

Demarcación Hidrográfica del Duero

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN. 2º CICLO

SEPTIEMBRE 2018



Índice

1	Introducción	1
1.1	Objeto	1
1.2	Marco normativo	2
1.3	Ámbito territorial.....	3
1.4	Resultados de la EPRI del primer ciclo	7
1.5	Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 2º ciclo	11
1.6	Coordinación internacional.....	16
2	Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2011-2017	19
3	Metodología general para la revisión y actualización de la EPRI	23
3.1	Inundaciones de origen fluvial.....	23
3.1.1	Revisión de las ARPSIs del 1 ^{er} ciclo.....	26
3.1.2	Análisis de tramos a añadir a las ARPSIs del 1 ^{er} ciclo	27
3.1.3	Propuesta de nuevas ARPSIs.....	30
3.2	Inundaciones de origen pluvial.....	36
3.2.1	Aspectos metodológicos.....	36
3.2.2	Estudio histórico (2005-2017).....	37
	Fuentes de información	38
	Información del CCS	38
	Otra información histórica.....	43
3.2.3	Estudio topográfico	46
	Fuentes de información	47
	Análisis del MDT25: identificación de depresiones y sus cuencas asociadas.....	48
	Cuencas endorreicas.....	50
3.2.4	Caracterización hidrometeorológica de la Demarcación	52
	Fuentes de información	52
	Umbral de escorrentía P_0	53
	Precipitaciones máximas diarias T10	56
	Índice de torrencialidad I_T/I_d	59
4	Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación	60
4.1	Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones pluviales y fluviales	60
4.1.1	Estudio de los posibles cambios en las precipitaciones máximas diarias y evaluación de la incertidumbre	61
	Fuentes de información e hipótesis de partida.....	61
	Estudio de la incertidumbre y umbrales de cambio en la precipitación	62

4.1.2	Definición de zonas y tramos con cambio relevante en la precipitación ...	64
4.1.3	Estudio cualitativo de los cambios en la ley de frecuencia de caudales ...	70
4.1.4	Influencia de otros factores debidos al cambio climático en el riesgo de inundación.....	77
4.1.5	Conclusiones de los efectos del cambio climático en el riesgo de inundación pluvial y fluvial	80
5	Resultados y propuesta de actualización de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación.....	83
6	Documentación y bibliografía.....	86
7	ANEXOS	87

1 Introducción

1.1 Objeto

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

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, correspondiente al 2.º ciclo de la Directiva de Inundaciones.

El proceso de revisión de la EPRI se ha concretado en la identificación y preselección de unas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs), conforme a las características de la cuenca, que en sucesivos apartados se exponen y desarrollan.

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 la remitirá para su aprobación al Ministerio para la Transición Ecológica, el cual, previamente a esta aprobación, la remitirá al Consejo Nacional de Protección Civil para su informe. Posteriormente, antes del 22 de marzo de 2019 se remitirá a la Comisión Europea.

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

En este sentido, el artículo 2 del RD 903/2010, define su ámbito de aplicación:

“Las disposiciones contenidas en este real decreto serán de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición”.

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

Durante la implantación de esta Directiva, a partir de los trabajos de coordinación de la Comisión Europea, se han identificado los posibles orígenes o fuentes de las inundaciones, normalmente derivadas de episodios de altas precipitaciones, que pueden dar lugar a daños “in situ” o provocar el desbordamiento de cauces y otras corrientes de agua cuando alcanzan valores importantes en la cuenca hidrográfica, asociadas o no a la fusión nival, a la gestión de las infraestructuras hidráulicas de la cuenca, y en las zonas cercanas al mar, las debidas a la entrada del mar en las zonas costeras en episodios de temporales marítimos. En la práctica, salvo en las inundaciones exclusivamente marinas, el resto de orígenes pueden actuar conjuntamente en un episodio de inundación, agravando los efectos de las inundaciones.

