valderaduey	6,16
ES020/0013_05-1800005-06	Río Carrión	2,40
ES020/0013_05-1800005-07	Río Carrión	7,91
ES020/0014_06-1800016-02	Río Esgueva	0,53
ES020/0018_07-1800048-01	Río Úrbel	1,14
ES020/0019_07-1800009-13	Río Arlanza	1,06
ES020/0021_08-1800001-03	Río Duero	2,47
ES020/0021_08-1800080-01	Río Bañuelos	1,49
ES020/0022_10-1800011-03	Río Cega	0,47

Tabla 4. Nuevos subtramos ARPSI del 2.^{do} ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2.^{do} ciclo DHD.

La imagen siguiente refleja el conjunto de tramos ARPSI finalmente identificados en la EPRI 2.^{do} ciclo.

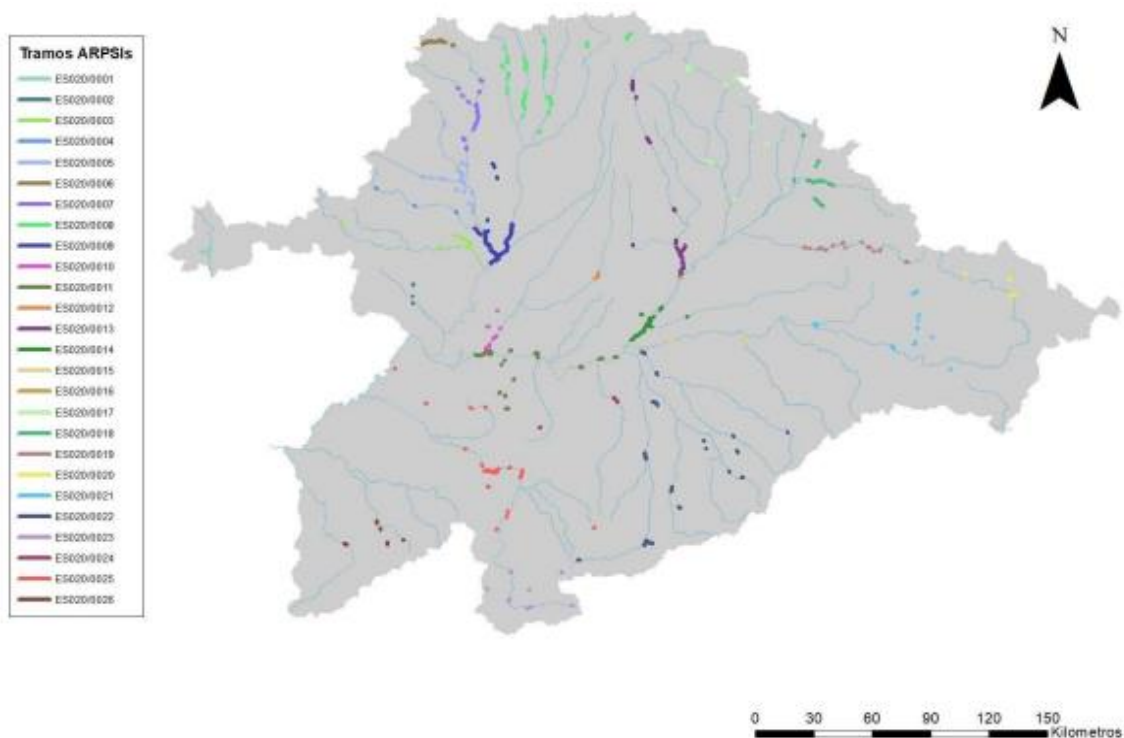


Figura 5. ARPSI definidos en la EPRI 2.^{do} ciclo en la parte española de la DHD. Fuente: PGRI 2.^{do} ciclo DHD.

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

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

En este contexto, la Directiva establece unos mecanismos de entrega de documentación por parte de los Estados miembros a la Comisión Europea. De esta forma, y de acuerdo con lo indicado en su artículo 15, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación deberá remitirse a la Comisión en un plazo de tres meses a partir de las fechas establecidas para su finalización. En el caso del 2.^o ciclo, esta fecha era diciembre de 2017.

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Información relativa al contexto del Estado miembro

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

El informe refiere que el número de demarcaciones hidrográficas en España no ha variado desde el primer ciclo, siendo 25 las cuencas en que se organiza la red hidrográfica española, sobre las que se han identificado 1.451 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

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

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

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

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

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

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

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

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

Como parte de la metodología para designar las 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 (cuencas compartidas con Portugal) y Acuerdo de Toulouse (las compartidas con Francia). Se trata de estructuras preexistentes que incorporaron los temas relacionados con la Directiva de Inundaciones.

1.6 Coordinación internacional

En el punto 1.3 de esta Memoria se ha puesto ya de manifiesto el carácter internacional de la Demarcación Hidrográfica del Duero, cuyo territorio se distribuye entre España y Portugal.

El artículo 7 del Real Decreto 903/2010 establece en su séptimo punto que en las demarcaciones hidrográficas internacionales se intercambiará con los países afectados la información pertinente de la evaluación preliminar del riesgo de inundación.

La cooperación entre España y Portugal en las demarcaciones hidrográficas compartidas se rige por el Convenio sobre Cooperación para la Protección y el Aprovechamiento sostenible de las Aguas de las Cuencas hidrográficas hispano-portuguesas, también llamado Convenio de Albufeira, ya citado en el anterior apartado. Dicho convenio tiene como 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 Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2018-2023

2.1 Informes de seguimiento del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)

Para revisar y actualizar la información de eventos inundables ocurridos desde la publicación de la EPRI del 2º ciclo, se ha optado por recurrir a la información incluida en los **informes de seguimiento relativos a la implantación del PGRI** del 1º ciclo (coincidente en el tiempo); en el caso de los eventos acaecidos en 2022, la información correspondería ya al seguimiento del siguiente ciclo.

A continuación, se detallan los eventos de inundación recogidos en los informes de seguimiento, desde el año 2018 hasta el año 2022 (del año 2023 aún no se dispone de esta información):

- **Inundaciones año 2018**

Se describen a continuación los principales eventos de inundación ocurridos en el ámbito de la demarcación hidrográfica del Duero durante el año 2018:

1 de marzo. El río Ucero (código subtramo ARPSI ES020/0021_08-1800112-04) se desbordó a su paso por El Burgo de Osma. La zona afectada por la crecida en la que se detectaron más problemas fueron su paso por Osma y la vega hacia Barcebalejo y Valdelubiel.

10 de marzo. Se produjeron diversos episodios:

- El río Águeda (código subtramo ARPSI ES020/0026_13-1800012-01) se desbordó a su paso por Ciudad Rodrigo.
- Asimismo, se produjeron inundaciones en paseos y carril bici, debido al aumento del caudal del río Zurguén a su paso por Salamanca.
- El río Tormes alcanzó su nivel de alarma a su paso por el Barco de Ávila (código subtramo ARPSI ES020/0023_12-1800004-04). La crecida del río obligó a cortar las carreteras AV-P-510 y AV-P-537.

15 de marzo. El río Adaja (código subtramo ARPSI ES020/0022_10-1800006-02) se desbordó a su paso por la ciudad de Ávila, inundando el parque del Soto, las zonas de ocio infantil y el recorrido peatonal que existe en la ribera derecha.

15 de abril. Se produjo la inundación de la carretera SG-V-3219, Marugán a Sangarcía, debido a la crecida del Zorita. Asimismo, se produjo la inundación de la carretera V-2115 entre Cantimpalos y la A-601, debido a la crecida del Arroyo de Prado.

El **16 de abril** se produjeron diversos episodios:

- Se cortó al tráfico, por el aumento del caudal del río Eresma, la carretera provincial que une las localidades de Carbonero de Ahusín y Añe.

- Durante varias horas se cortó también la circulación en la carretera provincial SG-V-30219 entre los pueblos de Sangarcía y Marugán, por varios episodios de avenidas del arroyo Zorita.
- Asimismo, se cortó al tráfico la carretera SG-V-2411, que comunica Burgomillado con Carrascal del Río, tras la crecida que experimentó el río Duratón.

30 de mayo. La localidad de Tordomar sufrió una inundación como consecuencia de las lluvias que cayeron en la localidad. La fuerte tormenta obligó a cortar la N-622 en ambos sentidos, produciéndose arrastre de mobiliario urbano, así como enseres de algunas viviendas (en su interior, se alcanzaban alturas de agua de hasta 80 cm).

25 de junio. Se produjo una fuerte tromba de agua en La Bóveda de Toro. La riada provocó inundaciones en viviendas, sótanos y garajes, así como daños en cultivos.

El **11 de julio**, en la Hoz de Llánaves de la Reina, se produjeron cortes en la carretera N-621 (que comunica la Montaña Oriental Leonesa con Cantabria a través del Puerto de San Glorio), debido a las cascadas de agua y a las inundaciones provocadas por las intensas tormentas sufridas.

13 de julio. Una intensa tormenta provocó desbordamiento de arroyos y causó numerosos daños en el asfalto y graves desprendimientos en la carretera CL-626, que une Cistierna y Puente Almuhey, a la altura de la localidad de La Llama de la Guzpeña.

26 de septiembre. Una fuerte tormenta de agua y granizo provocó importantes balsas en los municipios segovianos de Cuéllar y Valledado, que obligaron a cortar la carretera CL-602 a su paso por Valledado y que causaron inundaciones en locales, trasteros y garajes.

• Inundaciones año 2019

El año 2019 no fue especialmente problemático en cuanto a eventos de inundación en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Los principales eventos de inundaciones fluviales se debieron al paso de la borrasca Daniel a durante los días 15 y 16 de diciembre, seguido de la borrasca Elsa que tuvo mayor intensidad y afectó a la cuenca, especialmente en las provincias de León y Palencia entre los días 18 y 20 de diciembre. El resto de las inundaciones se debieron por lo general a efectos de tormentas locales.

Se describen a continuación los principales eventos de inundación ocurridos en el ámbito de la demarcación durante el año 2019:

31 de enero. Graves inundaciones obligaron a cortar varias calles de Guardo; el Camino de la Comnorenta, Calle del Carmen, Barrio San Isidro y una zona de la Avenida de Castilla y León se cortaron al tráfico; las fuertes lluvias unidas a la nevada anterior dejaron numerosas zonas anegadas en la localidad. Asimismo, este mismo día se produjeron inundaciones en Covaleta, Duruelo de la Sierra y Salduero debido a abundantes precipitaciones mezcladas con deshielo.

24 de abril. Una tormenta provocó inundaciones en Valladolid capital y Arroyo de la Encomienda. En Arroyo, donde la lluvia estuvo acompañada de granizo, los bomberos recibieron alrededor de una veintena de avisos por inundaciones de garajes y locales.

7 de julio. Fuertes tormentas afectaron a la provincia de Zamora, donde se gestionaron 26 emergencias: 11 en Zamora capital vinculadas a inundaciones y fuertes rachas de viento y la consiguiente caída de objetos, 7 en la localidad de Roales (todas ellas por inundaciones) y otras 8 en el resto.

8 de julio. Precipitaciones de más de sesenta litros en una hora, provocaron numerosas incidencias en Soria capital. Los bomberos tuvieron que actuar en diversos puntos de la ciudad, básicamente por la presencia de inundaciones en sótanos y garajes, la salida de varias tapas de alcantarilla, y el volumen de agua en numerosas calles.

13 de julio. Una fuerte tormenta en Valladolid produjo numerosos incidentes en la capital. El fuerte temporal provocó la caída de árboles y jardines y anegó vías principales de acceso a la capital. La fuerte lluvia y el granizo comenzó en torno a las 16.00 horas. Durante una hora provocó daños materiales en los municipios de Valladolid, Arroyo de la Encomienda y Simancas.

26 de agosto. Fuertes tormentas provocaron inundaciones en Segovia capital en garajes y viviendas, así como por balsas de agua por atasco de las alcantarillas, en las calles Velarde, Corta, San Gabriel, Baltasar Gracián, Avenida Gerardo Diego, Madre Selva o la Plaza Somorrostro. En el resto de la provincia de Segovia, se notificaron al 112 inundaciones o problemas por precipitaciones de lluvia en Bernuy de Porreros, La Lastrilla, Sotillo e Ituro y Lama.

16 de septiembre. Se produjeron inundaciones en varios puntos de La Moraña, produciendo cortes de calles y carreteras. Se vio especialmente afectada por fuertes trombas de agua Pajares de Adaja, donde la carretera Nacional 403 se inundó, al igual que todas las viviendas del entorno. En la carretera Nacional 110 también se provocaron grandes balsas cerca de Piedrahíta, donde también las precipitaciones fueron intensas.

17 de septiembre. Una fuerte tormenta provocó inundaciones en Valladolid por la noche al descargar 37,2 litros durante las dos horas y media que duró la tromba, 20 de ellos en solo diez minutos, un hito histórico. La tormenta, que ha sido la más intensa desde 1999, dejó 115 inundaciones.

El **16 de diciembre** se produjeron diversos episodios:

- Las lluvias pusieron en alerta siete ríos de la provincia de León (Bernesga, Curueño, Esla, Orbigo, Cea, Tamega y Porma) por la subida del caudal debido a la borrasca Daniel.
- Se declaró el estado de alerta por inundaciones del río Órbigo a su paso por la provincia de Zamora.

19 de diciembre. Debido al paso del temporal Elsa, un total de 17 localidades de 12 ríos de la provincia de León permanecieron en alerta roja tras una de las peores noches de los últimos años debido a desbordamientos masivos. Algunos puntos de la provincia registraron casi 100 litros por metro cuadrado y obligaron a numerosos municipios a adoptar medidas de emergencia, y se produjo el corte de 11 carreteras por balsas puntuales. El temporal inundó calles y viviendas de varios puntos de la provincia de León.

Asimismo, el **20 de diciembre** se produjeron diversos episodios:

- Debido al paso de la borrasca Elsa, se declaró la fase de emergencia en la provincia de Palencia, obligando a desalojos, rescates y turistas atrapados, especialmente en el norte de la provincia.
- Asimismo, se cortaron cuatro carreteras nacionales en la provincia de Burgos (no todas en la cuenca del Duero), en concreto la N-232 en Incinillas, la N-120 en Melgar de Fernamental y la N-623 en San Felices, mientras que la N-629 en Cereceda.
- También fue necesario desalojar una residencia de ancianos en Castrocontrigo (León).
- La crecida del río Eria obligó al corte de la carretera de Benavente a Morales del Rey y la crecida del río Aliste obligó a cortar la carretera que va de Rabanales a Mellanes y el puente de Domez de Alba. Las lluvias descargaron cantidades entre los 80 y 100 litros de lluvia en la zona de Sanabria en 24 horas, lo que obligó a establecer el nivel de alarma el caudal del río Tera al paso por Puebla de Sanabria. También estuvieron en alerta los cauces de los ríos Aliste y Negro, y el Eria, Órbigo y Esla. En la comarca de los Valles, la crecida del río Eria obligó a cortar la carretera provincial que une Benavente y Morales del Rey y también la que une esta localidad con Fresno de la Polvorosa.
- El río Tera se desbordó a su paso por Garray justo en la confluencia con el Duero, obligando a cortar la carretera de Tardesillas SO-P-6007.
- El río Tormes se desbordó con un caudal de 1400 metros cúbicos por segundo a su paso por El Barco de Ávila.

22 de diciembre. Se activó el nivel uno de alerta de inundaciones en Valladolid por la crecida del Pisuerga y Valderaduey.

23 de diciembre. La crecida del río Duero anegó terrenos de cultivo y obligó a cortar caminos y el acceso a algunas naves en el término municipal de Toro (Zamora), donde el caudal llegó al nivel de alarma, mientras que en la capital zamorana inundó paseos ribereños y zonas recreativas. Este episodio afectó a diversas carreteras provinciales de la zona y obligó a cortar la carretera que comunica Santa Colomba de las Monjas y Benavente y la que transcurre entre Maire de Castroponce y Coomonte de la Vega. También se produjeron problemas en la carretera que une Morales de Rey y Fresno de la Polvorosa y en la que comunica Villardeciervos y Ferreras de Arriba.

• Inundaciones año 2020

El año 2020, aun no siendo especialmente problemático en cuanto a eventos de inundación, sí se produjeron eventos importantes, como los debidos al paso de las borrascas Bárbara (20 de octubre) y Ernest (11 y 12 de diciembre). El resto de inundaciones se debieron por lo general a los efectos de tormentas locales.

Se presenta a continuación una relación cronológica de los principales episodios de inundación acaecidos en la cuenca del Duero durante el año 2020:

8 de abril. La localidad de Torrubia de Soria sufrió inundaciones en calles y cultivos debido a fuertes precipitaciones de carácter local.

18 de abril. Otra tormenta localizada provocó el anegamiento de locales y garajes en la ciudad de Soria.

24 de abril. Un episodio de fuertes lluvias acompañadas de granizo afectó al municipio de Valladolid y a la localidad limítrofe de Arroyo de la Encomienda. Los bomberos recibieron alrededor de una veintena de avisos por inundaciones de garajes y locales.

2 de mayo. Una fuerte tormenta con aparato eléctrico que descargó en algunas zonas de la provincia de Valladolid, afectando de manera importante a municipios como Arroyo de la Encomienda, Aldeamayor, San Román de Hornija, La Cistérniga, Traspinedo o Tudela de Duero, provocando el anegamiento de viviendas, locales y garajes, así como cortes en el suministro eléctrico. La ciudad de Valladolid también se vio afectada por cortes de luz al debido a los daños que sufrió una subestación eléctrica.

3 de junio. Un frente frío proveniente del Cantábrico provocó un episodio tormentoso que afectó a varias localidades del norte de la cuenca como Burgos capital y en Villamuriel de Cerrato en Palencia. En Burgos se formaron grandes balsas de agua en las calles, especialmente en el barrio de Gamonal, anegándose varios locales y garajes y las instalaciones del Hospital Universitario e interrumpiéndose el suministro eléctrico en el centro histórico de la ciudad durante algo más de una hora. En Villamuriel de Cerrato se inundaron varias calles y numerosos garajes.

21 de junio. Una tormenta local cortó la carretera P-220 que atraviesa la localidad palentina de Barruelo de Santullán, inundando igualmente varias calles de su casco urbano.

20 de octubre. La borrasca Barbara atravesó la Península de suroeste a noreste dejando gran cantidad de precipitaciones, sobre todo en la mitad occidental del sistema Central, y rachas de viento muy fuertes, incluso huracanadas, en las áreas montañosas del norte. En lo que respecta a la cuenca del Duero, los principales incrementos de caudal se registraron en las cabeceras de los cauces de los ríos Tormes, Huebra, Águeda, Bernesga y cabecera de Carrión, en las provincias de Ávila, Salamanca, León y Palencia. Las localidades más afectadas por inundaciones fueron El Barco de Ávila y Hoyos del Espino (Ávila), y Benavente (Zamora), donde un edificio se derrumbó por el efecto combinado de la lluvia y el viento. Durante la jornada se alcanzó el nivel de alarma en varias estaciones de aforo de la provincia de León.

Los días **7 y 8 de diciembre**, la borrasca Ernest atravesó la península de norte a este, dejando nevadas en la mitad norte peninsular y lluvias en casi toda la Península. En la cuenca del Duero provocó daños por inundación, que se produjeron unos días más tarde (entre los días **11 y 15**), debido al efecto combinado del deshielo y las lluvias que todavía persistían. Las principales afecciones se produjeron en las localidades siguientes:

- Navafría (Segovia), donde el desbordamiento del río Cega afectó a varias viviendas.
- Palazuelos de Eresma (Segovia), el puente de acceso a la destilería DYC quedó cortado debido al desbordamiento del río Eresma.
- Segovia (capital): la Real Casa de la Moneda en Alameda del Parral quedó anegada en su planta baja por el desbordamiento del río Eresma.

- Villablino (León): la riada provocó un derrumbe de tierra en la LE-497, a la altura de la pedanía de Caboalles de Abajo, mientras que en la localidad aledaña de Caboalles de Arriba se registró la inundación de una vivienda.
- La Mata de Curueño (León): daños en cultivos en esta y otras localidades ribereñas del río Curueño.

Durante este episodio se alcanzó el nivel de alarma en ocho estaciones de aforo de las siguientes provincias:

- Segovia: dos en el río Eresma, en Valsaín (código ROEA 2525), y a la salida del embalse del Pontón Alto (código ROEA 2526) y otra en el río Riaza en la localidad homónima (código ROEA 2009)
- Zamora: río Tera en la localidad zamorana de Puebla de Sanabria (código ROEA 2080)
- León: río Bernesga en Villamanín (código ROEA 2098), río Luna en Sena de Luna (código ROEA 2532), del río Omaña en Castro de la Lomba, pedanía de Riello (código ROEA 2525) y río Porma en Camposolillo, pedanía de Puebla de Lillo (código ROEA 2078).

• Inundaciones año 2021

En el año 2021 (no especialmente problemático en cuanto inundaciones en la DHD), los principales episodios de inundaciones fluviales tuvieron lugar entre finales de enero y mediados de febrero, y en el mes de diciembre. El resto de las inundaciones se han debido por lo general a los efectos de tormentas locales.

Se presenta a continuación una relación cronológica de los principales episodios de inundación acaecidos en la cuenca del Duero durante el año 2021:

Entre el 24 de enero y el 17 de febrero se produjo un episodio de avenidas que se extendió por diversas provincias. Se trata del episodio más largo acaecido en la cuenca en los últimos 15 años, aunque no provocó daños graves. La Confederación Hidrográfica del Duero emitió partes de avenidas de las diferentes estaciones de su red, avisándose a los ayuntamientos de las localidades que pudiesen verse afectadas por el aumento de caudales. Mencionar los desbordamientos en los cauces de los ríos Cega y Riaza a finales del mes de enero que provocaron el corte temporal de alguna carretera. El río Eresma a su paso por Segovia estuvo en situación de alerta, pero no llegó a desbordarse. La Agencia de Protección Civil de la Junta de Castilla y León contabilizó 11 incidencias en núcleos de población (caída árboles y/o cascotes de fachadas, contenedores desplazados, etc.) y 19 incidencias en vías comunicación.

Asimismo, en **febrero** (y dentro del mismo episodio) en Galicia se activó el Plan Inungal en situación de alerta - preemergencia, ya que las estaciones de Castrelo do Val y Rabal superaron el umbral de referencia. No se registraron incidencias por inundaciones.

Intensas precipitaciones provocaron la inundación de las calles de los cascos urbanos de La Bañeza, en la provincia de León (**24 de septiembre**), y de Medina del Campo, provincia de Valladolid (**31 de octubre**).

A principios de diciembre, la CHD mantuvo una especial vigilancia sobre los ríos de la cuenca ante el incremento de caudales registrados a consecuencia de las lluvias intensas y el deshielo, especialmente en los ríos de la Cordillera Cantábrica, en las provincias de León, Palencia y Burgos. Los ríos Bernesga, a su paso por la estación de aforos de Villamanín, y Porma, en Camposolillo, entraron en situación de alerta. En esas fechas se declaró la situación de alerta prevista en el Plan de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de Castilla y León (INUNCYL), aunque los riesgos de desbordamiento se concentraban en los ríos de la cuenca del Ebro.

- **Inundaciones año 2022**

El evento de inundación más importante acaecido en el año 2022 fue el motivado por la borrasca Efraín, que recorrió la Península a mediados del mes de diciembre. El resto de las inundaciones se han debido por lo general a los efectos de tormentas locales y sus consecuencias han sido menos graves.

Se relacionan a continuación todos estos eventos acaecidos en 2022, por orden cronológico:

3 de julio. El río Rubagón se desbordó a su paso por la localidad palentina de Barruelo de Santullán, inundando la carretera P-220.

6 de julio. Una tormenta de lluvia y granizo provocó diversos daños en varias localidades burgalesas como Aranda de Duero, Gumiel de Izán, Pardilla, Milagros, La Aguilera o Campillo de Aranda. Varias viviendas se inundaron, se cortaron carreteras y los cultivos (viñedos, principalmente) sufrieron daños graves.

29 de agosto. Otra tormenta provocó daños en Valdestillas y La Seca (Valladolid). Algunas calles y plazas se inundaron y varios terrenos de cultivo sufrieron daños por el granizo.

17 de octubre. Un aguacero inundó varias calles de León capital, provocando el corte del paso subterráneo de la calle del Príncipe.

12 de noviembre. Unas fuertes precipitaciones en Ávila provocaron la intervención de los bomberos en el Puente de la Estación, glorieta de Nissan o en las calles Derechos Humanos y Campo Azálvaro.

23 de noviembre. El río Duero se desbordó en su cabecera, afectando a los municipios de Duruelo y Covalada, donde un refugio de pescadores resultó inundado.

8 de diciembre. Una tormenta provocó el anegamiento de la calle Loza en Valladolid capital.

Como ya se ha comentado, el evento de inundación más importante acaecido en 2022 fue el motivado por la borrasca Efraín, que recorrió la Península a **mediados del mes de diciembre**, dejando precipitaciones intensas y fuertes vientos. En la cuenca del Duero el peor momento fue el **día 13**, en el que se registraron inundaciones, la mayoría de carácter pluvial, en numerosos núcleos urbanos como Ávila, Palencia, Alba de Tormes (Salamanca) o San Marcial (Zamora), produciéndose cortes en varias carreteras y anegándose terrenos de cultivo. Varios ríos como el Eresma o el Riaza superaron el

umbral de alarma establecido por la Confederación Hidrográfica del Duero. Con todo, la consecuencia más grave de este evento fue el fallecimiento de un agente medioambiental en la localidad salmantina de Villarino de Aires, al intentar atravesar un cauce con su vehículo.

2.2 Hemeroteca

Debido a que la información proveniente de los informes de seguimiento PGRI abarca solo hasta el año 2022, se ha revisado la hemeroteca y la información recopilada por la Confederación Hidrográfica del Duero para intentar completar la información sobre los episodios ocurridos en **2023**.

Asimismo, y dada la baja concreción de los eventos de inundación de mediados de diciembre de **2019** incluidos en los informes de seguimiento, se ha considerado oportuno profundizar en la información recogida en prensa sobre estos eventos.

A continuación, se incluye una breve descripción de los episodios encontrados en este sentido:

- **Inundaciones diciembre 2019**

Entre los días **16 y 19 de diciembre** se produjeron importantes inundaciones en la cuenca del Duero, debido a un importante aumento de los caudales de varios ríos a consecuencia a las intensas precipitaciones y al deshielo. Los principales puntos han sido los siguientes:

- río Bernesga, a su paso por Cascantes, Alija de la Ribera, La Robla y León capital.
- río Esla, por Benamariel y Liegos.
- río Órbigo, por Cebrones.
- río Porma, por Secos.
- río Carrión, por Celadilla del Río.
- río Pisuegra, por San Salvador de Cantamunda y Villaescusa de las Torres.
- río Besandino, por Besande.
- río Cea, por Villaverde de Arcayos.
- río Curueño, por Tolibia de Abajo.
- río Luna, por Sena de Luna.
- río Omaña, por Castro de la Lomba.
- río Orza, por Vegacerneja.
- río Yuso, por Boca de Huérgano.
- río Tera, por Puebla de Sanabria.

Inundaciones noviembre 2023

Las intensas precipitaciones acaecidas a principios de mes (**4 y 5 de noviembre**) provocaron inundaciones en numerosos puntos de la cuenca el Duero:

Soria: se produjeron desbordamientos en Salduero, Covaleda y Duruelo de la Sierra. La intensa lluvia provocó inundaciones en la comarca de Pinares, y fue de nuevo Salduero, una de las localidades más afectadas con la inundación de la plaza, el frontón y el parque. También hubo desbordamientos en Covaleda y en Duruelo de la Sierra, donde fue el río Triguera, afluente del Duero, el que se desbordó. Se presentaron importantes caudales también en el río Revinuesa a su paso por Vinuesa.

Zamora: este mismo episodio de intensas lluvias provocó que el caudal del río Tera entrara en alerta roja a su paso por Puebla de Sanabria, produciéndose desbordamientos en la Chopera. Aguas arriba, los terrenos de la Retuerta entre Ribadelago Viejo y Ribadelago Nuevo volvieron a inundarse, llegando a tocar la carretera. Ríos tributarios del Tera, como el Truchas y el Castro, se salieron en varios puntos; incluso los ríos y arroyos más pequeños, como la Mundeira de Santa Colomba de Sanabria, reclamaron su espacio natural. Asimismo, y fuera de la comarca sanabresa, se produjeron importantes caudales en el río Órbigo a su paso por Manganeses y Santa Cristina de la Polvorosa.

León: en este caso, la crecida del río Órbigo, en alerta naranja (CHD), inundó el área deportiva de Cebrones del Río; en alerta amarilla permanecieron el río Omaña a su paso por Las Omañas, el Tuerto en Quintana del Castillo y también el Órbigo en Santa Marina del Rey.

Burgos: en la zona nororiental de la cuenca, el principal punto de atención fue el río Arlanza, a su paso por Peral de Arlanza, Lerma, Tordómar y Tordueles; asimismo, el río Pedroso, afluente del Arlanza, provocó el corte de la carretera provincial que une Barbadillo del Mercado y Vizcaínos, cerca de Piedrahíta de Muñó.

3 Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI

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

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

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

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

3.1 Recopilación de información

Para aplicar la metodología que se explica en este apartado, primeramente, se ha llevado a cabo una recopilación sistemática de toda aquella información necesaria para la revisión y actualización de la EPRI. Para ello ha contemplado toda la información empleada en la redacción de la EPRI de primer y segundo ciclo y, ante posibles versiones actualizadas de esta información, incluyendo todo lo contemplado en el PGRI de segundo ciclo, se ha utilizado dicha información actualizada. También se ha recabado toda aquella nueva información que pueda haber hecho cambiar las condiciones por las cuales se determinaron los ARPSI de primer y segundo ciclo.

En relación con los cambios de circunstancias determinantes de los ARPSI de primer y segundo ciclo, se han considerado especialmente los siguientes aspectos:

- Información de la base de datos del Consorcio de Compensación de Seguros ([CCS](#)) sobre episodios de inundaciones;
- Información relativa a las transformaciones del territorio debidas a la ejecución de infraestructuras hidráulicas y viarias, así como al desarrollo urbanístico o transformaciones de los usos del suelo;
- Información relativa a la consideración de la incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación.

Se ha utilizado la información procedente de las siguientes fuentes:

- La información de partida sobre zonas inundables de 1.^{er} y 2.^o ciclo procedente de las capas oficiales de la CHD: Tramos ARPSI, Zonas Inundables, Zonas de Flujo preferente y Dominio Público Hidráulico;
- Información necesaria para la definición de la red hidrográfica de base, procedente del Organismo de Cuenca (red de Ríos del Duero), del IGN y de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del MITERD;
- Información relativa a los usos del suelo procedente del [SIOSE AR](#) (alta resolución); este servicio presenta una geometría a mayor detalle respecto a las bases de datos SIOSE existentes de los años 2005 al 2014, empleadas en ciclos anteriores;
- Estudios previos de inundaciones, peligrosidad y riesgo de inundación, realizados en el primer y segundo ciclo de planificación y otros estudios aportados por la CHD;
- Base de datos del CCS, que ha permitido disponer de forma actualizada del registro histórico por evento de los daños en los bienes por Inundación;
- Estudio de hemeroteca y otras fuentes, como información procedente de la guardería fluvial, referida a zonas en las que se han producido problemas;
- Informes de seguimiento del PGRI;
- Alegaciones realizadas en las 3 fases de la Directiva de Inundaciones: EPRI, MAPRI y PGRI;

- Información relativa al cambio climático: información elaborada por el CEDEX y el MITECO sobre las posibles repercusiones del cambio climático en las inundaciones mediante el análisis de las proyecciones climáticas regionalizadas;
- Planes autonómicos de Protección Civil;
- Información aportada por Protección Civil de propuesta de tramos fluviales a estudiar así como de episodios históricos;
- Capas de información de Espacios Naturales Protegidos y masas de agua;
- Análisis de paleoinundaciones en el marco geográfico de la DHD.

3.2 Inundaciones de origen fluvial

3.2.1 Metodología empleada

En el presente apartado se realiza una descripción de la metodología aplicada para la revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación del 3.^{er} ciclo de la parte española de la Demarcación Hidrográfica internacional del Duero.

3.2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL A PARTIR DE INUNDACIONES HISTÓRICAS

El objetivo de los trabajos considerados en este apartado es obtener una preselección de zonas de riesgo potencial de inundación, basada en datos de inundaciones históricas y los daños registrados. Estos tramos de cauce podrían ser catalogados como nuevos ARPSI.

A partir del análisis de la información recopilada en el apartado anterior, esta preselección de las zonas se basa en el estudio de tramos de cauce en los que:

- Se han registrado inundaciones en el pasado (información histórica), recopiladas en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas, elaborado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias y dependiente del Ministerio del Interior. Esta información ya fue contemplada en los ciclos anteriores, y aunque no existe aún una versión actualizada del catálogo que contemple registros posteriores a la publicación de la EPRI anterior, su contenido sigue teniendo una enorme importancia y sus datos deben seguir contemplándose. Esta información se ha completado, en el presente ciclo, con los informes de seguimiento del PGRI, noticias publicadas en los medios de comunicación y toda la información de índole histórica aportada por la CHD.
- Se han registrado daños en la Base de Datos del Consorcio de Compensación de Seguros, que incluye los datos de los siniestros producidos por inundación extraordinaria. Se ha realizado un estudio de daños acumulados a nivel de municipio a partir de la base de datos del CCS, correspondiente al periodo 1996 – 2023. Se ha trabajado a escala municipal al haberse detectado diferentes problemas en cuanto a la coherencia de los datos de códigos postales.

A partir de estos trabajos se obtiene el umbral de daños acumulados que se ha empleado para la identificación de nuevas zonas. De manera complementaria, se

han analizado los datos asociados a episodios específicos ocurridos en el período 2018 – 2023.

- Exista información por parte de distintos organismos (Demarcación Hidrográfica, Organismos autonómicos de Protección Civil, etc.) o formen parte de las alegaciones a la EPRI, MAPRI y PGRI del 2.^{do} ciclo.

En el presente ciclo cobra especial importancia la información aportada por parte del CCS. Habiéndose realizado ya un estudio pormenorizado de eventos históricos en ciclos anteriores, con base en los datos del CNIH y hemeroteca, los datos del CCS se tornan muy relevantes en las tareas de revisión de los tramos ARPSI existentes y en la identificación de posibles nuevos tramos. Así, a partir del análisis estadístico de los datos del CCS, se ha establecido un **umbral de daños acumulados por municipio**, cuya superación implicará el estudio de detalle de dichos municipios para la posible incorporación de alguno de sus tramos de cauce como tramo ARPSI. El umbral que se ha fijado agrupa al conjunto de municipios de la DHD que acumulan el 70% de los gastos invertidos en indemnizaciones por daños, de acuerdo con los datos aportados por el CCS. Este valor, acapara, aproximadamente el 4,5% de los municipios de la Demarcación (35 municipios), los cuales presentan unos gastos mínimos en indemnizaciones con valor de 600.000€, como es el caso del municipio de La Pola de Gordón, y unos máximos con valor de 22.500.000€, tal y como sucede con el municipio de Valladolid. Según todo lo anterior, se ha establecido el umbral en 600.000€ de gastos acumulados por daños en el período 1996 - 2023, y todos los municipios que superan este valor han sido analizados en detalle.

Toda la información relativa al análisis de los datos aportados por el CCS, se muestra ampliamente desarrollada, en el Anexo 2 del presente documento.

3.2.1.1.1 ALEGACIONES DE CICLOS ANTERIORES

Se ha llevado a cabo una revisión de las alegaciones y aportaciones recibidas en las tres fases del ciclo anterior, a saber, EPRI, MAPRI y PGRI de la DHD, con objeto de valorar si alguna de las mismas tuviera algún tipo de repercusión en la revisión de los tramos ARPSI del presente ciclo.

Tras el análisis de las alegaciones de la EPRI y MAPRI de 2.^{do} ciclo, se concluye que ninguna de ellas incide en la modificación de tramos ARPSI existentes ni en la propuesta o demanda de nuevos tramos ARPSI.

En relación con las alegaciones recibidas en fase PGRI de 2.^{do} ciclo, existe una alegación, emitida por Asociación Soriana para la Defensa y Estudio de la Naturaleza Ecologistas en Acción – CODA, la cual, entre otros aspectos, solicita la revisión del subtramo ARPSI de código ES020/0020_08-1800001-01 del río Duero en Garray (Soria). Las aportaciones recogidas en dicha alegación han sido estudiadas en la presente revisión de la EPRI, pero ninguna de ellas implica la modificación del tramo ARPSI alegado, tratándose de consideraciones que, en todo caso, podrían afectar a la cartografía de zonas inundables asociadas al tramo, aspecto que sería tratado en fases posteriores a la de la presente EPRI. La referencia completa a esta alegación figura en el Anejo 3 Participación Pública del PGRI 2.^{do} de la DHD.

3.2.1.1.2 INFORMACIÓN APORTADA POR PROTECCIÓN CIVIL

La CHD ha mantenido contactos con los organismos autonómicos de Protección Civil, que tienen competencia dentro de la DHD, con el objetivo de recabar información relevante que pueda ser tenida en consideración en la presente fase de revisión y actualización de tramos ARPSI. En este sentido, la “Jornada Técnica de coordinación para la implantación de los PGRI de 2º ciclo y revisión del 3º ciclo de la Directiva de Inundaciones”, celebrada en la Escuela Nacional de Protección Civil el día 11 de junio de 2024, supuso un marco inmejorable para fomentar estos contactos.

Así, la [Agencia de Protección Civil y Emergencias \(APCE\) de la Junta de Castilla y León](#), ha proporcionado un listado de tramos fluviales, que en los últimos años han tenido episodios de inundación, y podrían generar riesgo potencial de inundación y afección a núcleos de población cercanos en el territorio de la DHD. Este listado, se ha tenido en consideración en la presente fase EPRI, pero principalmente está orientado a la identificación de nuevos tramos a cartografiar e incluir en el SNCZI. Además, la APCE de Castilla y León ha puesto a disposición de la CHD sus registros relativos a los episodios de inundaciones ocurridos en el período de tiempo comprendido entre 2019 y 2024, los cuales quedan recopilados en el Anexo 2 del presente documento.

No se ha recibido información procedente de organismos de Protección Civil pertenecientes otras autonomías.

3.2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL A PARTIR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

En el presente apartado se describe la metodología propuesta para el análisis del riesgo en la Demarcación. El objetivo es aprovechar los aproximadamente 4.200 km de tramos con información de peligrosidad disponibles, combinándolo con el potencial que ofrece el SIOSE AR a la hora de evaluar la vulnerabilidad del territorio.

A partir del tratamiento y cruce de esta información se ha obtenido una valoración del riesgo de inundación, considerando las variables que establece el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, las cuales son:

- Salud humana;
- Medio ambiente;
- Patrimonio cultural;
- Actividad económica;
- Infraestructuras.

3.2.1.2.1 EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

Para definir la peligrosidad se ha partido de las capas de zonas inundables disponibles en el SNCZI. Estas capas cubren aproximadamente 4.200 km de cauces dentro de la Demarcación.

Según lo anterior, se han empleado las zonas inundables asociadas a los períodos de retorno que maneja habitualmente el SNCZI. A estas zonas inundables, cuyas categorías de peligrosidad vienen dadas en función del período de retorno asociado, se les han asignado diferentes pesos que intervendrán en la posterior estimación del riesgo, estos pesos son:

- ZI Peligrosidad alta (T010) con peso 1,5;
- ZI Peligrosidad media (T100) con peso 1,25;
- ZI Peligrosidad baja (T500) con peso 1.

El producto final de este análisis se muestra mediante una colección de mapas de peligrosidad, para cada período de retorno considerado, que se incluyen en el Anexo 1 del presente documento.

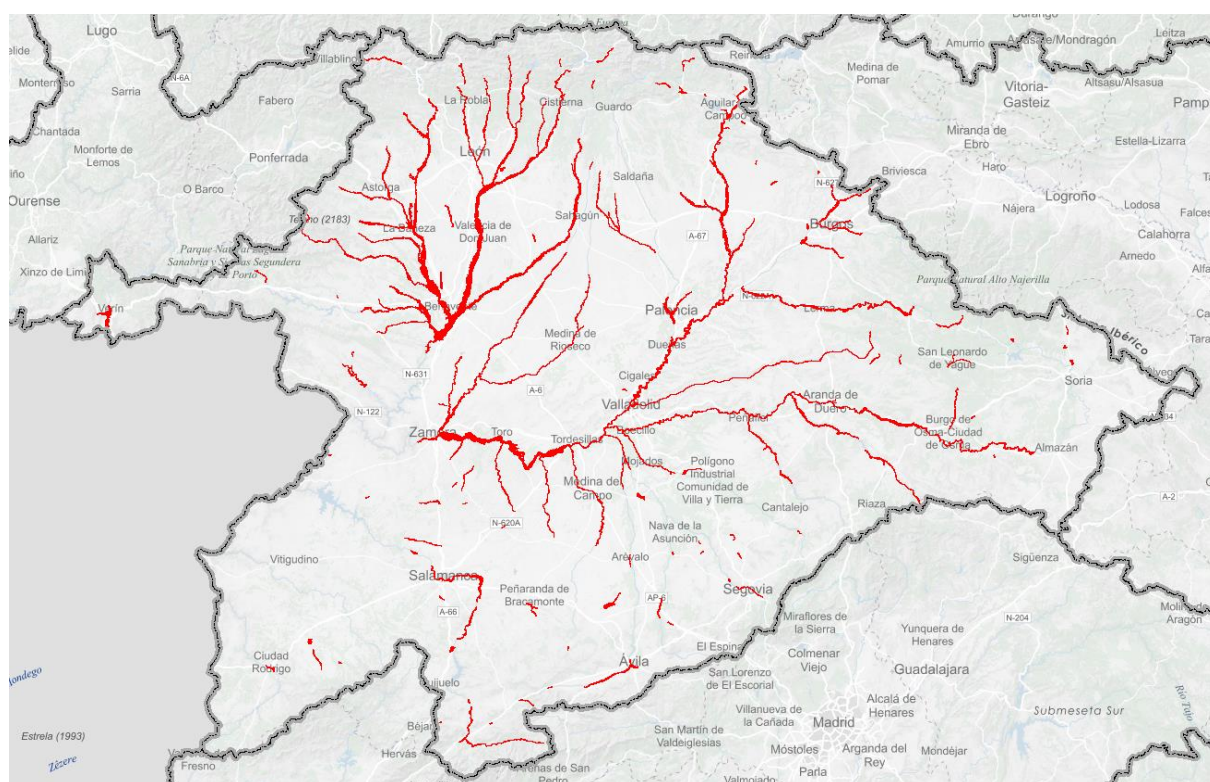


Figura 6. Zonas Inundables T10 publicadas en el SNCZI para la CHD.

3.2.1.2.2 ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD A PARTIR DEL SIOSE AR

Se ha llevado a cabo la estimación de vulnerabilidad y exposición del territorio de la DHD a partir de los usos del suelo del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España de Alta Resolución (SIOSE AR), con una geometría a mayor detalle respecto a las bases de datos SIOSE existentes de los años 2005 al 2014 y con un modelo de datos más detallado que diferencia entre coberturas y usos. Los usos se han obtenido directamente de la tabla “T_USOS”, usando los campos “HILUCS” e “ID_USOS”.

Estos usos, a su vez, se han agrupado en las siguientes 5 categorías establecidas en el Real Decreto 903/2010, de manera que permita su clasificación en función de las consecuencias en caso de inundación:

- Usos asociados a la salud humana;
- Usos asociados a la exposición medioambiental: además de los usos medioambientales del SIOSE, se han contemplado también las capas de información de Espacios Naturales Protegidos y las masas de agua;
- Usos asociados a exposición del Patrimonio Cultural;
- Usos asociados a la actividad económica (desarrollo urbano, industrial o agropecuario);
- Usos asociados a las infraestructuras.

Una vez establecidos los usos a valorar, el pesaje se ha llevado a cabo siguiendo el método de *Saaty*. Este es un método de ponderación, que permite asignar pesos, jerarquías o ponderaciones a las distintas coberturas, mediante un procedimiento de comparación por pares de los criterios, que parte de una matriz cuadrada y en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de categorías a ponderar.

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Las actividades contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra es absoluta e incuestionable.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes.
Recíprocos	$a(ij)=1/a(ji)$	Cuando <i>i</i> tiene un valor respecto a <i>j</i> igual a un entero de los indicados arriba, entonces el valor de <i>j</i> respecto a <i>i</i> es igual a $1/a$.

Tabla 5. Escala fundamental de preferencia (Saaty, 1980).