En este documento se estudian las inundaciones derivadas del desbordamiento de ríos y otros cauces o corrientes (inundaciones fluviales) incorporando en ellas la gestión de las infraestructuras hidráulicas, las inundaciones debidas a episodios de lluvias intensas (inundaciones pluviales) que 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 y derivadas de la incapacidad de las redes de alcantarillado que se rigen por las normativas específicas de las administraciones de urbanismo y ordenación del territorio, las derivadas de la rotura o mal funcionamiento de presas, que se rigen por lo establecido en el Título VII, “de la seguridad de presas, embalses y balsas” del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH). Tampoco son de aplicación las inundaciones derivadas de tsunamis y maremotos que se rigen por el Real Decreto 1053/2015, de 20 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de maremotos.

1.2 Marco normativo

- 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.
- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, modificado por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- Real Decreto 18/2016, de 15 de enero, 18/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Ebro, Ceuta y Melilla.
- 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 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/85, de 2 de septiembre y modificaciones realizadas con posterioridad.
- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas y sus modificaciones.
- 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 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.
- Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del día 29 de julio de 2011.
- Ley 17/2015, de 9 de julio del Sistema Nacional de Protección Civil.

1.3 Ámbito territorial

En este apartado se realiza una sintética descripción de la demarcación hidrográfica del Duero. En la memoria del Plan Hidrológico se puede encontrar una descripción más pormenorizada. Estos documentos están disponibles para su consulta en la página web del Organismo de cuenca en el siguiente enlace: (<http://www.chduero.es/>).

Marco territorial-administrativo

La demarcación hidrográfica internacional del Duero es la más extensa de la península Ibérica con 98.103 km². Las masas de agua que son objeto de estudio incluyen las continentales españolas e internacionales, fronterizas y transfronterizas, tanto superficiales como subterráneas, de la cuenca del Duero. Hay unos 400 km lineales de frontera hispano-lusa que atraviesa la cuenca del Duero limitando ambos Estados, esta traza es recorrida y atravesada por diversos ejes fluviales entre los que destaca el del propio río Duero, que forma el espectacular cañón de los Arribes a lo largo de unos 100 km en su caída desde la meseta castellana a las tierras bajas portuguesas.

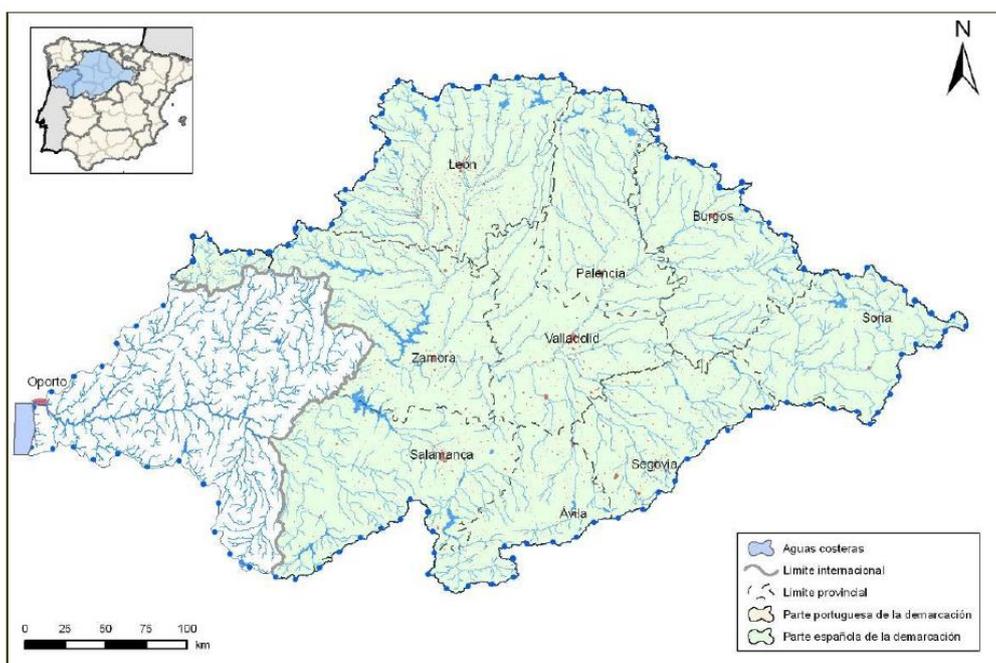


Figura 1. Ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica internacional del Duero

Este documento está particularmente dedicado a la parte española de la demarcación, ámbito territorial del Plan Hidrológico, fijado en el artículo 3 del RD 125/2007, de 2 de febrero, y descrito como “el territorio español de la cuenca hidrográfica del río Duero” y que cubre unos 78.889 km², cuyas características más destacadas se recogen en la siguiente tabla:

MARCO ADMINISTRATIVO DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO	
Cuenca:	<i>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% del territorio) 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.</i>
Área demarcación (km²):	98.103 km ²
Área demarcación parte española:	78.888,855 km²
Población año 2013:	2.222.532 habitantes
Densidad:	28,01 hab/km ²
Principales ciudades:	Valladolid, Burgos, Palencia y Zamora.
Comunidades Autónomas principales:	Castilla y León (98,26%), Galicia (1,44%), Cantabria (0,12%)
Nº Municipios:	1.972
Núcleos urbanos:	4.921

Tabla 1. Marco administrativo de la Demarcación

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



Figura 2. Ámbito territorial de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero

En la tabla siguiente se informa sobre el peso de las distintas comunidades autónomas en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. A continuación se informa del peso o contribución de cada provincia, en términos de territorio y población, al total del ámbito territorial; como promedio de los porcentajes de territorio y población se ha obtenido un factor de ponderación utilizado para desagregar cifras provinciales de determinadas fuentes de información: magnitudes macroeconómicas, censos agrarios y ganaderos y otros. Los cálculos se han actualizado con la nueva delimitación del ámbito territorial del Duero aportada por el MAGRAMA. Este contorno ha sido finalmente ajustado con las demarcaciones limítrofes del Cantábrico Oriental, Cantábrico Occidental, Miño-Sil, Tajo y Ebro, quedando finalmente incorporado en el sistema de información MÍRAME-IDEDuero. Los cálculos de superficie se han realizado sobre la proyección UTM en el huso 30, los de población corresponden al padrón de 2013.

Comunidad Autónoma	Superficie (km ²)	%	Población (hab)	%	Núcleos urbanos	%
Castilla y León	77.512,93	98,256	2.191.548	98,618	4.729	96,098
Galicia	1.136,75	1,441	29.639	1,333	169	3,414
Cantabria	98,21	0,124	1.147	0,051	21	0,427
Castilla-La Mancha	60,20	0,076	0	0	2	0,041
Extremadura	42,13	0,053	0	0	0	0
La Rioja	21,68	0,027	0	0	0	0
Madrid	12,79	0,016	192	0	0	0
Asturias	4,13	0,005	6	0	0	0
TOTAL	78.888,85	100%	2.222.532	100%	4.921	100%

Tabla 2. Contribución de las distintas comunidades autónomas al ámbito territorial de la Demarcación

<i>Provincias</i>	<i>% Superficie referido a la DHD</i>	<i>% Superficie referido a la provincia</i>	<i>% Población referido a la provincia</i>
Ávila	6,736	66,02	63,16
Burgos	11,031	60,93	76,81
León	14,497	73,35	70,16
Palencia	10,148	99,45	99,95
Salamanca	14,126	90,15	91,59
Segovia	8,759	99,87	100,00
Soria	9,469	72,53	84,74
Valladolid	10,279	100,00	100,00
Zamora	13,213	98,62	99,79
Ourense	1,441	15,59	9,98
Cantabria	0,124	1,84	0,24
Guadalajara	0,076	0,49	0,00
Cáceres	0,053	0,21	0,00
La Rioja	0,027	0,43	0,00
Madrid	0,016	0,16	0,00
Asturias	0,005	0,04	0,00

Tabla 3. Contribución de las distintas provincias al ámbito territorial de la Demarcación

Caracterización pluviométrica

Sobre ese territorio se desarrolla un clima predominantemente mediterráneo, continentalizado a causa del aislamiento que le provocan las cadenas periféricas. Solamente en la parte más occidental, en la región de los Arribes, el clima se suaviza por la influencia del Atlántico aprovechando la disminución de altura topográfica.