A continuación, se muestra un ejemplo de matriz de valoración:

Variable	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4
Elemento 1	1	3	7	9
Elemento 2	1/3	1	3	7
Elemento 3	1/7	1/3	1	3
Elemento 4	1/9	1/7	1/3	1

Tabla 6. Ejemplo de matriz de valoración.

Una vez obtenida la matriz de valoración, se ha procedido a normalizar cada columna de suma 1, dividiendo cada valor entre la suma de la columna. Los pesos se obtienen mediante la suma de las filas de la matriz normalizada, divididas entre el número de elementos.

Para asegurar que la valoración se ha realizado de forma coherente, el método Saaty cuenta con índice denominado “Razón de Consistencia”, el cual ha de ser menor a un valor que depende del tamaño de la matriz:

Tamaño de la matriz (n)	Razón de consistencia (C.R.)
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 7. Porcentajes máximos de la razón de consistencia CR.

Este índice se calcula mediante la fórmula:

$$C.R. = C.I. / R.I.$$

Donde:

C.R.= Razón de consistencia;

C.I.= Índice de consistencia;

R.I.= Índice aleatorio que indica la consistencia de una matriz aleatoria. Depende del tamaño de la matriz, según la siguiente tabla:

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 8. Índice aleatorio RI.

El índice de consistencia se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} se calcula multiplicando la matriz de comparación (A) por el vector de pesos (W) resultante, obteniendo la matriz V.

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ \dots \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Una vez obtenida V, λ_{max} se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum \frac{v_1}{w_1} + \dots + \frac{v_n}{w_n}}{n}$$

Este método se ha aplicado para las categorías establecidas, exceptuando la categoría de Patrimonio, en la que los 3 únicos usos del SIOSE asociados (334-Servicios religiosos, 335-Cementerio y 341-Servicios culturales) tienen el mismo peso, por lo que no es necesario hacer matriz de pesos.

Se muestra a continuación la agrupación de usos realizada sobre el SIOSE AR para cada variable, la matriz de valoración, la matriz de pesos obtenida y la razón de consistencia.

USOS ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN MEDIOAMBIENTAL

A la hora de agrupar y asignar valor a los diferentes usos, en primer lugar, se ha tenido en cuenta el potencial contaminante de los diferentes elementos en caso de inundación. Posteriormente, se ha considerado el grado de protección del medio, suponiendo más vulnerable aquellas zonas con mayor grado de protección ambiental.

Atendiendo a este criterio, se han agrupado los usos del SIOSE AR según las siguientes categorías:

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA MA
112	Infraestructuras agrícolas	1
132	Extracción de minerales metálicos	1
200	Producción secundaria	1
211	Fabricación de productos textiles	1
212	Fabricación de madera y productos basados en la madera	1
213	Fabricación de pasta papelera y de papel	1
214	Fabricación de coque y productos refinados de petróleo y de combustible nuclear	1
215	Fabricación de sustancias químicas, productos químicos y fibras artificiales	1
216	Fabricación de metales básicos y metalurgia	1
217	Fabricación de productos minerales no metálicos	1
218	Fabricación de productos de caucho y de plástico	1
219	Fabricación de otras materias primas	1
221	Fabricación de maquinaria	1
222	Fabricación de vehículos y medios de transporte	1
223	Fabricación de otros productos finales pesados	1
231	Elaboración de alimentos, bebidas y productos de tabaco	1
232	Elaboración de productos de ropa y cuero	1
233	Edición e impresión	1
234	Fabricación de aparatos eléctricos y ópticos	1
235	Fabricación de otros productos finales ligeros	1
411	Estaciones y áreas de servicio e infraestructuras	1
420	Servicios logísticos y de almacenamiento	1
241	Producción de energía nuclear	2
242	Producción de energía basada en combustibles fósiles	2
432	Depuradoras y potabilizadoras	3
432	Desalinizadoras	3
433	Vertederos y escombreras	4
433	Plantas de tratamiento	4
434	Otros servicios básicos de abastecimiento y gestión de residuos	4
431	Servicios de distribución de energía eléctrica, gas y energía térmica	5
-	Espacios Naturales Protegidos	6
-	Masas de Agua	7

Tabla 9. Agrupación usos SIOSE AR por categorías medioambientales MA.

A continuación, se muestra la matriz de valoración realizada para la variable Medio Ambiente.

	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	MA-6	MA-7	Vector de pesos
MA-1	1	2	3	4	6	8	9	0,35
MA-2	0,50	1	2	3	5	7	8	0,24
MA-3	0,33	0,50	1	3	4	6	7	0,18
MA-4	0,25	0,33	0,33	1	3	4	5	0,10
MA-5	0,17	0,20	0,25	0,33	1	3	5	0,07
MA-6	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	1	3	0,04
MA-7	0,11	0,13	0,14	0,20	0,20	0,33	1	0,02

Lamda	7,45
CI	0,07
RI	1,32
CR	5,65%

Tabla 10. Matriz de valoración por categorías medioambientales MA.

USOS ASOCIADOS A LA SALUD HUMANA

A la hora de agrupar los diferentes usos en relación con su influencia sobre la salud humana, se ha considerado la probabilidad de que exista presencia de personas afectadas en el momento de la inundación. Por tanto, se han agrupado, en primer lugar, los usos en los que se den pernoctas, seguidos de aquellos en los que pueda haber aglomeraciones de personas (terciario comercial). Tras ellos se han considerado los centros de trabajo, los transportes y en último lugar las zonas de ocio, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA SH
313	Alojamiento	1
313	Camping	1
331	Penitenciario	1
332	Servicios de educación	1
333	Servicios sanitarios y sociales	1
500	Uso residencial	1
311	Comercio mayorista y minorista, reparación de vehículos y de efectos personales y enseres domésticos	2
312	Servicios inmobiliarios	2
313	Restauración	2
314	Otros servicios comerciales	2
321	Servicios financieros y de seguros	2
322	Servicios profesionales, técnicos y científicos	2
323	Servicios de información y comunicación	2
324	Servicios administrativos y de asistencia	2
325	Otros servicios financieros, profesionales y de información	2
331	Servicios de administración pública, de defensa y de seguridad social	2
334	Servicios religiosos	2
335	Otros servicios a la comunidad	2
341	Servicios culturales	2

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA SH
350	Otras actividades del sector terciario	2
200	Producción secundaria	3
211	Fabricación de productos textiles	3
212	Fabricación de madera y productos basados en la madera	3
213	Fabricación de pasta papelera y de papel	3
214	Fabricación de coque y productos refinados de petróleo y de combustible nuclear	3
215	Fabricación de sustancias químicas, productos químicos y fibras artificiales	3
216	Fabricación de metales básicos y metalurgia	3
217	Fabricación de productos minerales no metálicos	3
218	Fabricación de productos de caucho y de plástico	3
219	Fabricación de otras materias primas	3
221	Fabricación de maquinaria	3
222	Fabricación de vehículos y medios de transporte	3
223	Fabricación de otros productos finales pesados	3
231	Elaboración de alimentos, bebidas y productos de tabaco	3
232	Elaboración de productos de ropa y cuero	3
233	Edición e impresión	3
234	Fabricación de aparatos eléctricos y ópticos	3
235	Fabricación de otros productos finales ligeros	3
420	Servicios logísticos y de almacenamiento	3
411	Vías	4
411	Áreas de estacionamiento	4
411	Estaciones y áreas de servicio e infraestructuras	4
412	Vías de ferrocarril	4
412	Infraestructuras ferroviarias	4
413	Transporte aéreo	4
414	Transporte marítimo y por vías navegables interiores	4
415	Otras redes de transporte	4
342	Parque recreativo	5
342	Ocio	5
343	Campo de golf	5
343	Instalaciones deportivas	5
344	Parque urbano	5
344	Zonas recreativas	5
345	Otras actividades recreativas	5

Tabla 11. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de salud humana SH.

A continuación, se muestra la matriz de valoración realizada para la variable Salud Humana.

	SH-1	SH-2	SH-3	SH-4	SH-5	Vector de pesos
SH-1	1	3	5	7	9	0,51
SH-2	0,33	1	3	5	7	0,26
SH-3	0,20	0,33	1	3	4	0,13
SH-4	0,14	0,20	0,33	1	2	0,06
SH-5	0,11	0,14	0,25	0,5	1	0,04

Lamda	5,16
CI	0,04
RI	1,12
CR	3,64%

Tabla 12. Matriz de valoración por categorías de salud humana SH.

USOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

Para la agrupación de los diferentes usos del suelo en función de las actividades económicas se han ordenado en función del valor estimado del suelo, extraído del documento [“Propuesta de mínimos para la realización de los mapas de riesgo de inundación”](#), elaborada por el MITECO. Posteriormente se ha procedido a agruparlos tal y como se muestra en la siguiente tabla:

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA AE
240	Producción de energía	1
241	Producción de energía nuclear	1
242	Producción de energía basada en combustibles fósiles	1
243	Producción de bioenergía	1
244	Eólica	1
244	Solar	1
244	Hidroeléctrica	1
244	Otras energías renovables	1
333	Servicios sanitarios y sociales	1
432	Depuradoras y potabilizadoras	1
432	Desalinizadoras	1
200	Producción secundaria	1
211	Fabricación de productos textiles	1
212	Fabricación de madera y productos basados en la madera	1
213	Fabricación de pasta papelera y de papel	1
214	Fabricación de coque y productos refinados de petróleo y de combustible nuclear	1
215	Fabricación de sustancias químicas, productos químicos y fibras artificiales	1
216	Fabricación de metales básicos y metalurgia	1
217	Fabricación de productos minerales no metálicos	1
218	Fabricación de productos de caucho y de plástico	1
219	Fabricación de otras materias primas	1
221	Fabricación de maquinaria	1
222	Fabricación de vehículos y medios de transporte	1
223	Fabricación de otros productos finales pesados	1
231	Elaboración de alimentos, bebidas y productos de tabaco	1
232	Elaboración de productos de ropa y cuero	1
233	Edición e impresión	1
234	Fabricación de aparatos eléctricos y ópticos	1
235	Fabricación de otros productos finales ligeros	1
250	Otros sectores de la industria	1
413	Transporte aéreo	1
414	Transporte marítimo y por vías navegables interiores	1
415	Otras redes de transporte	1
500	Uso residencial	2

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA AE
311	Comercio mayorista y minorista, reparación de vehículos y de efectos personales y enseres domésticos	3
312	Servicios inmobiliarios	3
313	Alojamiento	3
313	Restauración	3
314	Otros servicios comerciales	3
321	Servicios financieros y de seguros	3
322	Servicios profesionales, técnicos y científicos	3
323	Servicios de información y comunicación	3
324	Servicios administrativos y de asistencia	3
325	Otros servicios financieros, profesionales y de información	3
331	Servicios de administración pública, de defensa y de seguridad social	3
350	Otras actividades del sector terciario	3
411	Estaciones y áreas de servicio e infraestructuras	3
420	Servicios logísticos y de almacenamiento	3
412	Vías de ferrocarril	4
412	Infraestructuras ferroviarias	4
112	Infraestructuras agrícolas	4
411	Vías	4
431	Servicios de distribución de energía eléctrica, gas y energía térmica	4
331	Penitenciario	5
332	Servicios de educación	5
334	Servicios religiosos	5
335	Otros servicios a la comunidad	5
335	Cementerio	5
341	Servicios culturales	5
343	Instalaciones deportivas	5
411	Áreas de estacionamiento	5
313	Camping	5
342	Parque recreativo	6
342	Ocio	6
343	Campo de golf	6
344	Parque urbano	6
344	Zonas recreativas	6
345	Otras actividades recreativas	6
433	Vertederos y escombreras	6
433	Plantas de tratamiento	6
434	Otros servicios básicos de abastecimiento y gestión de residuos	6
610	Áreas transitorias	7
111	Producción agrícola comercial	7
141	Acuicultura	7
150	Otras actividades primarias	7
120	Silvicultura	7
142	Pesca	7
150	Dehesa	7
130	Industrias extractivas	7
131	Extracción de materiales productores de energía	7
132	Extracción de minerales metálicos	7
133	Otras industrias extractivas (minas, canteras y graveras)	7

Tabla 13. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de actividades económicas AE.

A continuación, se muestra la matriz de valoración para la variable Actividad Económica.

	AE-1	AE-2	AE-3	AE-4	AE-5	AE-6	AE-7	Vector de pesos
AE-1	1	2	3	5	7	8	9	0,36
AE-2	0,50	1	3	4	5	7	9	0,26
AE-3	0,33	0,33	1	3	4	6	8	0,17
AE-4	0,20	0,25	0,33	1	3	4	5	0,10
AE-5	0,14	0,20	0,25	0,33	1	3	5	0,06
AE-6	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	1	3	0,04
AE-7	0,11	0,11	0,13	0,20	0,20	0,33	1	0,02

Lamda	7,53
CI	0,09
RI	1,32
CR	6,64%

Tabla 14. Matriz de valoración por categorías de actividades económicas AE.

USOS ASOCIADOS A LAS INFRAESTRUCTURAS

A la hora de agrupar los diferentes usos del suelo se ha considerado la importancia de las infraestructuras y su vulnerabilidad frente a inundaciones. En la siguiente tabla se muestran los usos y las categorías consideradas.

HILUCS	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA INF
241	Producción de energía nuclear	1
242	Producción de energía basada en combustibles fósiles	1
243	Producción de bioenergía	1
244	Eólica	1
244	Solar	1
244	Hidroeléctrica	1
244	Otras energías renovables	1
431	Servicios de distribución de energía eléctrica, gas y energía térmica	2
411	Vías	3
412	Vías de ferrocarril	4
412	Infraestructuras ferroviarias	4
413	Transporte aéreo	5
414	Transporte marítimo y por vías navegables interiores	5
432	Depuradoras y potabilizadoras	6
432	Desalinizadoras	6
415	Otras redes de transporte	7
433	Vertederos y escombreras	8
433	Plantas de tratamiento	8
434	Otros servicios básicos de abastecimiento y gestión de residuos	8
112	Infraestructuras agrícolas	8
411	Áreas de estacionamiento	9
411	Estaciones y áreas de servicio e infraestructuras	9
420	Servicios logísticos y de almacenamiento	9

Tabla 15. Agrupación usos SIOSE AR por categorías de infraestructuras INF.

A continuación, se muestra la matriz de valoración realizada para la variable Infraestructuras.

	INF-1	INF-2	INF-3	INF-4	INF-5	INF-6	INF-7	INF-8	INF-9	Vector de pesos
INF-1	1	2	2	3	5	6	6	7	9	0,27
INF-2	0,50	1	2	3	5	6	6	7	9	0,23
INF-3	0,50	0,50	1	3	4	5	6	7	8	0,19
INF-4	0,33	0,33	0,33	1	3	3	5	6	7	0,12
INF-5	0,20	0,20	0,25	0,33	1	2	3	4	5	0,07
INF-6	0,17	0,17	0,20	0,33	0,50	1	2	3	4	0,05
INF-7	0,17	0,17	0,17	0,20	0,33	0,50	1	2	3	0,04
INF-8	0,14	0,14	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	1	2	0,03
INF-9	0,11	0,11	0,13	0,14	0,20	0,25	0,33	0,50	1	0,02

Lamda	9,52
CI	0,07
RI	1,45
CR	4,50%

Tabla 16. Matriz de valoración por categorías de infraestructuras INF.

Finalizado el proceso de asociación de categorías a cada tipo de uso del suelo del SIOSE AR, se ha llevado a cabo una tarea de revisión de aquellos polígonos del SIOSE que, dadas sus características particulares, son susceptibles de ser asignados a una categoría diferente. Tal ha sido el caso del polígono correspondiente al Campo de Maniobras y Tiro de “El Teleno” (León), el cual lleva asociado un uso del suelo correspondiente a “Servicios de administración pública, de defensa y de seguridad social”, y al que se le ha asociado a una categoría 5 para SH y de 6 para AE.

CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD TOTAL

El producto final que se ha obtenido tras la aplicación de la metodología descrita se ha materializado en una colección de mapas de vulnerabilidad, para cada una de las 5 categorías contempladas, cuyos valores de vulnerabilidad han sido normalizados. Además, se ha generado un mapa de vulnerabilidad global, para toda la DHD, que se ha obtenido aplicando los siguientes pesos a cada categoría:

- Medio ambiente = 0,15;
- Salud humana = 0,30;
- Patrimonio = 0,10;
- Actividades económicas = 0,30;
- Infraestructuras = 0,15.

Los distintos grupos de mapas creados se incluyen en el Anexo 1 del presente documento.

3.2.1.2.3 ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Para la evaluación del riesgo se ha procedido a cruzar, mediante herramientas SIG, los mapas de peligrosidad, para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, con los mapas de vulnerabilidad globales normalizados (valores entre 0 y 100).

Como resultado del proceso anterior, se han obtenido los mapas de riesgo normalizados en los que todos y cada uno de los polígonos de usos del suelo procedentes del SIOSE AR llevarán asociado un valor de riesgo por inundación, comprendido entre 0 y 100.

Además de los mapas anteriores, y con el objetivo de asistir en la toma de decisiones en cuanto a la propuesta de tramos ARPSI de acuerdo con los riesgos obtenidos, se han determinado dos índices de riesgo:

- Valor de riesgo único, global - areal, asociado a cada tramo. Con el objetivo de proceder a comparar entre tramos con diferentes extensiones, es necesario obtener un valor de riesgo independiente de la longitud y tamaño de la zona inundable del tramo estudiado. Para ello se ha dividido el valor global del riesgo calculado en cada tramo entre la superficie inundada por la T500. De este modo se obtiene una media areal del valor de riesgo de cada tramo;
- Estudio, para cada tramo, de las superficies afectadas cuyo riesgo supera un determinado umbral. Con este análisis, se busca complementar la caracterización anterior, empleando un segundo criterio que trate de resolver posibles cuestiones de sesgo inherentes a determinados tramos de estudio.

Con el objetivo de proceder a comparar entre tramos con diferentes extensiones, es necesario obtener un valor de riesgo independiente de la longitud y tamaño de la zona inundable del tramo estudiado. Para ello se ha dividido el valor global del riesgo calculado en cada tramo entre la superficie inundada por la T500. De este modo se obtiene una media areal del valor de riesgo de cada tramo.

3.2.1.2.4 IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES DE RIESGO

Una vez obtenido el riesgo, se deben establecer los umbrales a partir de los cuales determinar qué tramos se deben considerar ARPSI. No obstante, en el proceso de aplicación de umbrales, éstos no deben entenderse como límites infranqueables, pudiendo darse situaciones en las que determinados tramos ARPSI, o potenciales ARPSI, queden enmarcados en rangos inferiores, pero igualmente deban seguir siendo contemplados, pudiendo quedar justificada su categoría ARPSI por razones históricas.

Para asegurar una correcta caracterización, se ha recurrido al establecimiento de dos índices de riesgo, tal y como se explicó en el apartado anterior, para los cuales se han fijado unos **umbrales de riesgo** con valores comprendidos entre 0 (riesgo nulo) y 100 (riesgo máximo).

Según lo anterior, además, de contemplar los valores de riesgo global areal de cada tramo, que realmente reflejan una media ponderada del riesgo asociado a cada tramo, se ha realizado un estudio pormenorizado de aquellos tramos que presentan áreas inundadas con riesgo superior a 70, y cuyas superficies totales con este riesgo son superiores a 15.000 m², siendo estos los umbrales aquí establecidos.

3.2.1.3 VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA MEDIANTE CORRELACIÓN ENTRE ESTUDIOS HISTÓRICOS Y RIESGO POTENCIAL

A fin de garantizar la fiabilidad de la definición de tramos ARPSI obtenida con esta metodología, se ha realizado un estudio de contraste de los índices de daños (estudio histórico) y los umbrales de riesgo (estudio de riesgos potenciales) obtenidos tanto para los tramos nuevos como para los existentes. Así, este contraste se ha realizado para los 26 ARPSI del primer y segundo ciclo y sobre todos los tramos donde se dispone de estudios de inundabilidad para 10, 100 y 500 años de periodo de retorno, elaborados con criterios uniformes y según la metodología de la [Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables](#).

3.2.2 Revisión de las ARPSI del 2.º ciclo

Se han sometido a revisión los 216 subtramos en los que se dividen los 26 tramos ARPSI del 2.º ciclo. Esta revisión se ha basado en la metodología anteriormente descrita y, según la cual, se han aplicado los diferentes umbrales de naturaleza histórica y de riesgo potencial. Previo a este análisis, se debe considerar que un 62% de los 216 subtramos se declararon de acuerdo a criterio histórico y un 38% de acuerdo a criterio potencial.

Desde el punto de vista de análisis histórico, se han analizado los datos de indemnizaciones del CCS del periodo 1996-2023 por municipio para cada subtramo ARPSI (suma de indemnizaciones de cada municipio en el ámbito de cada subtramo ARPSI). Se obtiene que un 15,74% de los subtramos ARPSI supera el umbral de 600.000 euros en indemnizaciones (umbral del 70% de gastos) establecido en el análisis de riesgo a partir de inundaciones históricas, anteriormente descrito. Por tanto, de igual manera que en el análisis de los datos del CCS por municipio en el que una pequeña parte de los municipios (el 4,5%) superaba dicho umbral, en los tramos ARPSI ocurre algo parecido, es decir, en la CHD los grandes daños se concentran en pocas zonas, con valores especialmente altos en los 3 subtramos del municipio de Valladolid. Respecto al resto de subtramos por debajo del umbral, estos pueden presentar daños previos al periodo estudiado 1996-2023 o tener daños de menor cuantía, pero que se consideraron relevantes en los análisis de ciclos anteriores para su declaración como ARPSI.

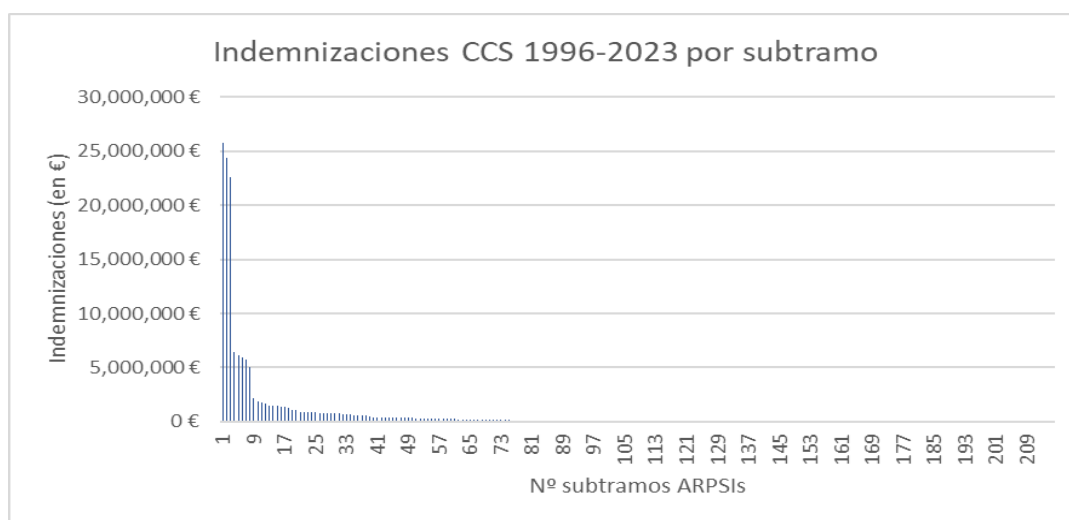


Figura 7. Indemnizaciones CCS período 1996 – 2023 por subtramo ARPSI.

Desde el punto de vista del riesgo potencial, se obtiene que el 66,67% de los 216 subtramos ARPSI concentran el 70% del riesgo global-areal de todos los tramos estudiados, por lo que la mayoría de ARPSIs tienen valores altos de riesgo en su ámbito. En cambio, los 474 tramos no ARPSI con estudios de zonas inundables tienen, en general, unos valores de riesgo global-areal inferiores a los tramos ARPSI, tal y como se puede observar en los siguientes gráficos con los datos de los valores de riesgo global estandarizados (de 0 a 100):

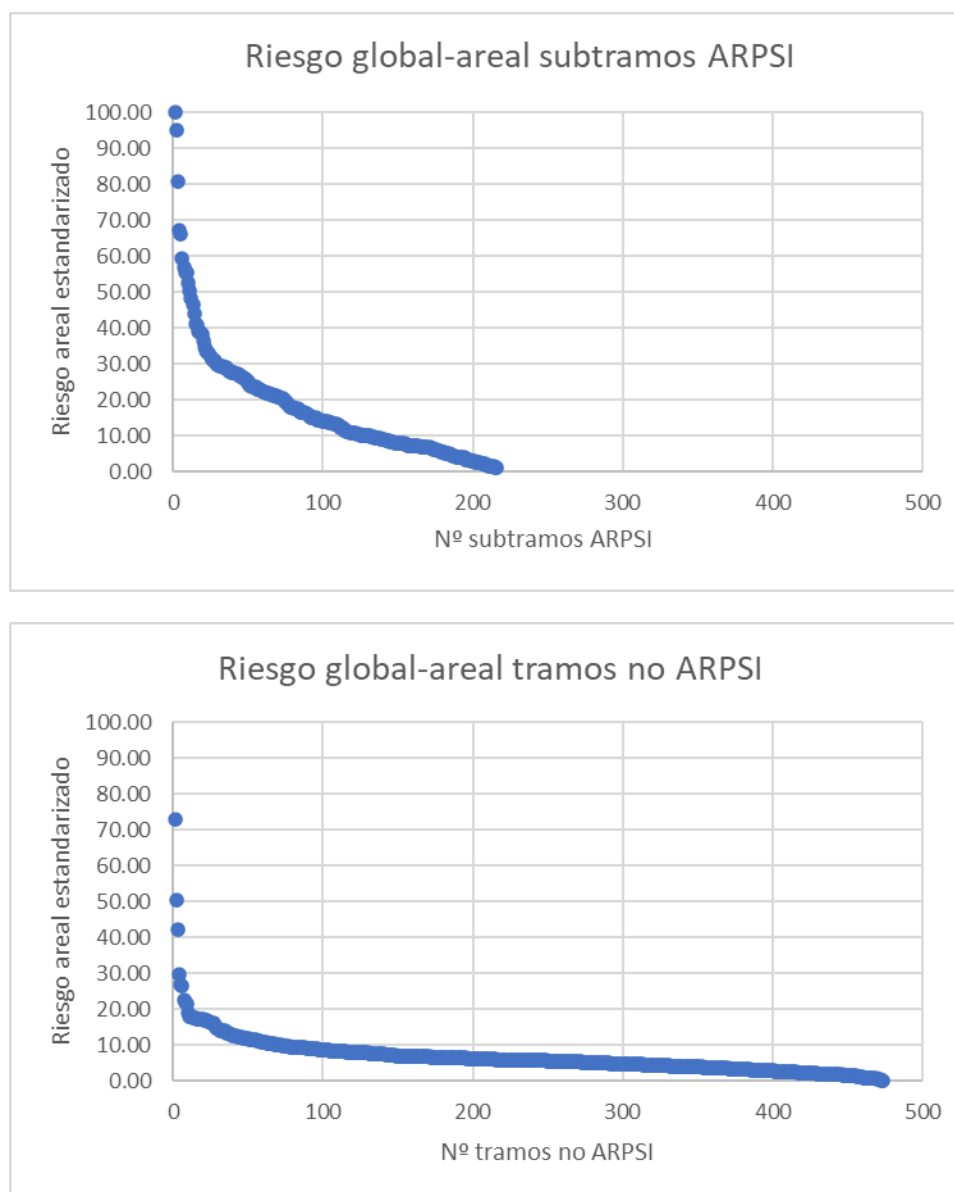


Figura 8. Riesgo areal estandarizado global por tramos no ARPSI y subtramos ARPSI.

Por su parte, se ha realizado también el análisis de las áreas con un riesgo estandarizado superior a 70 en superficies mayores a 15.000 m² por tramo. Por encima de este umbral se sitúan el 24,54% de los subtramos ARPSI.

Aquellos subtramos ARPSI por debajo de este umbral de riesgo superior a 70 y/o por debajo del análisis de riesgo global-areal se seleccionaron por otros criterios diferentes como episodios históricos, recomendaciones y/o análisis de organismos de protección civil y otros

organismos o criterio experto. Se debe considerar que estos análisis se han realizado a nivel macro, pudiendo no tener en cuenta riesgos localizados o afecciones en poblaciones pequeñas que ya fueron estudiados con mayor detalle en el primer y segundo ciclo.

Así, y de acuerdo con los criterios planteados en el presente documento, todos los tramos ARPSI del ciclo anterior seguirían siendo válidos y mantienen su categoría.

En el Anexo 1 del presente documento se muestran mapas con la ubicación del conjunto de tramos ARPSI. Por su parte, el Anexo 3 incluye fichas descriptivas de todos los tramos ARPSI.

3.2.3 Propuesta de nuevas ARPSI

Una vez aplicada la metodología anteriormente descrita, se han seleccionado los 4 tramos que reúnen los criterios establecidos para su consideración como tramos ARPSI de origen fluvial. Estos tramos superan los umbrales de riesgo potencial fijados y los municipios en los que se localizan acumulan gastos por indemnizaciones con cifras muy relevantes en el contexto de la Demarcación.

Los tramos que a continuación se enumeran constituyen la propuesta de nuevas ARPSI del 3.^{er} ciclo de la Directiva de Inundaciones en la DHD, y se añaden a los 216 subtramos existentes de los dos ciclos anteriores:

- Subtramo ES020/0015_09-1800001-03, río Duero a su paso por Boecillo y Laguna de Duero, con más de 125.000 m² de zonas inundables que pueden generar riesgo con valor superior a 70 (sobre 100), y más de 2.800.000€ en gastos por indemnizaciones entre los dos municipios afectados;
- Subtramo ES020/0015_09-1800001-04, río Duero al paso por el barrio de Puente Duero (Valladolid), con más de 150.000 m² de zonas inundables con riesgo superior a 70, y más de 22.500.000€ en gastos por indemnizaciones, si bien hay que matizar que esta última cifra es global y para todo el municipio;
- Subtramo ES020/0018_07-1800092-01, asociado al río Vena, a su paso por la ciudad de Burgos, con más de 100.000 m² de zonas inundables con riesgo superior a 70, y casi 6.000.000€ en gastos por indemnizaciones, que como en el caso anterior, hay que matizar que esta última cifra es global y para todo el municipio;
- Subtramo ES020/0022_10-1800742-01, arroyo del Horcajo, a su paso por la localidad de Vallelado, con más de 18.000 m² de zonas inundables con riesgo superior a 70, y casi 300.000€ en gastos por indemnizaciones para todo el municipio.

Los 4 subtramos anteriores quedan reflejados en los mapas del Anexo 1 así como en las fichas del Anexo 3.

3.3 Inundaciones de origen pluvial

En la EPRI del 2.^{do} ciclo, se realizó un análisis específico del fenómeno de inundación pluvial con el fin de determinar si estaba justificada la incorporación de nuevas ARPSI de esta tipología o si era conveniente modificar las ya existentes.

Este análisis constó de un estudio histórico, otro topográfico y una caracterización hidrometeorológica de la cuenca. La conjunción de estos tres análisis resultó en la identificación de las zonas con más riesgo de inundación pluvial.

El desarrollo y las conclusiones del análisis anterior figuran en el apartado 3.2. de la Memoria de la EPRI 2.^{do} de la DHD. De acuerdo con dicho documento, finalmente se determinó no incluir ningún tramo ARPSI de origen pluvial.

En este 3.^{er} ciclo, se prosigue con el estudio y posible identificación de ARPSIs pluviales, y para ello se ha aplicado la siguiente metodología:

Una vez obtenidas las zonas de riesgo potencial derivadas de inundaciones históricas y daños registrados (ver resultados mostrados en el Anexo 2 en relación con la información de daños del CCS), se ha analizado el origen de las afecciones. La identificación de ARPSI pluviales puede darse en varios casos:

- Municipios con superación de umbrales de daños económicos (600.000€, tal y como se explica en el apartado 3.2.1.1. del presente documento) sin datos de peligrosidad. En estos casos se ha estudiado la red de drenaje existente, buscando cauces cuyos desbordamientos puedan explicar los daños. Esto se ha completado con el análisis de la hemeroteca, con el objetivo de separar inundaciones fluviales de las generadas por fuertes lluvias sobre el municipio;
- Municipios con superación de umbrales de daños económicos sin superación de umbrales de riesgo. Estos tramos son aquellos en los que se han registrado daños por inundaciones, pero los modelos hidráulicos existentes no los reflejan. En estos casos se ha analizado la red de drenaje para detectar posibles cauces no modelizados y la hemeroteca.

Según la metodología expuesta, se han analizado los 35 municipios que superan el umbral de 600.000€ de gastos en indemnizaciones en el período 1996 – 2023. Con los datos disponibles, ninguno de los municipios estudiados presenta resultados concluyentes que permitan identificar sectores concretos ARPSI de origen pluvial. No obstante, algunos municipios podrían presentar indicios, o al menos sospechas, de presentar posibles zonas ARPSI pluviales. Estos municipios deberán estudiarse en detalle en fases posteriores, para determinar si realmente alguna parte de sus territorios alcanzan categoría ARPSI con origen pluvial, una vez se reúnan resultados suficientemente consistentes. El municipio así identificado es el de Villares de la Reina, el cuál será analizado en profundidad en lo sucesivo.

3.4 Inundaciones debidas al mar

La parte española de la Demarcación Hidrográfica internacional del Duero no tiene conexión marítima y por tanto carece de ARPSIs de origen marino que afecten a su territorio.

4 Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación

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

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

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

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

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

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

4.1.1 Proyecciones climáticas: nuevos escenarios climáticos

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

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.

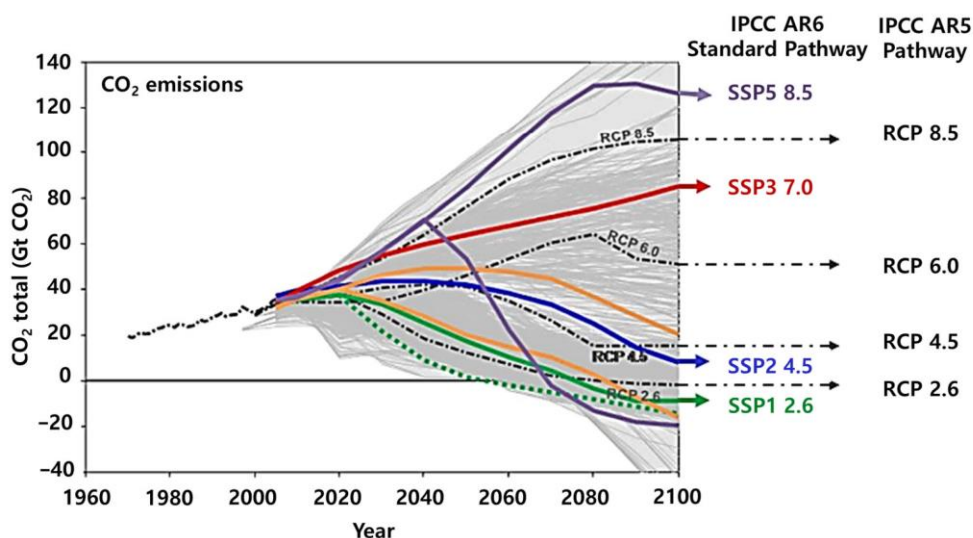


Figura 9. Evolución temporal del CO₂ para los distintos escenarios SSP y su correspondencia aproximada con los escenarios RCP del AR5 (Riahi et al., 2017).

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

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

4.1.2 Proyecciones en España

Proyecciones sobre el régimen de precipitaciones en España

Las proyecciones del régimen de precipitaciones en España muestran resultados propios de las dos regiones de influencia, la Atlántica y Mediterránea. Por lo general, la tendencia observada en las proyecciones de los modelos climáticos muestra una reducción de la cantidad de precipitación anual en el territorio español (aunque con ciertas excepciones). Paradójicamente, aunque la mayoría de las proyecciones climáticas para España coinciden en una menor precipitación anual, los modelos indican que a escalas temporales más cortas (diarias) los eventos de lluvia intensa podrían aumentar (Zittis et al., 2021).

El modelo EURO-CORDEX sugiere cambios importantes en el régimen de precipitación durante las próximas tres décadas (2021-2050), respecto al periodo 1971-2000. Aunque el modelo apunta a una reducción generalizada y consistente de las precipitaciones anuales, se aprecia un aumento en la señal de las precipitaciones máximas diarias, especialmente en invierno y otoño en zonas montañosas del centro-norte peninsular (ver imagen siguiente). 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).

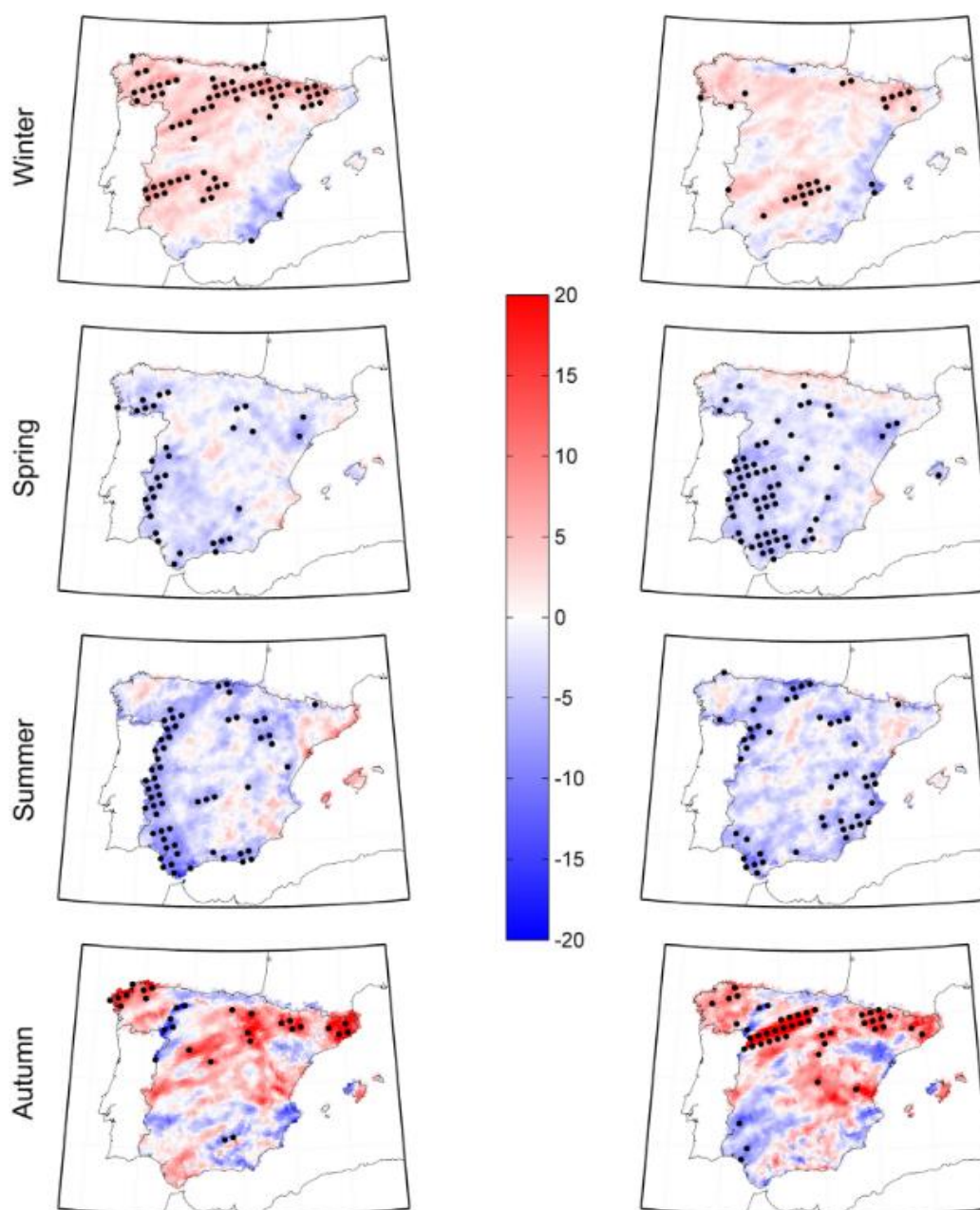


Figura 10. Análisis estacional de los cambios en la precipitación diaria máxima (índice RX1D) proyectado (%) del conjunto de modelos múltiples entre el periodo de referencia (1971-2000) y el periodo futuro próximo (2021-2060) para los escenarios de emisiones RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (según Lorenzo 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 periodos 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 consideraciones generales sobre los posibles cambios en la lluvia extrema, que pueden ser empleados como guía para la evaluación y monitorización de futuras ARPSI. Estas son:

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

Proyecciones sobre la cobertura nival en España

Los modelos climáticos son consistentes a la hora de describir una menor cobertura nival en las montañas del territorio español. Así, para finales del siglo XXI, las proyecciones indican una reducción significativa de la cobertura nival en términos de (SWE *snow-water-*

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

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

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

Proyecciones sobre el uso del suelo en España

El uso del suelo juega un papel fundamental en las inundaciones en el territorio español y, por lo tanto, su evolución debe tenerse en cuenta. De acuerdo con los resultados de la plataforma de modelización territorial LUISA (Centro Conjunto de Investigación de la Comisión Europea) el uso del suelo en España puede sufrir importantes cambios para finales de la década (2030) asociados al abandono agrícola (Perpiña Castillo *et al.*, 2020). En 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 con 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 con 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 (ver imagen siguiente; Garijo y Mediero 2018). El aumento de los caudales máximos de diseño es casi entre un 10 % y un 30 % mayor en RCP 8.5 que en RCP 4.5.

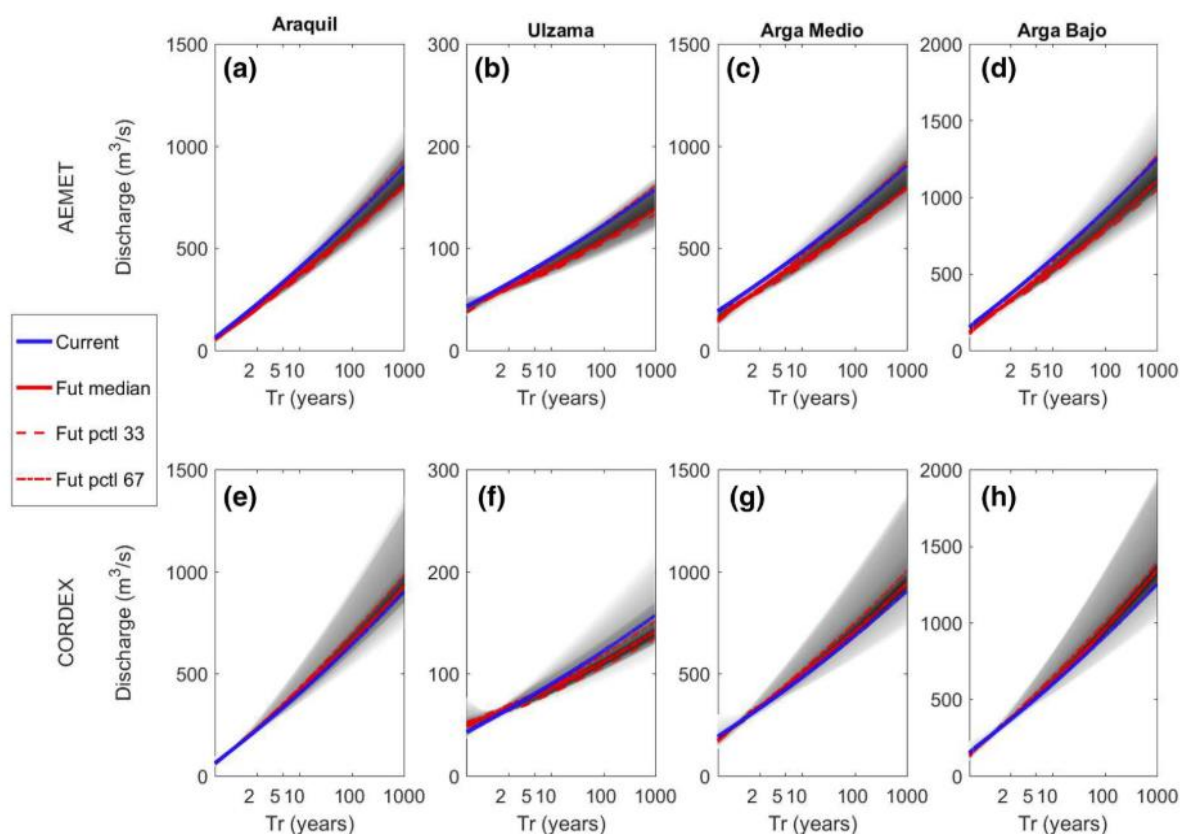


Figura 11. Ejemplo de curvas de frecuencia de inundaciones esperadas (Tr periodo de retorno) en el futuro para el RCP 8.5 para el río Arga (Garijo y Mediero, 2018). La línea azul gruesa representa la simulada con modelos hidrológicos, la línea roja sólida muestra la mediana de los modelos climáticos; y las líneas rojas discontinuas muestran los percentiles 33º y el 67º de los modelos climáticos.