El módulo pluviométrico anual en la parte española de la demarcación se sitúa en 612 mm, registrándose los valores más elevados en las cresterías montañosas que bordean la cuenca; así por ejemplo 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.

Caracterización de las masas de agua de la Demarcación

La siguiente tabla es un resumen de las masas de agua existentes en la demarcación hidrográfica del Duero clasificadas en función de su categoría y tipificación:

Categoría original	Natural	Artificial y modificada, tipificada como:		Número total de masas de agua
		Río	Lago	
Río	482	164	42	688
Lago	12	-	2	14
Artificial	-	3	5	8
Total superficial	494	167	49	710
Subterráneas	64	-	-	64
Total				774

Tabla 4. Número, tipo y categoría de masas de agua dentro de la Demarcación

En total se definen 774 masas de agua, 710 superficiales y 64 subterráneas. Dentro de las masas de agua superficial, se tipifican ríos y lagos. En la categoría río se tipifican 649 masas de agua: 482 ríos naturales, 164 fuertemente modificados y 3 artificiales. Dentro de la categoría lago se tipifican 61 masas de agua: 12 lagos naturales y 2 fuertemente modificadas, a las que podemos añadir los 42 embalses, anteriormente en la categoría río, que en este momento se tipifican como lago, y otros 5 embalses o lagos artificiales.

1.4 Resultados de la EPRI del primer ciclo

En la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) del primer ciclo se identificaron aquellas zonas del territorio para las cuales se determinó que existe un riesgo potencial elevado de inundación o en las cuales la materialización de ese riesgo puede considerarse probable en los términos indicados en la Directiva 2007/60/CE; y así, tras el establecimiento de los umbrales de riesgo significativo, se procedió a la identificación sobre la red de drenaje y preselección de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). Se puede acceder a toda esta información a través del siguiente enlace:

<http://www.chduero.es/Inicio/ElaguaenlacuencaCantidad/Evaluaci%C3%B3nPreliminardeRiesgodelInundaci%C3%B3n/tabid/515/Default.aspx>

La metodología aplicada en el desarrollo de la EPRI del 1º ciclo de la demarcación hidrográfica del Duero se basó en las indicaciones de la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Evaluación Preliminar del Riesgo”, elaborada por el Ministerio y se compone de las siguientes etapas:

- Recopilación y análisis de la información disponible.
- Preselección de zonas de riesgo de inundación.
- Preselección de zonas de riesgo actual de inundación.
- Identificación de tramos de riesgo potencial alto de inundación.
- Selección de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs).

El procedimiento seguido para la identificación de estas zonas de riesgo puede englobarse en tres grupos:

- Identificación de Zonas de Inundación Potencial a partir de Información Histórica.
- Identificación de Zonas de Inundación Potencial a partir de Información Geológica-Geomorfológica y fotointerpretación.
- Identificación de zonas de inundación potencial actual.

Una vez se identificaron conforme a los criterios establecidos mencionados anteriormente aquellas zonas con importante peligro de inundación potencial, tanto históricas como conforme a la morfología fluvial que presentan o bien derivadas de estudios específicos o datos e información indicadora de tal peligro y adaptadas a la ordenación del territorio, se realizó en las diferentes zonas de la cuenca del Duero un análisis y valoración de los bienes materiales y de población que en ese momento, o en previsión de futuro, presentaban un elevado índice de exposición y/o vulnerabilidad a los episodios de inundación, para poder determinar el riesgo que conlleva.

De esta forma se preseleccionaron unas zonas de riesgo de inundación que fueron clasificadas como Zonas de Inundabilidad Significante en ALTA, MEDIA y BAJA.

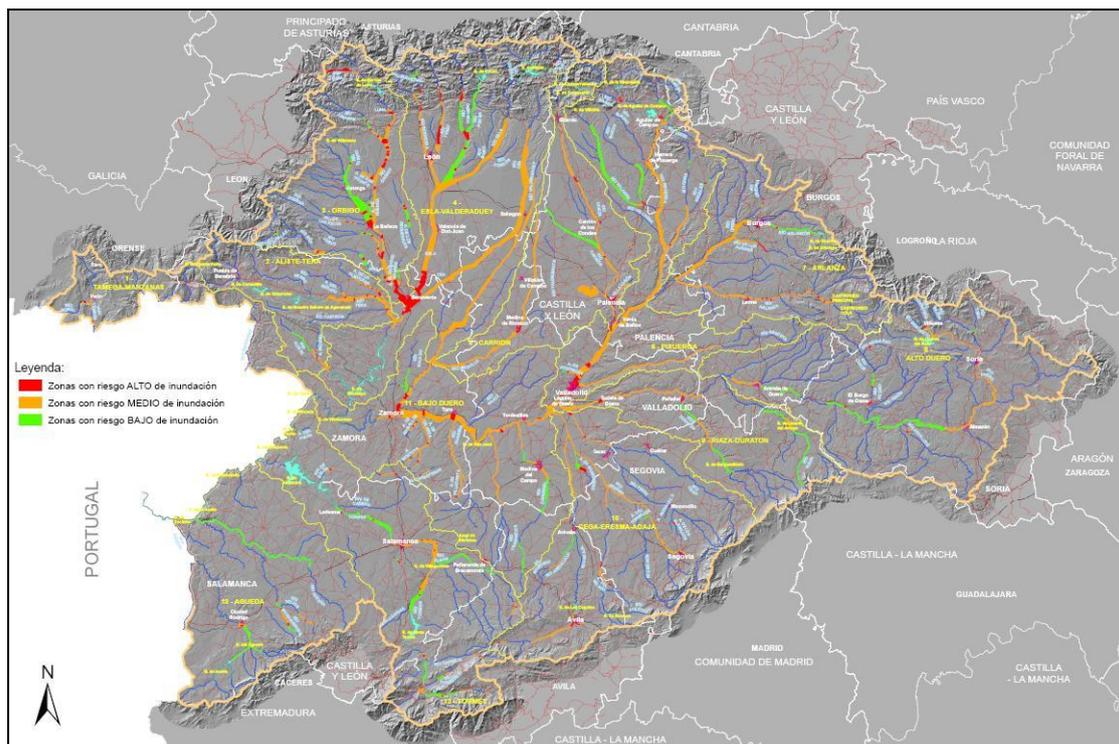


Figura 3. Resultado preselección zonas de riesgo de inundación Demarcación Hidrográfica del Duero

Una vez identificadas esas zonas se seleccionaron las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) mediante la identificación de umbrales de riesgo significativo.

Se seleccionaron en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero un total 26 Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs), que afectan a una longitud de cauces de 404,22 km. Estas ARPSIs se dividieron en 211 subtramos de diferente longitud.

A cada uno de estos subtramos se les asignó 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 dentro de la cuenca del Duero (del 01 al 13), seguido del código del río en el que se encuentra el subtramo (siete dígitos) y por último, un número ordinal de dos dígitos que indica el número de subtramo dentro de ese cauce.