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

En líneas generales, se puede concluir que:

- En España, las proyecciones sobre caudales extremos muestran una elevada incertidumbre. Los estudios existentes en la actualidad usando datos del AR6 solo se han completado en unas pocas cuencas piloto.
- Los estudios indican que los caudales de descargas máximas de diseño para periodos de retorno menores a 10 años podrían disminuir, pero se pueden observar un aumento de la probabilidad de inundaciones mayores a la T100 para los RCP más desfavorables.

- En el NW de la península las proyecciones apuntan a una disminución de los caudales máximos para eventos ordinarios (>10 años) y aumento para los eventos raros (500-1000 años).
- En el SE peninsular, las inundaciones actuales de 100 años podrán generarse en el futuro por lluvias de entre 10 y 1000 años, dependiendo de la posición del núcleo de las tormentas.
- El efecto combinado con el aumento del nivel del mar puede aumentar la peligrosidad de inundaciones en todo el litoral.

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

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

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

El visor permite:

1. Visualizar datos de rejilla ajustada de los modelos EUROCORDEX, así como obtener valores históricos de la AEMET puntuales o en rejilla de la AEMET (ver las dos primeras imágenes siguientes),
2. Trabajar con 19 indicadores relacionados con la temperatura y 8 relacionados con la precipitación,
3. Usar valores absolutos o anomalías,
4. Escenarios: históricos, RCP4.5 y RCP 8.5 (los escenarios SSP serán introducidos en los próximos meses),
5. Elegir distintos horizontes temporales (años completos y meses) (ver tercera imagen siguiente).

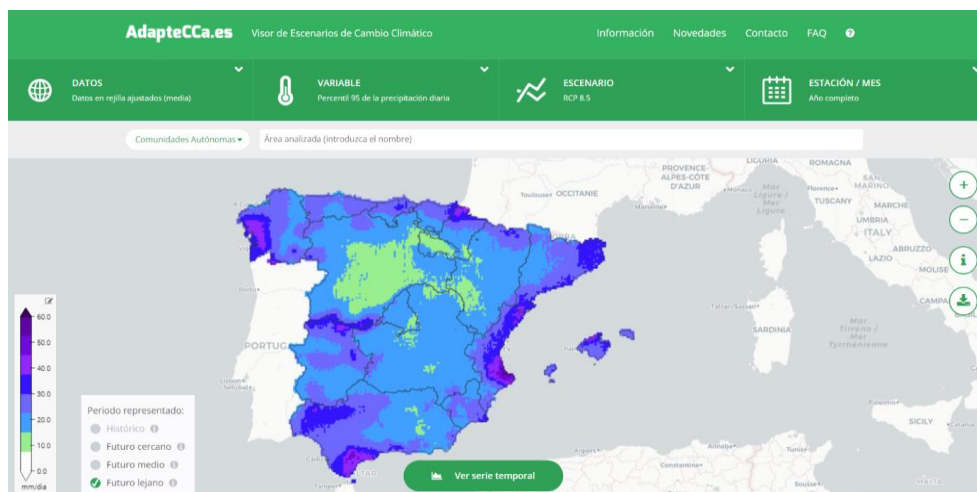


Figura 12. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación de un percentil 95 (periodo de retorno medio de 20 años) para el escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español.

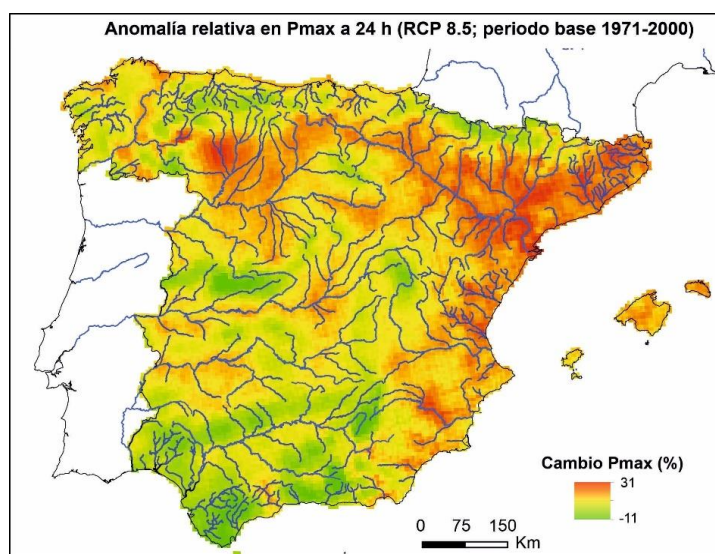
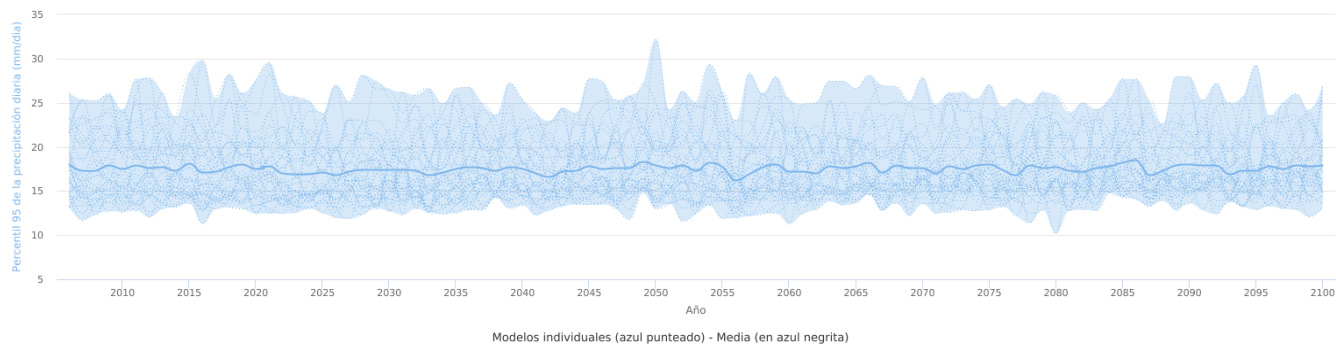


Figura 13. Salida gráfica en formato SIG de las proyecciones de cambio (%) de la variable precipitación máxima en 24 horas para un horizonte temporal medio (2075) para escenario RCP 8.5 sobre una rejilla ajustada al territorio español.

Escenarios AdapteCCa - Percentil 95 de la precipitación diaria - SDSM (media) - RCP 4.5 - Año completo - Canfranc (Aragón)



Fuente: <http://escenarios.adaptecca.es>

Figura 14. Salida gráfica de las proyecciones de la variable precipitación del percentil 95 para el escenario RCP4.5 en Canfranc (Huesca).

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

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

4.2.1 Metodología

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

Estimación de las tasas de cambio en cuantil de caudal

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

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

torrencialidad, en situación actual se emplea el mapa contenido en la norma 5.2 IC, mientras que en situación futura se calcula aplicando a dicho mapa los cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad obtenidos en CEDEX (2021).

El método racional modificado asume ciertas hipótesis simplificadoras que sólo son asumibles en cuencas de un tamaño máximo de, como mucho, unos cientos de 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 de río con riesgo potencial significativo como consecuencia del cambio climático, se han identificado en primer lugar los tramos de la red fluvial próximos a usos del suelo o elementos que se consideren vulnerables. Para ello se crea un polígono o área de influencia asociada al tramo mediante un buffer a cada lado del mismo, cuyo ancho se calcula en base a su superficie de cuenca. El ancho del buffer a utilizar en cada tramo de la red se obtiene a través de una correlación entre las superficies de cuenca y los anchos de las zonas inundables de las ARPSI ya declaradas en el 1.^{er} y 2.^o ciclo. Este ancho característico deducido de la correlación descrita se utiliza para crear un buffer hacia las márgenes de cada tramo, de la mitad de ese ancho, superponiendo las áreas de influencia resultantes.

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Descarga del modelo digital del terreno (MDT) y del modelo digital de superficies (MDS) de la zona procedentes del LIDAR de 2m x 2m del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
2. Obtención, empleando el MDT y herramientas de SIG, de:
 - a. La pendiente media del tramo.
 - b. Una sección característica del tramo en estudio.
3. Obtención de información sobre el coeficiente de rozamiento (n de Manning) tanto del cauce como de las márgenes del tramo. Se recomienda emplear para ello:
 - a. Capa de usos del suelo del SIOSE.
 - b. Tabla “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000” del Anejo V de la “Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)”.
4. Cálculo hidráulico simplificado en régimen uniforme para determinar un valor aproximado del calado en situación actual y en situación futura en el tramo en estudio, partiendo de los caudales en situación actual y futura. Se puede emplear para realizar el cálculo el software HECRAS del US Army Corps of Engineers (USACE).
5. Creación de una superficie de nivel de inundación para cada situación, actual y futura, a partir de los calados obtenidos en el cálculo hidráulico anterior, mediante herramientas de análisis espacial de SIG.
6. Intersección de la superficie de nivel con el modelo digital de elevaciones del LIDAR (MDS), obteniendo la extensión de inundación estimada tanto en situación actual como en situación futura.

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 necesarios para poder ser designadas, en caso necesario, como nuevas ARPSI en próximos ciclos de la Directiva.

4.2.2 Resultados en la Demarcación Hidrográfica del Duero

De acuerdo con la información anterior, se ha llevado a cabo un estudio del impacto del cambio climático en el marco territorial de la Demarcación Hidrográfica del Duero, basado en el análisis de la estimación de las tasas de cambio en los cuantiles de caudal. En este sentido, se han obtenido los siguientes resultados:

En el escenario de emisiones RCP 4.5. se ha realizado una discretización de la tasa de cambio del cuantil de caudal T500, fijando un límite de 100 unidades de cambio. Bajo este

enfoque, y tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen, se observa que la subcuenca asociada al sistema Cega – Eresma – Adaja es aquella que concentra mayor cantidad tramos de cauce con valores superiores al umbral considerado.

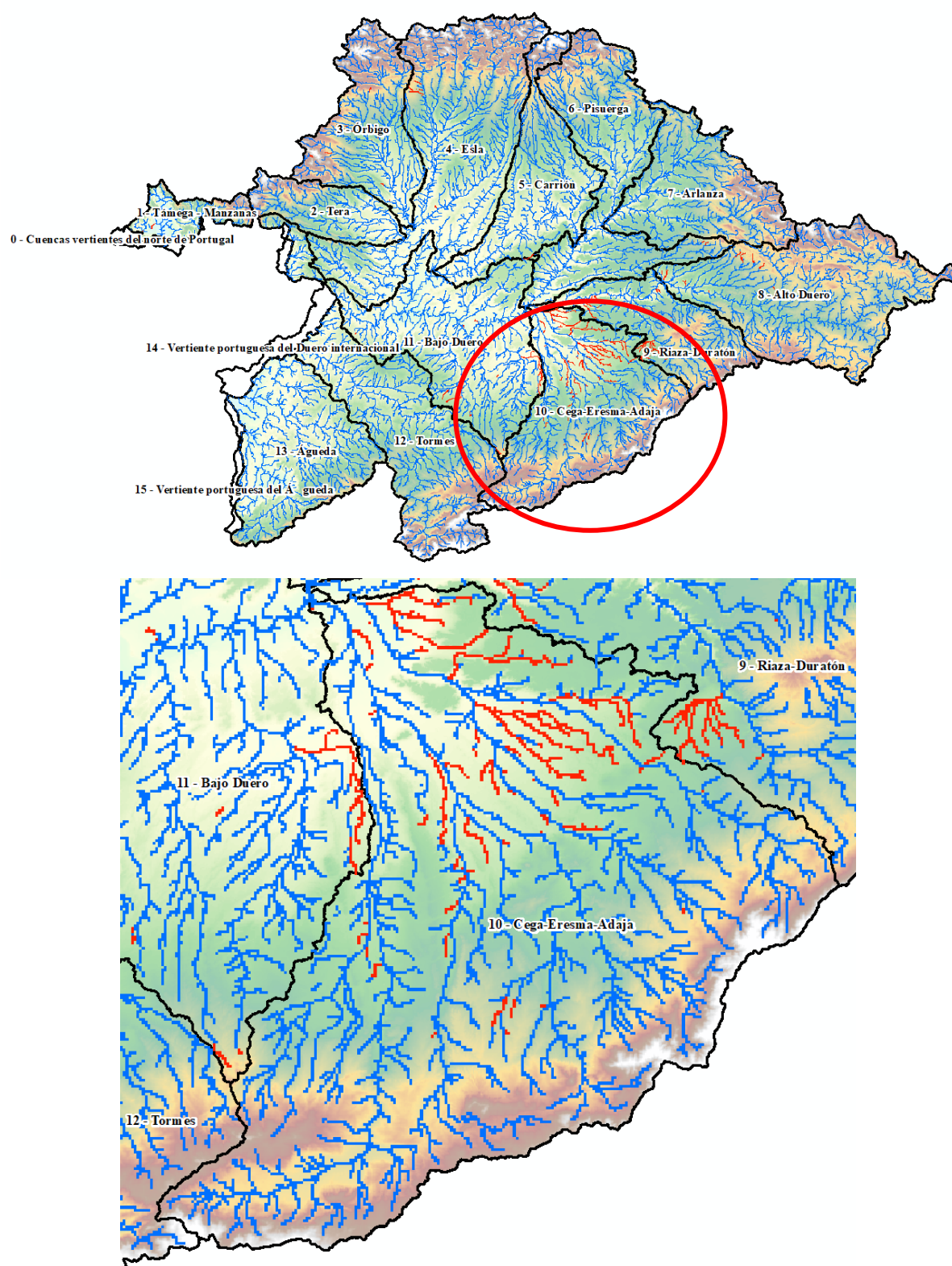


Figura 15. Tasa de cambio del cuantil de caudal T500, escenario RCP 4.5. en la DHD. Detalle subcuenca 10. En rojo, valores superiores a 100 unidades, en azul, valores inferiores.

La zona afectada presenta tramos ARPSI que en principio no presentan tasas de cambio con valor superior a 100 unidades. No obstante, los aspectos arriba indicados deberán tenerse en consideración de cara a fases posteriores del presente ciclo.

De igual manera, se ha realizado un análisis para el escenario RCP 8.5., hallándose resultados de naturaleza similar.

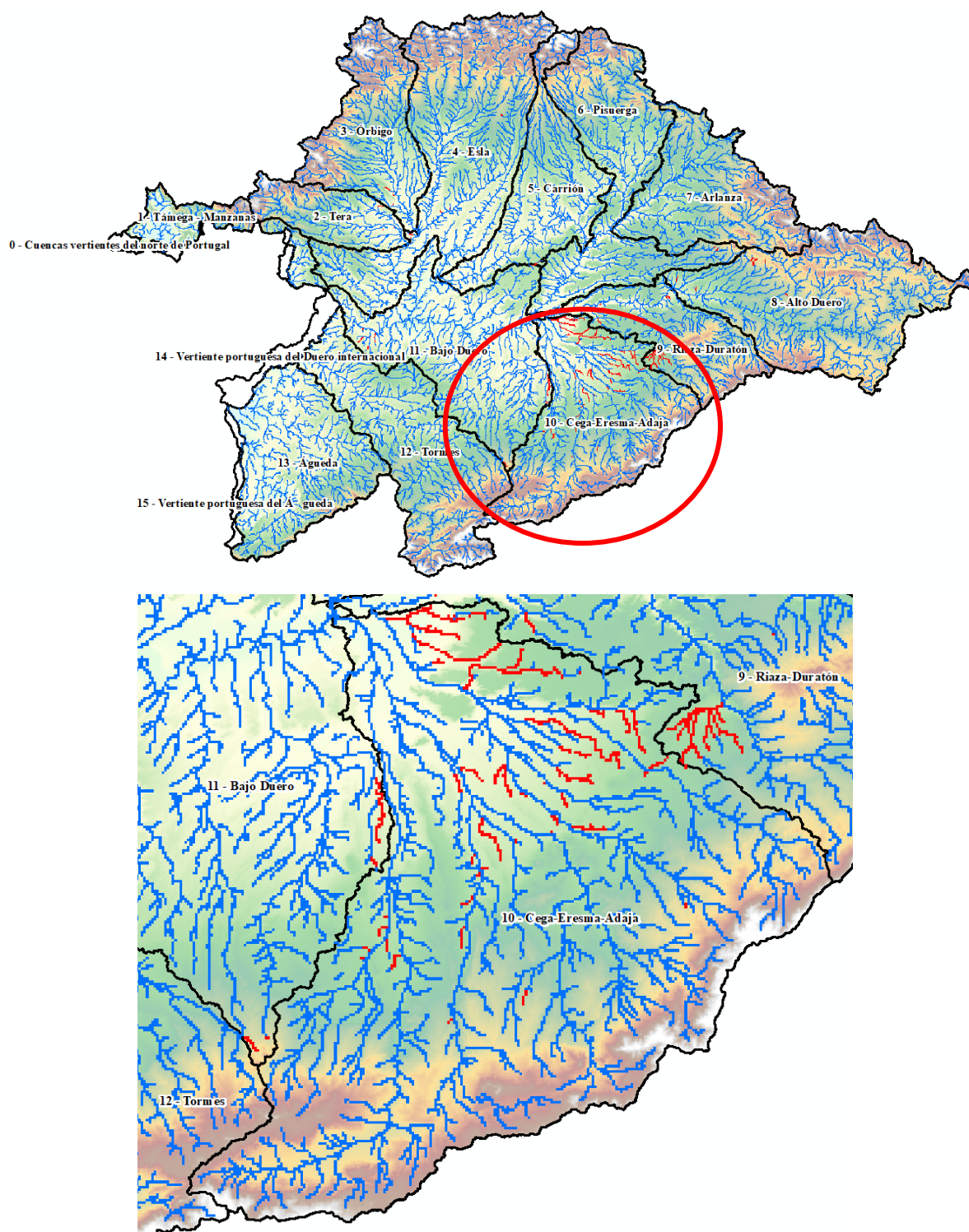


Figura 16. Tasa de cambio del cuantil de caudal T500, escenario RCP 8.5. en la DHD. Detalle subcuenca 10.
En rojo, valores superiores a 100 unidades, en azul, valores inferiores.

El estudio anterior ha permitido poner el foco en determinadas regiones de la Demarcación, las cuales deberán ser contempladas, en posteriores ciclos, en las tareas de preselección de tramos ARPSI. Esta preselección podrá llevarse a cabo con base en la metodología de estimación del incremento de inundabilidad, planteada en el apartado anterior, para de esta manera aplicar el conocimiento adquirido en materia de cambio climático en el caso particular de esta Demarcación.

4.3 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 (ver figura siguiente).

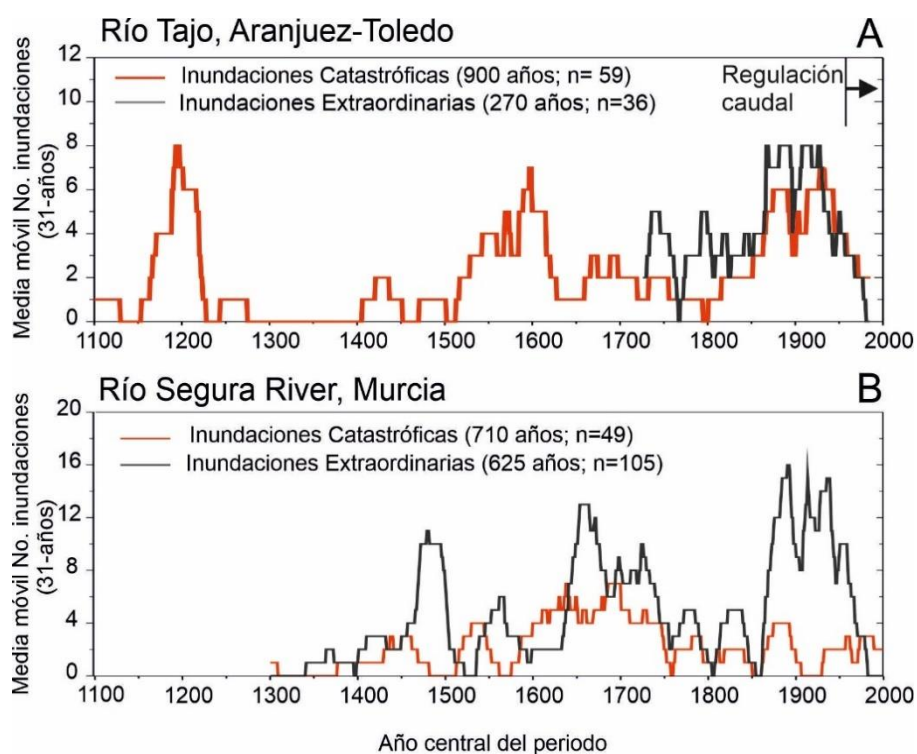


Figura 17. Distribución temporal de la media móvil del número de inundaciones históricas registradas durante los últimos 900 años en el Río Tajo (Aranjuez-Toledo) y en el Río Segura en Murcia. Extraordinarias implica desbordamiento y daños menores. Catastróficas presentan daños económicos significativos. "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 nuestro conocimiento sobre los eventos extremos bajo condiciones climáticas adversas y en aplicar un enfoque de gestión adaptativa. Este conocimiento permite adoptar soluciones a las condiciones cambiantes (i. e., nueva información) sobre la base de un proceso iterativo continuo de revisión. La idea que subyace en esta propuesta consiste en abordar la problemática del efecto del cambio climático en las inundaciones partiendo de una escala local (bottom-up)

basada en el análisis de eventos extremos bajo el clima pasado, presente y futuro. Por un lado, los registros de las inundaciones pasadas (históricas y paleo-inundaciones) aportan información sobre los efectos de la variabilidad climática en los caudales máximos y, por otro, los datos de extremos con escenarios de cambio climático basados en modelos de clima muestran el efecto del calentamiento global en las inundaciones. Estas dos metodologías son complementarias y requieren estudios detallados a escala local y de cuenca fluvial (ver figura siguiente). Ambas fuentes de datos son empleadas para mejorar y validar la peligrosidad y el riesgo de inundación a escala de tramo mediante la implementación de modelos hidráulicos.

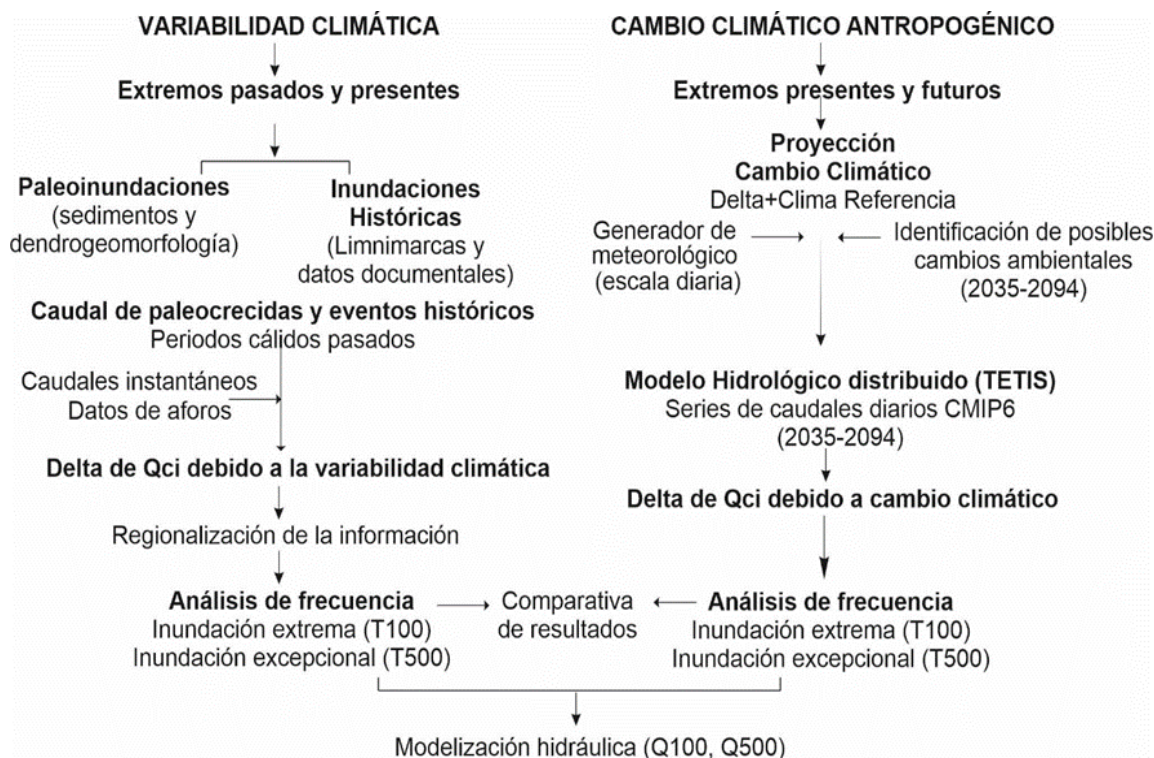


Figura 18. Esquema metodológico para el análisis de la variabilidad climática (extremos pasados y presentes) y del cambio climático bajo escenarios de emisiones (extremos presentes y futuros).

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

El estudio de las inundaciones extremas del pasado y presente (cuencas aforadas y no aforadas) se basa en la información derivada de los registros histórico, paleohidrológico e

instrumental. Por lo general, el primer paso consiste en recolectar toda la información existente en la cuenca de estudio, particularmente la información histórica contenida en estos archivos municipales, periódicos locales y regionales, u otras fuentes como grabados, fotos o descripciones orales. Durante este proceso, se puede registrar información cualitativa y cuantitativa que aporte evidencias sobre la ocurrencia de inundación del pasado, así como de su magnitud y daños ocasionados (Benito et al., 2004 Tuset et al., 2022). Entre la información histórica de mayor relevancia están las placas de marcas de agua en zonas urbanas, puentes y construcciones aledañas a los cursos de agua.

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

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

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

- Los registros de inundaciones a largo plazo revelan una fuerte variabilidad y no estacionariedad en la frecuencia de las inundaciones y una agrupación preferencial de paleoinundaciones en determinados periodos del pasado.
- Las frecuencias de las inundaciones recientes son difíciles de evaluar debido a la extensa regulación de los ríos (presas, diques) y a los cambios en el uso del suelo; sin embargo, las condiciones de precipitaciones extremas son y han sido siempre propicias para generar las grandes inundaciones.
- El análisis de las series de caudales máximos anuales registrados en cuencas del Guadalquivir y del Guadiana, muestra una tendencia temporal decreciente en la magnitud y frecuencia de las inundaciones, mientras que en las cuencas del Atlántico central y septentrional (Tajo y Duero) no se observa tendencia significativa en la frecuencia y magnitud de grandes inundaciones. En las cuencas mediterráneas, la tendencia reciente no responde a ningún patrón concreto, y por tanto la relación clima-crecidas resulta difícil de concretar.
- Los estudios en Europa y España sugieren que las magnitudes de las inundaciones actuales no son inusuales en el contexto de los últimos 1000 años. Los caudales

máximos más altos del registro instrumental moderno han sido superados (98% de los casos) durante el período histórico (últimos 400 años), según revela la reconstrucción de caudales basado en indicadores de calado de las inundaciones pasadas.

- El análisis de frecuencia usando datos de paleocrecidas muestra valores más altos de magnitud que los obtenidos en el registro de aforos. Las diferencias en los cuantiles muestran como los datos de paleocrecidas incorporan valores de caudales máximos con una componente temporal que supera la variabilidad meteorológica generada en unas pocas décadas del registro de instrumental. Es decir, las fluctuaciones cíclicas (seculares) de algunos extremos no son captadas en los registros de aforos.
- En base a los tramos estudiados, en las cuencas con superficie >1500 km² la diferencia en porcentaje de caudal introducidos por la variabilidad climática es de ~20-30% superior, para las inundaciones de T100 y T500, respectivamente. En cuencas pequeñas esta diferencia varía entre el 30-50%, respecto al caudal observado.

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

Tabla 17. Consideraciones metodológicas en estudios con modelos de clima futuro a escala de cuenca o subcuenca (Beneyto et al., 2024).

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

Las 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° (ver tabla anterior). 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 periodos 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.

4.3.1 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; ver figura siguiente). En las demarcaciones hidrográficas del Tajo, Guadiana y Júcar la ruptura se produce en los años 70, mientras que en las demarcaciones del Ebro, Guadalquivir y Segura aparecen en el periodo de los años 60 a los 90. En la región norte, por el contrario, la media aumenta posteriormente a las rupturas en la demarcación del Cantábrico, mientras que en el Miño-Sil se aprecia ausencia de rupturas o disminuciones en la media.

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).

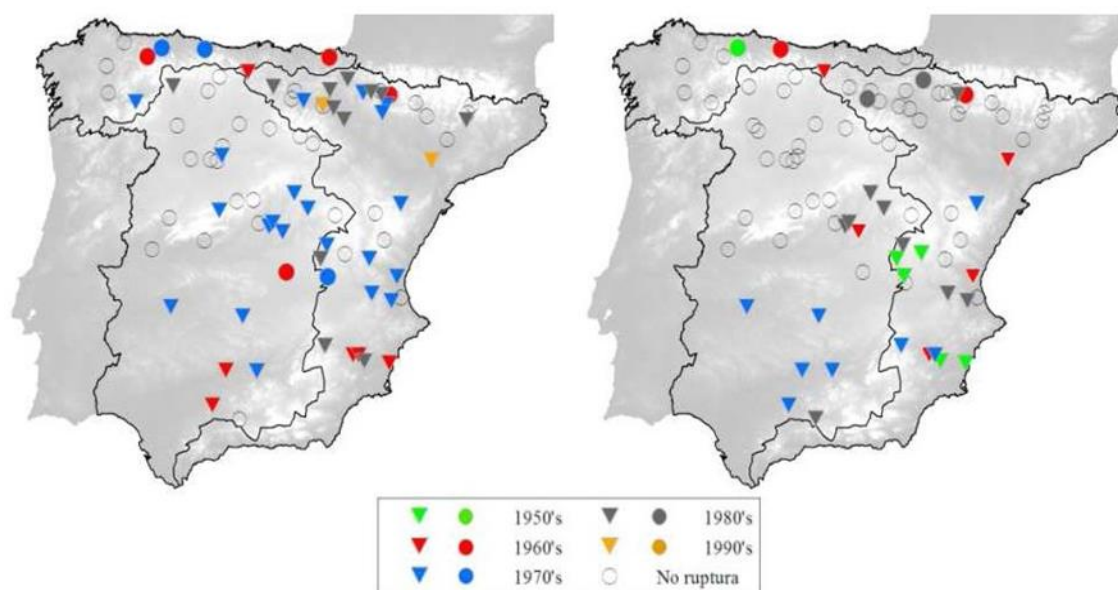


Figura 19. Mapas con la distribución espacial de las series de caudales máximos con puntos de ruptura en la media (derecha) y varianza (izquierda). Los triángulos indican descenso en la media o varianza después del punto de ruptura, mientras los círculos indican incremento (López de la Cruz, 2013).

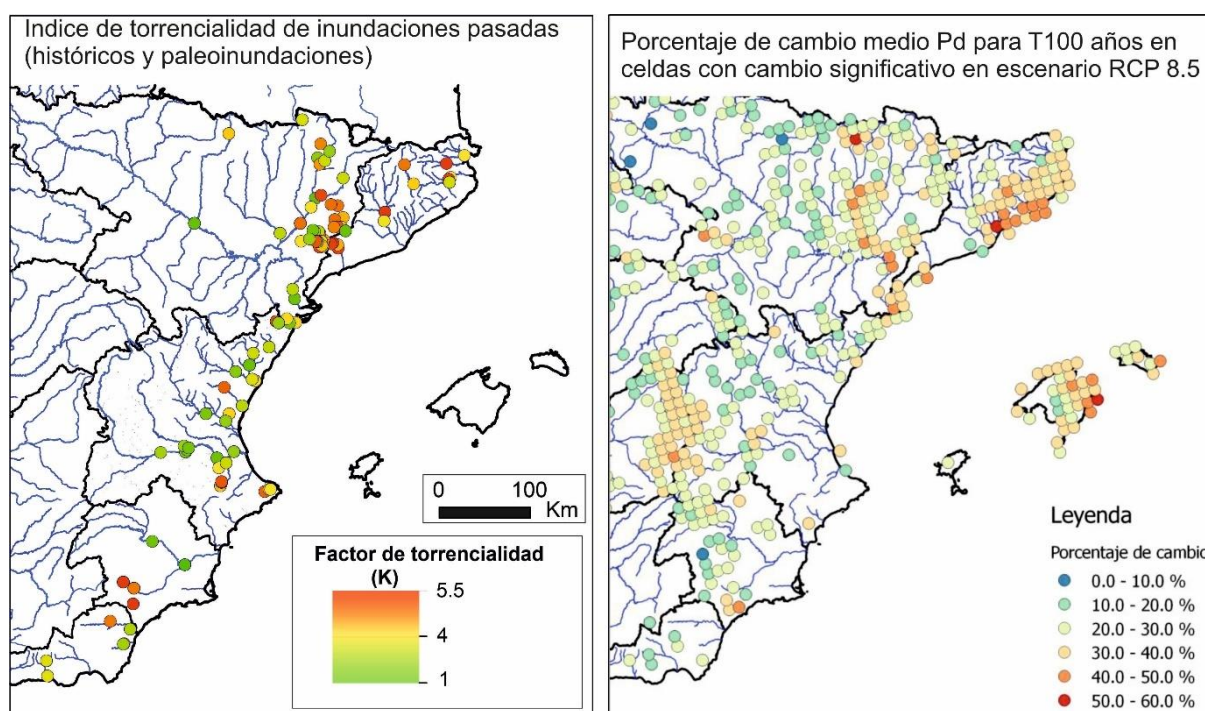


Figura 20. Izquierda: Valor del índice de torrencialidad calculado para los tramos con información de caudal del pasado (histórico y paleoinundaciones). Derecha: Cambio medio de la precipitación media Pd para eventos de 100 años de periodo de retorno estimados para un escenario RCP 8.5 (MITECO, 2018).

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 (ver figura anterior).

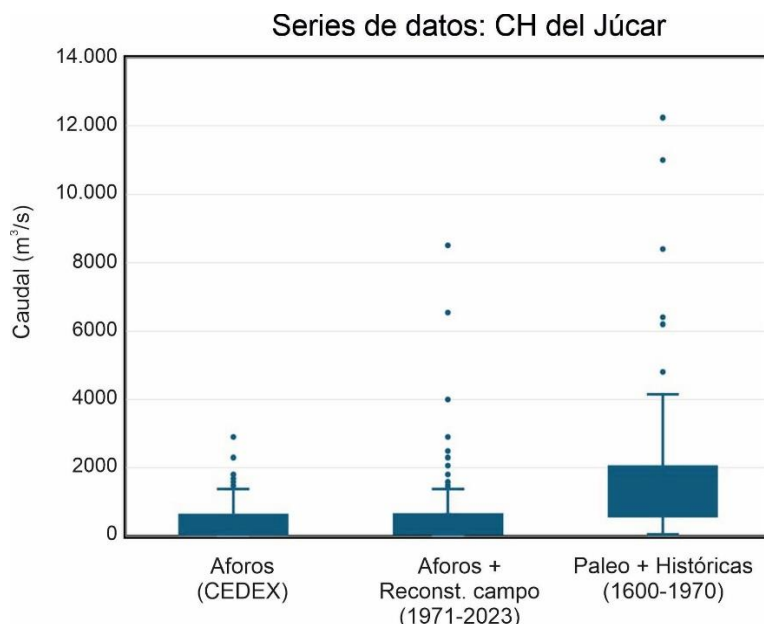


Figura 21. Series de datos analizados en el caso de estudio en la CH del Júcar.

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

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 dentro del periodo actual (1971-2023) únicamente los registros de aforos de la base de datos del CEDEX (ROEA y SAIH) estas diferencias oscilan entre el 30 y el 50%, siendo mayores en las zonas de cabecera (ver figura siguiente). Evidentemente, estas diferencias reflejan no sólo la variabilidad del clima sino también los cambios de uso del suelo histórico, factores que resultan complicados de separar. Sin embargo, estos cambios de uso igualmente afectan a las proyecciones de caudal máximo debido al cambio climático que, en algunos casos, pueden ser superiores a los efectos del cambio climático.

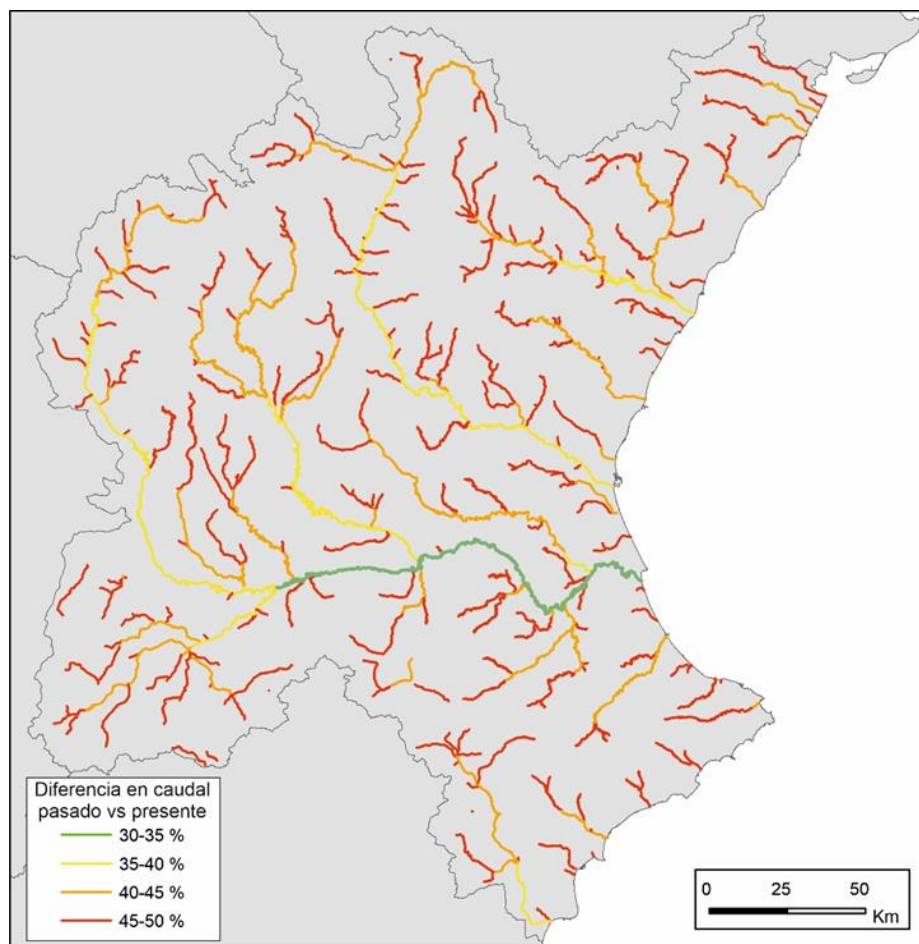


Figura 22. Regionalización de caudales máximos en la Demarcación del Júcar. Se muestra la diferencia en caudal máximo (%) entre de los caudales máximos obtenidos con datos de pasado (periodo 1600-1970) respecto a los caudales máximos actuales (1971-2023). En los caudales actuales se incluyen únicamente datos de estaciones de aforo.

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

El cambio climático produce modificaciones sobre las variables climáticas y la circulación de la atmósfera, a la vez que interacciona con otros sistemas biofísicos y entre éstos y los sistemas sociales, pudiendo amplificar o atenuar sus efectos, lo que dificulta la predicción de su evolución. En el caso de los sistemas hidrológicos, el cambio climático afecta a los patrones de lluvia tanto en sus variables medias como en los extremos (sequías, lluvias intensas). Sin embargo, la hidrología depende de otros parámetros directamente relacionados con el cambio global, tales como la cubierta vegetal, usos del suelo, construcción de embalses, que afectan en igual o mayor grado a los valores de escorrentía que contribuyen a los caudales de inundación. Por tanto, debemos de explorar los diversos impactos no sólo del cambio climático, sino del cambio global en general que afectan a la generación de la escorrentía, la capacidad de desagüe de los cauces, y la conectividad hidrológica y sedimentaria a través de las redes de drenaje.

En este apartado se describen los principales indicadores de cambio a escala de cuenca y de tramo fluvial (cauce), que puede tener una incidencia directa o indirecta en la delimitación

de las zonas inundables para los supuestos descritos dentro del PGRI. Los elementos fundamentales a tener en cuenta en los estudios particulares de las ARPSI se han diferenciado de acuerdo al aspecto metodológico con mayor afinidad dentro de los ciclos previos de la Directiva de Inundaciones (ver tabla siguiente).

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

Tabla 18. Principales componentes metodológicos usados para la generación de mapas de peligrosidad en el 1.º y 2.º ciclo de la Directiva, y elementos de análisis para avanzar en el estudio de los impactos del cambio climático sobre la delimitación de zonas inundables.

Los cambios de uso de suelo influyen de forma notable en el comportamiento hidrológico de las cuencas fluviales y, por tanto, en el régimen de inundaciones. En las últimas décadas, los cambios de usos de suelo se han intensificado en el mundo, generalmente hacia situaciones de una mayor degradación del suelo. En España, el abandono de los campos agrícolas ha tenido enormes consecuencias ambientales, y en particular sobre la hidrología del suelo, escorrentía, fuentes de sedimentos, erosión del suelo, ajustes de cauces fluviales y riesgos de incendios forestales (van Leeuwen et al., 2019). Los cambios debidos al abandono del suelo y proliferación de masa forestal han estado históricamente asociados a una mayor probabilidad de incendios (Montiel-Molina et al., 2019), que pueden favorecer la erosión y pérdida de suelo. Por otro lado, los procesos de recuperación de la cobertura forestal durante los últimos años pueden mejorar los procesos hidrológicos en las cuencas (ej. infiltración) y, por lo tanto, reducir el impacto sobre las poblaciones humanas de las

inundaciones, la erosión del suelo y/o deslizamientos de tierra. Este aumento de la cobertura forestal puede llevar consigo una mayor interceptación de la precipitación en forma de nieve, reduciendo significativamente el equivalente de agua que llega al suelo (Sanmiguel-Valledado et al., 2020).

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

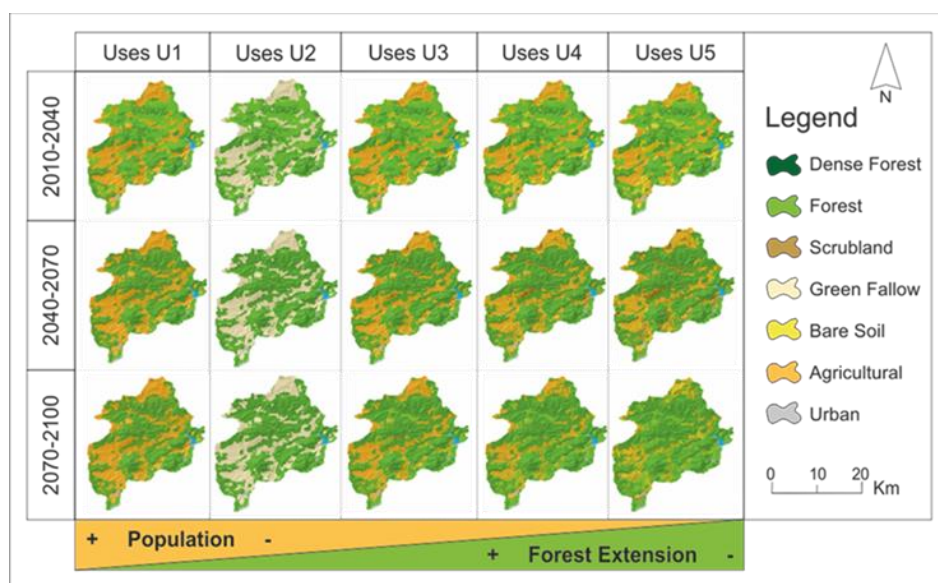


Figura 23. Ejemplo de configuraciones de usos del suelo implementadas en el estudio de la cuenca alta del Guadentín para diferentes periodos temporales, que se simulan junto con variables obtenidas de modelos de clima futuro (Rodríguez-Lloveras et al., 2016).