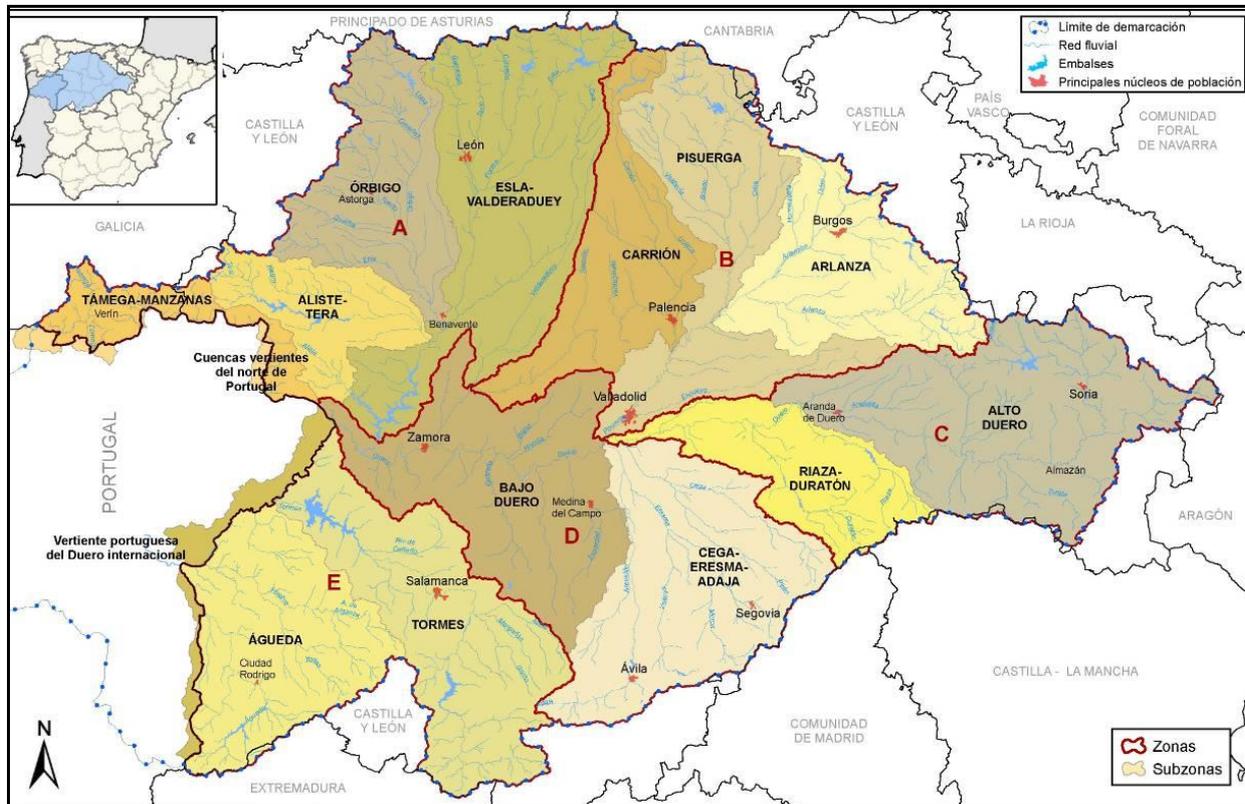


Figura 4. Subcuencas y sistemas de explotación de la Cuenca del Duero. Fuente C.H Duero

Estas zonas fueron seleccionadas, bien porque históricamente se ha identificado que el riesgo es alto, o bien porque la exposición/vulnerabilidad de bienes y personas en esas áreas ante el peligro de inundación es elevado.

Las áreas seleccionadas fueron objeto del desarrollo de los mapas de peligrosidad y riesgo y del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO 1º CICLO	
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
10- ZAMORA-ESLA	23- ALTO TORMES
11- BAJO DUERO	24- GUAREÑA-ZAPARDIEL
12- SEQUILLO	25- BAJO TORMES
13- CARRIÓN	26- ÁGUEDA-YELTES

Tabla 5. Relación ARPSIs parte española de la cuenca del Duero 1º ciclo

Desde el visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) (<https://sig.mapama.gob.es/snczi/visor.html?herramienta=DPHZI>), se puede obtener información de las ARPSIs de las diferentes demarcaciones hidrográficas españolas:



Figura 5. ARPSIs 1º ciclo por demarcación hidrográfica

El siguiente mapa presenta los subtramos de las ARPSIs del 1º ciclo seleccionados para la demarcación hidrográfica del Duero.