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

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

La Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) del primer y segundo ciclo de desarrollo de la Directiva Europea siguió para la definición de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundaciones (ARPSIs) una metodología (descrita en el capítulo 3) que sugería la recopilación de la información fácilmente disponible sobre: topografía y cartografía existente, geomorfología, información histórica, usos del suelo, red e infraestructuras hidráulicas, estudios de inundabilidad, cambio climático y planes especiales de protección civil.

La información histórica en los dos anteriores ciclos de EPRI se ha 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).

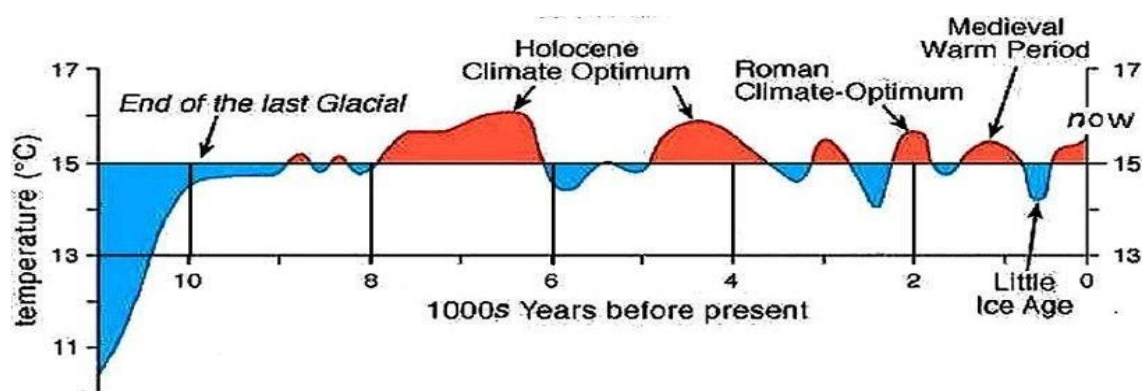


Figura 24. Variación temporal de la temperatura media desde el final de la última glaciación.

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.

Las paleoinundaciones como registro complementario y alternativo

Para paliar esos sesgos, especialmente el sesgo temporal (ampliando el rango hasta miles o decenas de miles de años, en los valores de periodos de retorno del reglamento de

seguridad de presas) y espacial (para que cualquier sector del territorio, aforado o no, tenga registro de inundaciones pretéritas) hay que buscar otras fuentes de información que complementen o incluso sean una alternativa a las inundaciones históricas documentales e instrumentales.

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

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

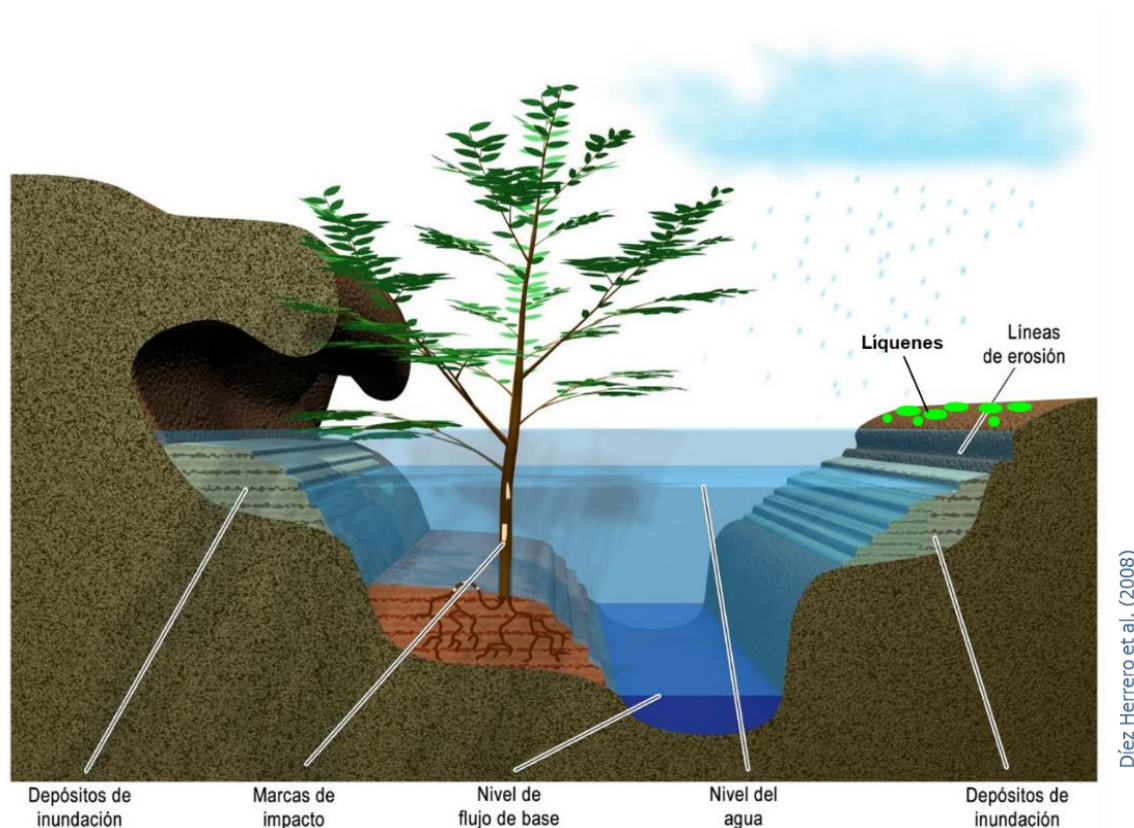


Figura 25. Esquema de los diferentes registros en la gea, la hidrosfera y la biota (Díez Herrero et al. 2008).

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

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

Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas

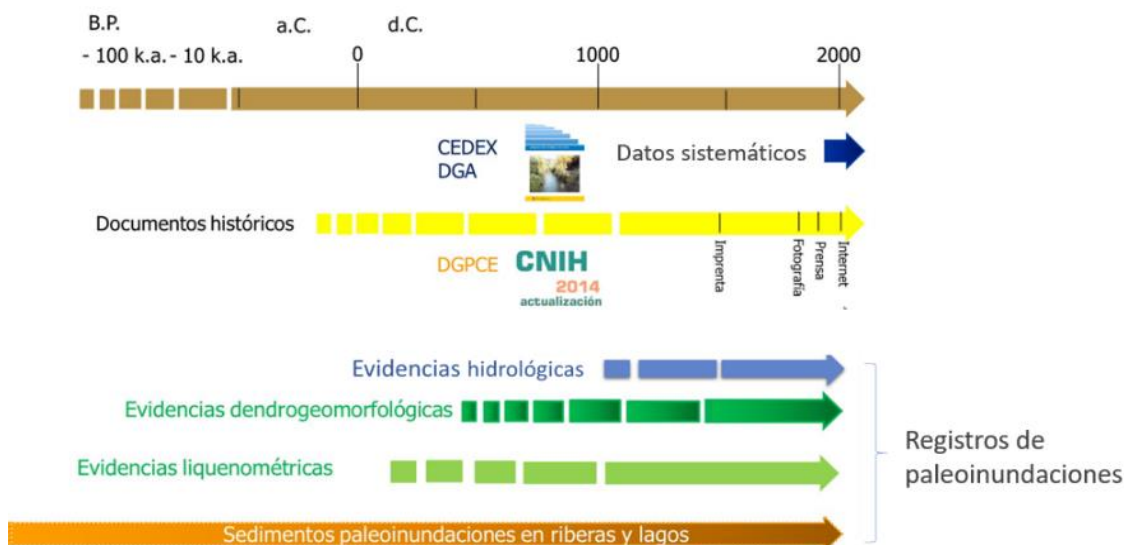


Figura 26. Fuentes de registros de inundaciones pretéritas y ventanas temporales relacionadas.

El registro de paleoinundaciones publicado en España

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

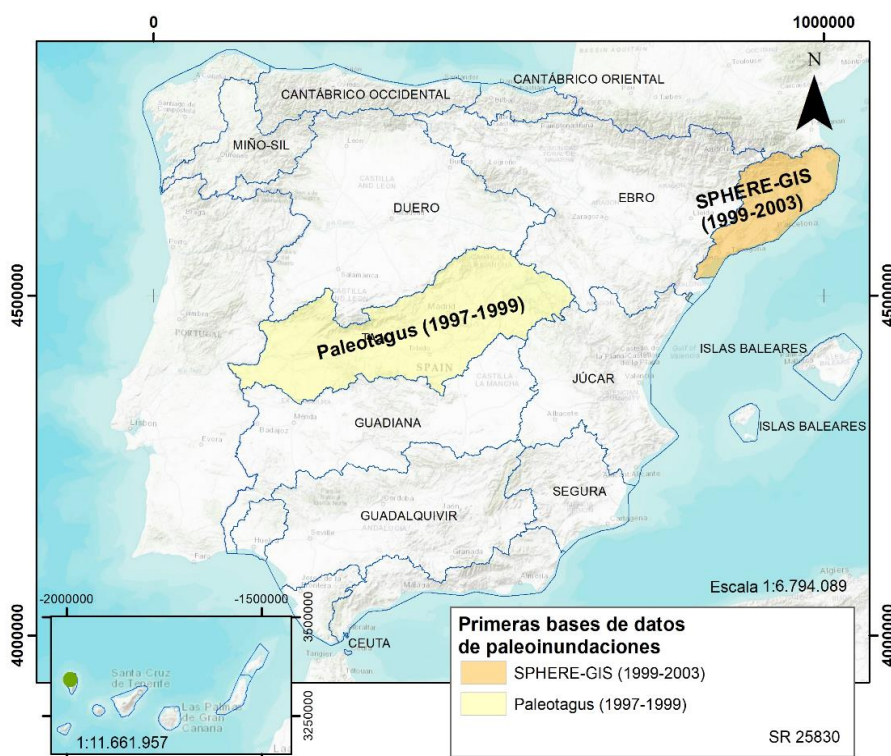


Figura 27. Primeras bases de datos de paleoinundaciones.

Pero en las últimas tres décadas la investigación científica y desarrollo técnico en España han sido de tal magnitud (Jiménez Álvarez, Coord., 2021), que varios equipos de centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), fundamentalmente del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), Instituto Geológico y Minero de España (IGME) e Instituto de Geociencias (IGEO), y varias universidades españolas (UCM, UCLM, UAM, UJ...) y extranjeras (UBern), han publicado más de 126 textos científicos y técnicos: 117 artículos de revistas (sobre todo internacionales en inglés), 5 capítulos de libros y 4 informes técnicos.

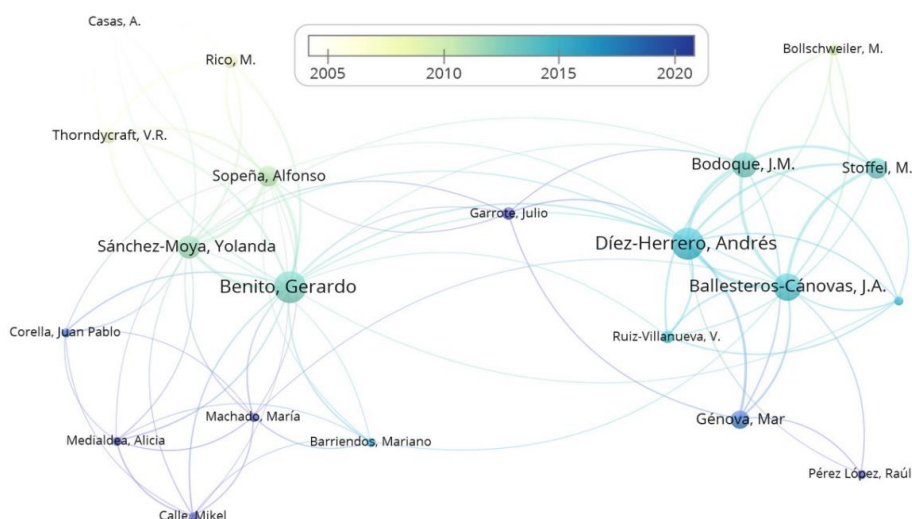


Figura 28. Resumen de publicaciones relativas a las paleoriadas.

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

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

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

otros), como una relación que permite conocer la localización del registro (almacenada en un fichero vectorial tipo punto).

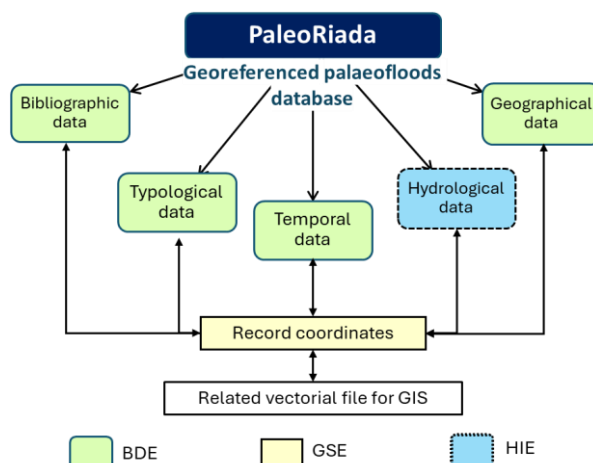


Figura 29. Esquema de la base de datos PaleoRiada.

Las tablas de información básica almacenan la información alfanumérica que describe el registro de paleoinundación en los siguientes términos: (i) geográficos (unidades administrativas e hidrográficas en las que está localizado el registro y localidad de muestreo de la evidencia); (ii) tipológicos (tipo y descripción de la evidencia a partir de la cual se identifica y data el registro); (iii) temporales (edad de la evidencia de paleoinundación asociada al registro, método de datación, e incertidumbre en la estimación de la edad, entre otros); y (iv) bibliográficos (fuentes, autores y año de publicación de los registros). Dentro de este grupo de tablas, se encuentra el campo identificador de los registros de paleoinundaciones (ID), el cual contiene el *primary key* (PK) de cada uno de los registros ingresados en la base de datos. Este *primary key* relaciona los registros de paleoinundaciones con la información almacenada en los grupos de tablas espacial e hidrológica.

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

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

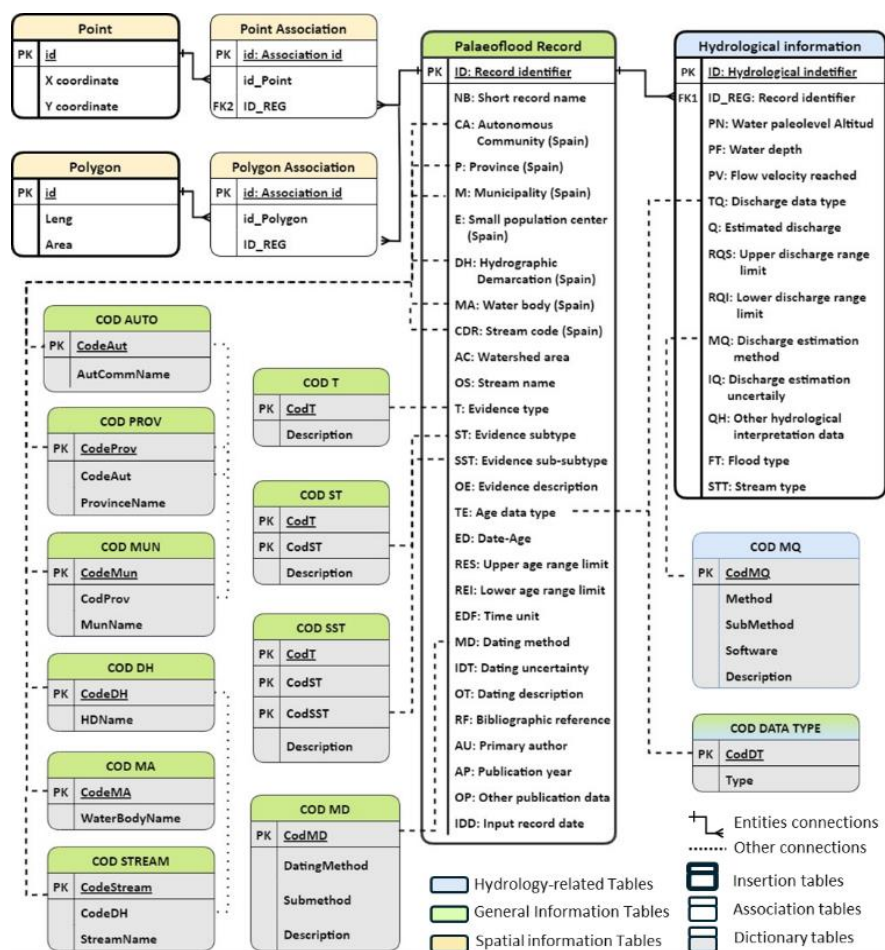
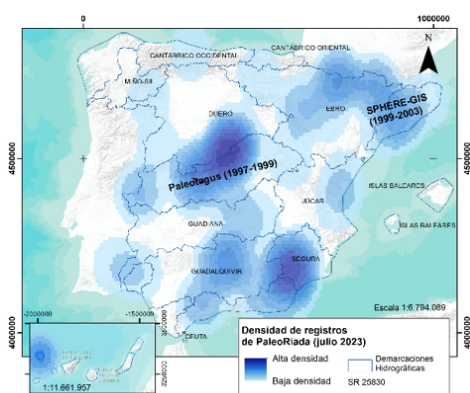


Figura 30. Esquema de las relaciones entre tablas e información espacial de la base de datos PaleoRiada.

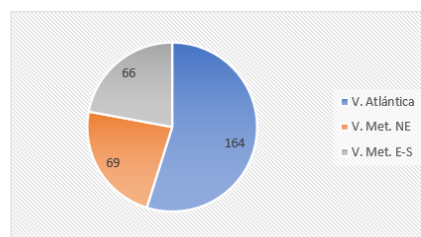
Los registros de PaleoRiada en la actualidad (julio 2024)

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

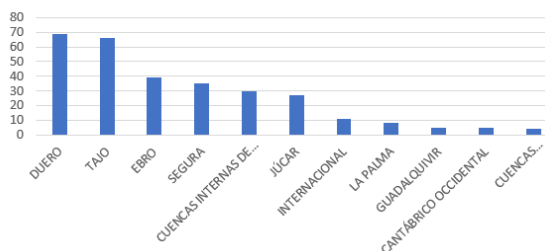
Densidad espacial de registros



Cuencas vertientes a mares y océanos



Demarcaciones Hidrográficas



Comunidades Autónomas



Provincias



Figura 31. Distribución espacial de los registros de paleoinundaciones publicados sobre el territorio español.

Temporalidad de los registros de paleoinundaciones

Distribución temporal de los registros

Entre 97.000 años BP y el año 2014 CE

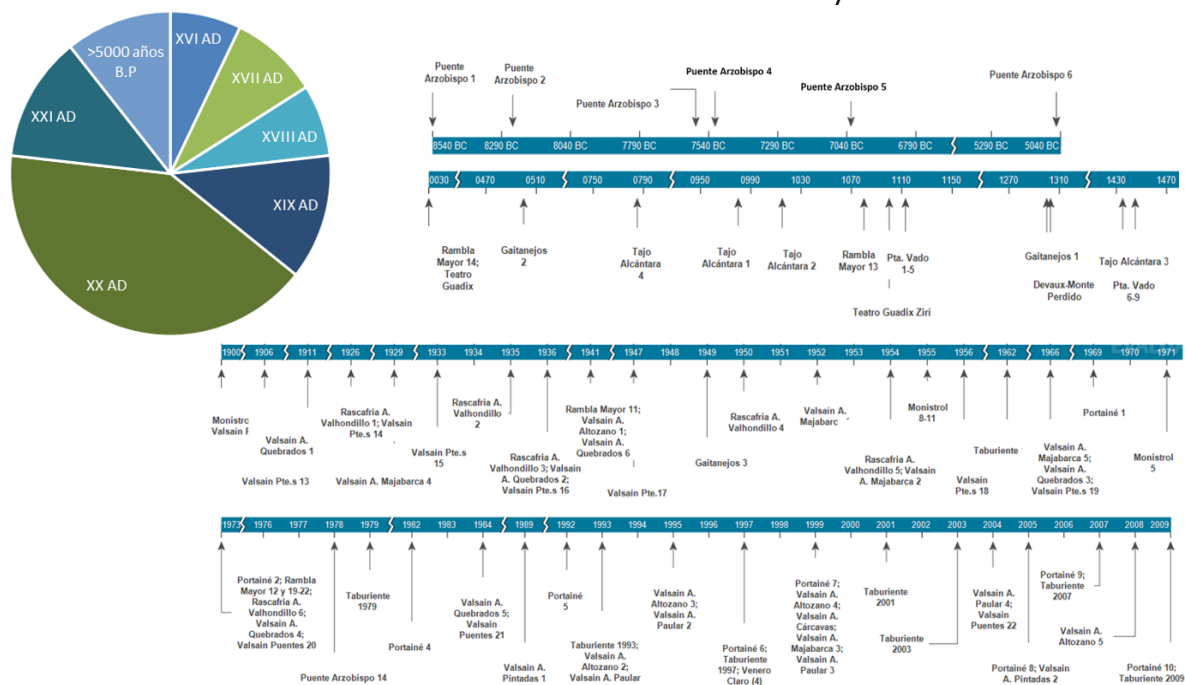


Figura 32. Distribución temporal de los registros de paleoinundaciones publicados sobre el territorio español.

El visor cartográfico de PaleoRiada

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

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

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

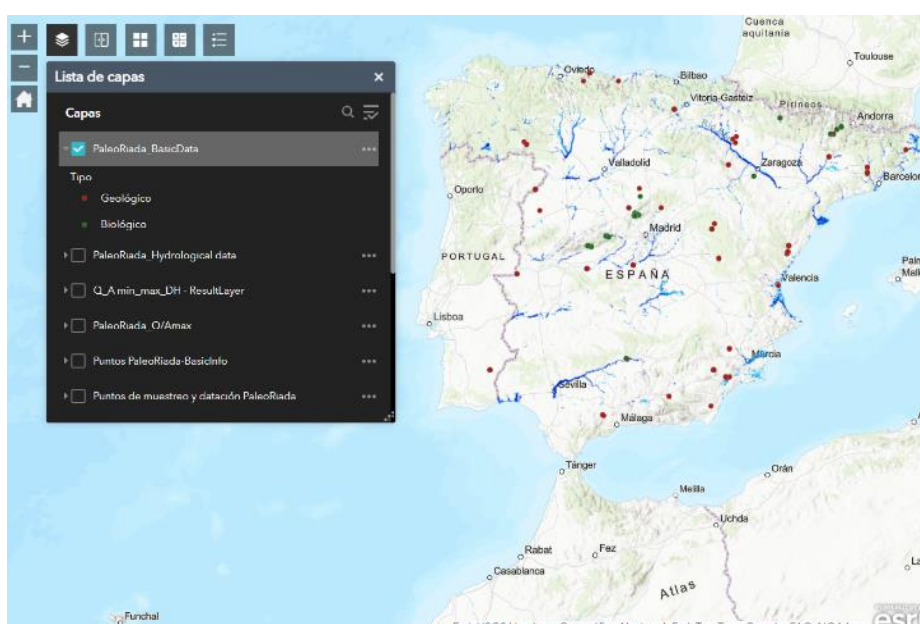


Figura 33. Visor cartográfico de PaleoRiada.

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

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

Tal y como se comentó en apartados anteriores, la parte española de la Demarcación Hidrográfica internacional del Duero no tiene conexión marítima, por tanto, en el caso de esta Demarcación no procede realizar análisis de la influencia del cambio climático en relación con las inundaciones de origen marino.

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

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

TRAMOS ARPSI DE ORIGEN FLUVIAL

Después de la actualización y ampliación en la identificación de tramos potencialmente inundables con base en la metodología desarrollada anteriormente, y tras su posterior análisis conjunto pormenorizado, se ha considerado necesaria la **inclusión de 4 nuevos subtramos ARPSI (15,22 km), todos ellos de origen fluvial**. En la siguiente tabla se muestran estos nuevos subtramos:

Nuevos subtramos ARPSI EPRI 3.º ciclo DHD		
CÓDIGO SUBTRAMO	CAUCE	LONGITUD (km)
ES020/0015_09-1800001-03	Río Duero	2,99
ES020/0015_09-1800001-04	Río Duero	1,67
ES020/0018_07-1800092-01	Río Vena	8,70
ES020/0022_10-1800742-01	Arroyo del Horcajo	1,86

Tabla 19. Nuevos subtramos ARPSI a incorporar en el 3.º ciclo en la parte española de la DHD.

TRAMOS ARPSI DE ORIGEN PLUVIAL

Tal y como se explica en el apartado 3.3. del presente documento, **no se ha declarado ningún tramo ARPSI con origen pluvial**. No obstante, en fases posteriores se deberá analizar en detalle la situación del Municipio de Villares de la Reina, que podría presentar indicios.

PROPUESTA COMPLETA DE TRAMOS ARPSI 3.º CICLO

Según todo lo anterior, el conjunto de tramos ARPSI, todos de origen fluvial, tanto los identificados en las EPRI del 1.º y 2.º ciclo como los añadidos una vez realizada la revisión y actualización (3.º ciclo) se muestran en la tabla que se incluye a continuación. **Finalmente queda un total de 220 subtramos de tramos fluviales pertenecientes a 26 ARPSI con una longitud total de 488,43 km.**

Se señalan en negrita todos los subtramos nuevos:

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
ES020/0001	6,66	01-1800049-01	Zona entre A Pousa y Verín	4,86
		01-1800049-02	Rabal (arroyo Regueirón)	0,61

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
		01-1800124-01	Vilaza	1,19
ES020/0002	1,75	02-1800033-01	Gallegos del Río	0,56
		02-1800265-01	Riofrío de Aliste	0,82
		02-1800265-02	Valer	0,37
ES020/0003	10,99	02-1800013-01	El Puente	1,03
		02-1800013-02	Santa Croya de Tera	0,54
		02-1800013-03	Sitrama de Tera	0,57
		02-1800013-04	Quiruelas de Vidriales. urbanización El Tamaral	2,35
		02-1800013-05	Mózar	1,18
		02-1800081-01	Grijalba de Vidriales	0,21
		02-1800081-02	Granucillo	0,48
		02-1800081-03	Cunquilla de Vidriales	0,63
		02-1800081-04	Brime de Urz	0,72
		02-1800081-05	Quintanilla de Urz	0,25
		02-1800081-06	Quiruelas de Vidriales (Trasmonte)	2,24
		02-1800206-01	Camarzana de Tera	0,62
		02-1800057-01	Santa Eulalia del Río Negro	0,17
ES020/0004	3,02	03-1800022-01	Truchas (río Truchillas)	0,92
		03-1800022-02	Castrocontrigo	0,84
		03-1800022-03	San Esteban de Nogales	1,26
ES020/0005	29,38	03-1800045-01	Velilla de la Valduerna y Castrillo de la Valduerna	2,14
		03-1800045-02	Destriana	1,07
		03-1800045-03	Zona de la Posada de la Valduerna y Villalís de la Valduerna	2,10
		03-1800045-04	Villamontán de la Valduerna	0,70
		03-1800045-05	Confluencia entre Ríos Peces-Tuerto-Duerna	2,06
		03-1800069-01	Jiménez de Jamuz	0,97
		03-1800069-02	Santa Elena de Jamuz	0,77

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
		03-1800069-03	Quintana del Marco	0,86
		03-1800020-07	Villamediana de la Vega y Seisón de la Vega	1,72
		03-1800020-08	Cebrones del Río	1,69
		03-1800020-09	Navianos de la Vega	4,41
		03- 1800042-01	Villamejil	0,82
		03- 1800042-02	Santa María de la Isla	1,84
		03- 1800042-03	Santa Colomba de la Vega, San Mamés de la Vega, Santiago de la Valduerna, Requejo de la Vega y La Bañeza	5,27
		03- 1800042-04	Castrillo de Cepeda	0,78
		03- 1800296-01	San Cristóbal de la Polantera	1,01
		03- 1800296-02	La Huerca de Garaballes	1,17
ES020/0006	19,05	03-1800031-01	Villafeliz de Babia	17,92
		03-1800031-02	Villafeliz de Babia	1,13
ES020/0007	19,39	03-1800031-03	Canales- la Magdalena	2,16
		03-1800031-04	Santibañez de Ordas	1,08
		03-1800031-05	Pedregal, Santiago del Molinillo y Villarroquel	2,19
		03-1800051-01	Trascastro de Luna	1,14
		03-1800051-02	La Utrera	0,84
		03-1800051-03	Las Omañas	0,85
		03-1800020-01	Llamas de la Ribera (arroyo de la Rial)	1,11
		03-1800020-02	Cimanes del Tejar	1,02
		03-1800020-03	Quintanilla de Sollamas	1,21
		03-1800020-04	Carrizo de la Ribera	1,52
		03-1800020-05	De Milla del Río a Quiñones del Río (arroyo de la Rial)	3,19
		03-1800020-06	Hospital de Órbigo, Puente de Órbigo	1,35
		03-1801157-01	Benavides de Órbigo (arroyo Barbadiel)	1,73

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
ES020/0008	50,66	04-1800025-01	Ventosa de la Tercia (río Rodiezno)	0,90
		04-1800025-02	Zona de la Vid, Ciñera y Santa Lucía	3,61
		04-1800025-03	Puente de Alba	0,50
		04-1800025-04	La Robla	2,02
		04-1800025-05	La Seca	0,84
		04-1800025-06	Cabanillas	0,61
		04-1800025-07	La Pola de Gordón	1,87
		04-1800054-01	Lugueros	1,64
		04-1800054-02	Nocedo de Curueño	0,41
		04-1800054-03	Montuerto	0,49
		04-1800054-04	Valdepiélago, Otero de Curueño y La Vecilla de Curueño	4,69
		04-1800054-05	Sopeña de Curueño	0,47
		04-1800054-06	Desde Barrio de Nuestra Señora hasta la Confluencia con el río Porma	2,57
		04-1800544-01	Lois	2,72
		04-1800181-01	Villafañe	1,05
		04-1800027-01	Desde barrio de Nuestra Señora hasta pasado Vegas del Condado(río Curueño)	4,19
		04-1800027-02	San Cipriano del Condado	1,02
		04-1800038-01	Vegacervera	0,79
		04-1800038-02	desde la Serrilla hasta el Barrio Estación	4,47
		04-1800038-03	Desde Garrafe de Torío hasta Villanueva del Árbol	11,16
		04-1800038-04	Villamoros de las Regueras	0,79
		04-1800164-01	Barniedo de la Reina (aguas arriba)	1,82
		04-1800164-02	Barniedo de la Reina (aguas arriba)	2,03

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
ES020/0009	66,54	04-1800002-01	De Cimanés de la Vega hasta Bercial del Barco	35,58
		03-1800022-04	Santa María de la Vega	2,14
		03-1800022-05	Morales del Rey	3,24
		03-1800020-10	Desde Vecilla de la Polvorosa hasta la unión con el río Esla	22,06
		03-1800346-01	San Adrián del Valle	0,66
		03-1800346-02	Paladinos del Valle	0,21
		03-1800082-01	San Pedro Bercianos	0,93
		03-1800082-02	Bercianos del Páramo	1,00
		03-1800082-03	Zuaires del páramo	0,72
ES020/0010	11,68	11-1800099-01	Arquillinos	0,60
		11-1800784-01	Moreruela de los infanzones	1,38
		11-1800008-01	Benegiles	0,81
		11-1800008-02	Molacillos	2,73
		11-1800008-03	Desde Monfarracinos hasta la confluencia con el río Duero	6,16
ES020/0011	29,22	11-1800564-01	Villamor de los escuderos	1,56
		11-1800001-01	San Miguel del Pino	1,70
		11-1800001-02	Tordesillas	2,66
		11-1800001-03	Pollos	1,80
		11-1800001-04	Toro	4,35
		11-1800001-05	Fresno de la Ribera	0,94
		11-1800001-06	Zamora (desde confluencia con el río Valderaduey)	12,10
		11-1800394-01	Bamba	0,47
		11-1800394-02	Madridanos	0,78
		11-1800567-01	Fuentespreadas	1,12
		11-1800098-01	Argujillo	1,10
		11-1800098-02	Venialbo	0,64
ES020/0012	4,35	05-1800018-01	Medina de Rioseco	4,35

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
ES020/0013	39,20	05-1800035-01	Castromocho	0,81
		05-1800005-01	Guardo	5,23
		05-1800005-02	Villalba de Guardo	0,73
		05-1800005-03	Saldaña	3,68
		05-1800005-04	Manquillos, Perales	1,94
		05-1800005-05	Desde Calabazanos hasta la confluencia con el río Pisuerga	11,94
		05-1800005-06	Grijota	2,40
		05-1800005-07	Palencia	7,91
		05-1800303-01	Palencia	4,56
ES020/0014	26,33	06-1800016-01	Valladolid	3,32
		06-1800016-02	Villanueva de los Infantes	0,53
		06-1800003-04	Cabezón de Pisuerga	2,54
		06-1800003-05	Santovenia de Pisuerga	0,96
		06-1800003-06	Valladolid (desde La Overuela hasta Pinar de Simancas)	17,46
		06-1800003-08	Simancas	0,49
		06-1800654-01	Fuensaldaña	1,03
ES020/0015	15,28	09-1800001-01	Tudela de Duero	4,99
		09-1800001-02	Ribera del Duero	0,90
		09-1800001-03	Boecillo y Laguna de Duero	2,99
		09-1800001-04	Puente Duero	1,67
		09-1800017-01	Peñafiel	4,73
ES020/0016	1,38	06-1800003-03	Aguas arriba de Dueñas	1,38
ES020/0017	15,41	06-1800003-01	Cervera de Pisuerga	3,03
		06-1800003-02	Aguilar de Campoo	2,13
		06-1800381-01	Cervera de Pisuerga	2,18
		06-1800028-01	Osorno	1,39
		06-1800043-01	Osorno	2,21
		06-1800093-01	Villadiego	1,60
		06-1800076-01	Canduela	0,51

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
		06-1800076-02	Quintanilla	0,46
		06-1800248-01	Puentetoma	0,60
		06-1800036-01	Villavedón	0,45
		06-1800036-02	Pedrosa del Príncipe	0,85
ES020/0018	32,85	07-1800010-01	San Medel	3,77
		07-1800010-02	Burgos (arroyo Cardeñadijo)	9,36
		07-1800108-01	Zona desde Sarracín hasta Revillaruz	7,17
		07-1800067-01	Sotopalacios	1,30
		07-1800067-02	Quintanilla- Vivar	0,61
		07-1800048-01	Zona entre Montorio y Huérmeces	1,14
		07-1800048-02	Tardajos	0,80
		07-1800092-01	Burgos	8,70
ES020/0019	11,57	07-1800009-01	Salas de los infantes	1,41
		07-1800009-02	La Revilla	0,48
		07-1800009-03	Barbadillo del Mercado	1,49
		07-1800009-04	Cascajares de la Sierra	0,36
		07-1800009-05	Retuerta	0,48
		07-1800009-06	Covarrubias	1,01
		07-1800009-07	Puenteadura	0,60
		07-1800009-08	Tordueles	0,64
		07-1800009-09	Quintanilla del Agua	1,23
		07-1800009-10	Báscones del Agua	0,85
		07-1800009-11	Santillán del Agua	0,41
		07-1800009-12	Lerma	1,55
		07-1800009-13	Palacios de la Sierra	1,06
ES020/0020	7,88	08-1800001-01	Garay	4,57
		08-1800101-01	Espejo de Tera	0,76
		08-1800896-01	Vinuesa	1,09
		08-1800199-01	Vinuesa	0,35
		08-1800137-01	Espejo de Tera	1,11

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
ES020/0021	13,53	08-1800086-01	Paraje Velasco	0,61
		08-1800001-02	San Esteban de Gormaz	2,16
		08-1800001-03	Aranda de Duero (río Duero)	2,47
		08-1800001-03	Aranda de Duero (río Bañuelos)	1,49
		08-1800065-01	Berlanga de Duero	0,78
		08-1800372-01	San Leonardo de Yague	2,41
		08-1800372-02	Arganza	0,40
		08-1800112-01	Ucero	0,25
		08-1800112-02	Valdelinares	0,17
		08-1800112-03	Sotos del Burgo	0,78
		08-1800112-04	El Burgo de Osma	2,01
ES020/0022	31,36	10-1800006-01	Villatoro	1,29
		10-1800006-02	Ávila (desde el Soto hasta río Chico)	3,41
		10-1800979-01	Ávila	4,15
		10-1800058-01	Arévalo	3,77
		10-1800011-01	Mojados	1,08
		10-1800011-02	Viana de Cega	2,53
		10-1800011-03	Pajares de Pedraza	0,47
		10-1800742-01	Vallelado	1,86
		10-1800014-01	Segovia	0,69
		10-1800014-02	Hontanares de Eresma	0,54
		10-1803954-01	Miguelañez	0,64
		10-1800683-01	Miguel Ibañez	0,30
		10-1800197-01	Olmedo	4,14
		10-1801077-01	Mozoncillo	0,78
		10-1800602-01	Cantimpalos	1,59
		10-1800023-01	Sanchidrián	2,74
		10-1800490-01	Maello	1,38
ES020/0023	5,68	12-1800004-01	Prado las maliciosas	0,66
		12-1800004-02	La Aliseda de Tormes	0,52

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	SITUACIÓN SUBTRAMO	LONG (km)
		12-1800004-03	Navamediana	0,49
		12-1800004-04	El Barco de Avila	1,53
		12-1800004-05	Puente del Congosto	0,97
		12-1800219-01	La Aldehuela	0,38
		12-1800072-01	La Ribera	0,76
		12-1805414-01	San Bartolomé de Béjar	0,37
ES020/0024	4,15	11-1800161-01	Cañizal	0,83
		11-1800021-01	Medina del Campo	3,32
ES020/0025	25,60	12-1800004-06	Galisancho	0,85
		12-1800004-07	Encinas de Arriba	0,84
		12-1800004-08	Desde Urbanización "La Ponderosa" en Encinas de Abajo hasta Huerta	4,64
		12-1800004-10	Aldealengua	1,02
		12-1800004-11	Salamanca (desde Urbanizacion "las Dunas" en Cabrerizos)	10,39
		12-1800004-13	Villamayor	1,02
		12-1800004-14	Almenara de Tormes	0,66
		12-1801417-01	Miranda de Azán	1,37
		12-1800158-01	La Maya	0,74
		12-1800575-01	Fariza	0,70
		12-1800452-01	Almeida de Sayago	0,94
		12-1800039-01	El Cubo de Tierra de Vino	1,03
		12-1800039-02	Mayalde	0,68
		12-1800030-01	Muñico	0,72
ES020/0026	5,52	13-1800012-01	Ciudad Rodrigo	1,46
		13-1800251-01	Morasverdes	1,32
		13-1800251-02	Alba de Yeltes	0,57
		13-1800032-01	Puebla de Yeltes	0,66
		13-1800032-02	Castraz	1,51
TOTAL ARPSI (km)				488,43

Tabla 20. Tramos ARPSI identificados en la parte española de la DHD una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI 3.º ciclo.

6 Consulta pública

El presente apartado se elabora en cumplimiento del mandato establecido en la Directiva 2000/60/CE - Directiva Marco del Agua (DMA), que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, y la Directiva 2007/60/CE de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación, que introduce nuevos criterios a tener en cuenta para la protección del dominio público hidráulico y para la gestión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes.

Esta Directiva 2007/60/CE obliga a los estados miembros a la realización de las siguientes tareas en los horizontes temporales señalados:

1. Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) y la Identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Diciembre de 2011, actualizándose a más tardar en diciembre de 2018 y a continuación cada 6 años;
2. Elaboración de Mapas de Peligrosidad (alta, media y baja probabilidad de inundación) y de Mapas de Riesgo (vulnerabilidad por nº de habitantes afectados, actividad económica, instalaciones industriales, patrimonio cultural etc). Diciembre de 2013, actualizándose a más tardar en diciembre de 2019 y a continuación cada 6 años;
3. Planes de Riesgo (de todas las ARPSI seleccionadas en la EPRI), que incluyen los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias para alcanzar el objetivo previsto de reducir las consecuencias negativas producidas por las inundaciones. Diciembre de 2015, actualizándose a más tardar en diciembre de 2021 y a continuación cada 6 años.

Para materializar todo ello, se elabora un **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables** (SNCZI), que establezca la zonificación de zonas inundables de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, y **el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de “evaluación y gestión de riesgos de inundación”** por el que se regulan los procedimientos para realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad y riesgo y los planes de gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio español.

Transcurridos seis años desde la última revisión y actualización de la EPRI ([Enlace a EPRI 2^{do} Ciclo](#)) y en aplicación de la Disposición transitoria primera del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de “evaluación y gestión de riesgos de inundación”, la Confederación Hidrográfica del Duero ha realizado la revisión y actualización de la EPRI de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero correspondiente al tercer ciclo de la Directiva de Inundaciones.

Asimismo, y siguiendo el procedimiento administrativo derivado del artículo 7 del citado Real Decreto 903/2010, se somete a Consulta Pública por un plazo de 3 meses tras su **publicación en el BOE**.

Dentro de ese plazo, se podrán realizar aportaciones y formular las observaciones y sugerencias que se estimen convenientes dirigidas por escrito a la Confederación Hidrográfica del Duero, Calle Muro, Nº5, 47004 Valladolid o utilizando cualesquiera de los

procedimientos previstos en el artículo 16.4 de la Ley 39/2015, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

A tales efectos, se expone en la web de la Confederación Hidrográfica del Duero, <https://www.chduero.es/> la documentación de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero correspondiente al tercer ciclo de la Directiva de Inundaciones:

- MEMORIA. (pdf);
- ANEXO I. Planos. (pdf);
- ANEXO II. Episodios Históricos. (pdf);
- ANEXO III. Fichas ARPSI. (pdf).

7 Documentación y bibliografía

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

García-Ruiz J.M, Lana-Renault N., (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140: 317-338. DOI: 10.1016/j.agee.2011.01.003

Garijo, C., & Mediero, L. (2018). Influence of climate change on flood magnitude and seasonality in the Arga River catchment in Spain. *Acta Geophysica*, 66, 769-790.

Gosling S.N., Zaherpour J., Ibarreta D., (2018). PESETA III: Climate change impacts on labour productivity, EUR 29423 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-96912-6, doi:10.2760/07911, JRC113740

Harden, T.M., Ryberg, K.R., O'Connor, J.E., Friedman, J.M., and Kiang, J.E. (2021): *Historical and paleoflood analyses for probabilistic flood-hazard assessments—Approaches and review guidelines*. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 4, chap. B6, 91 p., <https://doi.org/10.3133/tm4B6>.

IPCC 2022. Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., ... & Okem, A. (2022). IPCC, 2022: Summary for policymakers.

Jiménez Álvarez, A. (Coord.; 2021): *Paleocrecidas y avenidas históricas y su aplicación a la seguridad hidrológica de las presas*. Monografías CEDEX, M-143, Madrid, 224 pp.

López de la Cruz, J. (2013). Análisis estadístico y modelación del régimen de las crecidas en ríos de la España Península en un contexto no estacionario. Tesis de Doctorado. Director: F. Francés. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Lorenzo, M. N. y Alvarez, I. (2020). Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050. *Science of The Total Environment*, 723, 138014.

Martín-Vide, J. P., Bateman, A., Berenguer, M., Ferrer-Boix, C., Amengual, A., Campillo, M., Corral, C., Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Gómez, S., Marín-Estève, B., Prats-Puntí, A., Ruiz-Carulla, R., Sosa-Pérez, R., (2023). A flash flood with large Woody debris clogged bridges. The 2019 event of Francolí River (NE Iberian Peninsula), *J. Hydrol.: Regional Studies*, 47, 101348.

MITECO (2018). Inundaciones y Cambio Climático. Estudio y experiencias a nivel Europeo en el primer ciclo de la Directiva de Inundaciones. Madrid, 105 pp.

Montiel-Molina, C., Vilar, L., Romão-Sequeira, C., Karlsson, O., Galiana-Martín, L., Madrazo-García de Lomana, G., & Palacios-Estremera, M. T. (2019). Have historical land use/land cover changes triggered a fire regime shift in central Spain? *Fire*, 2(3), 44.

Morin, S., Samacoïts, R., François, H., Carmagnola, C. M., Abegg, B., Demiroglu, O. C., ... & Cauchy, A. (2021). Pan-European meteorological and snow indicators of climate change impact on ski tourism. *Climate Services*, 22, 100215.

Riahi, K. et al., (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168,

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

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

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

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

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

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

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

8 ANEXOS