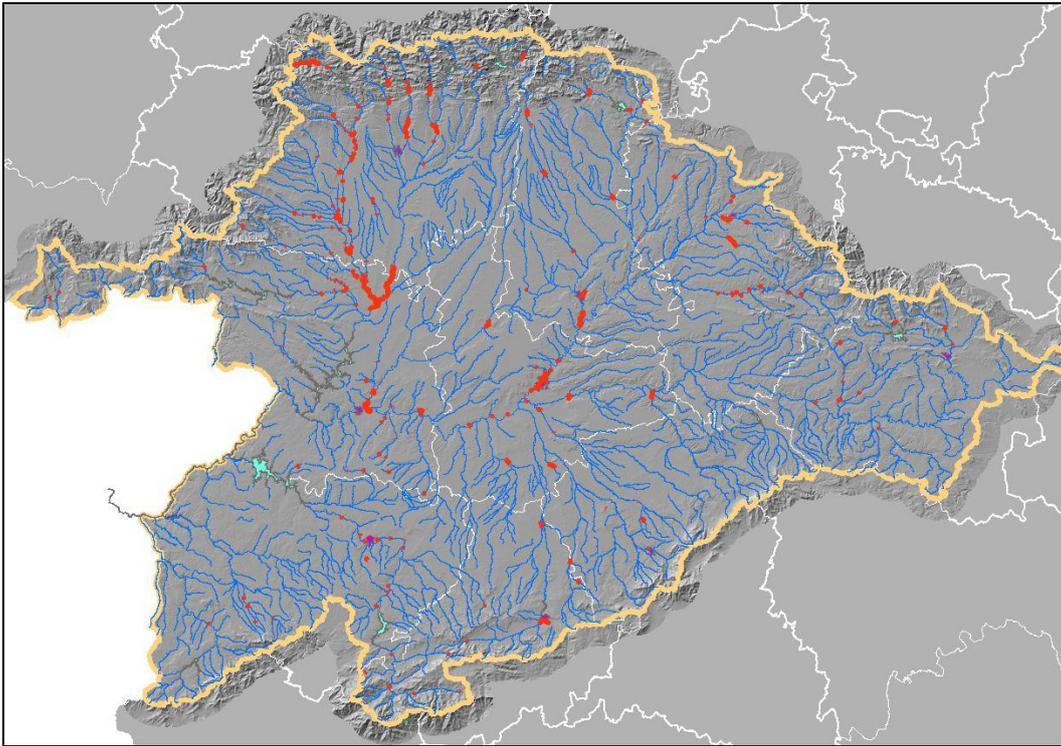


Figura 6. Subtramos Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación D.H. Duero 1º ciclo

1.5 Recomendaciones de la Comisión Europea para la EPRI del 2º ciclo

La Directiva Europea 2007/60/CE promueve una acción coordinada y concertada a nivel comunitario como forma de abordar la gestión de los riesgos de inundación, al estimar que este planteamiento aportará un valor añadido considerable y mejorará el grado general de protección contra las inundaciones.

En consecuencia, 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 el 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 primer ciclo, esta fecha era el 22 de diciembre de 2011, según se especifica en el artículo 4.4 de la propia Directiva.

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

El informe general de la Comisión Europea relativo a las evaluaciones preliminares del riesgo de inundación vio la luz en septiembre de 2015. 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

Las principales conclusiones de la Comisión Europea respecto de las EPRI de las demarcaciones hidrográficas españolas 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.
2. Todos los tipos de inundación han sido incluidas en la evaluación.
3. Todos los aspectos del artículo 4 de la Directiva de Inundaciones han sido tratados en las EPRI, basándose en un extenso análisis que incluye diferentes fuentes de información como archivos, informes, estudios, planes de emergencia, recortes de prensa, entrevistas y encuestas.
4. En España se han considerado todas las categorías de consecuencias adversas de las inundaciones.
5. La coordinación internacional con Portugal se rige por el Convenio de Albufeira, habiéndose remitido las correspondientes EPRI a Portugal.
6. De acuerdo con los estudios del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), el impacto del Cambio Climático en las inundaciones es incierto, en particular, en lo que se refiere a la cuantificación de los cambios. Por ello, no se ha valorado la influencia del Cambio Climático en la probabilidad estadística de los caudales de inundación. El Cambio Climático podría provocar una tendencia al aumento en la frecuencia de las inundaciones, pero sin afectar a su magnitud. De esta forma la EPRI actual debería ser válida en el futuro.
7. La interacción con la Directiva Marco del Agua se concreta principalmente en el análisis de las infraestructuras de defensa, basándose en los estudios de presiones de los planes hidrológicos de cuenca.

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

El informe destaca la existencia de 25 demarcaciones hidrográficas en España, 8 de las cuales 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.

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.

La necesidad de cooperación con otros países ha sido incluida la legislación. La coordinación internacional con Portugal se rige por el Convenio de Albufeira, habiéndose remitido las correspondientes EPRI a Portugal. La Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental ha intercambiado información de la EPRI con Francia en el marco del Acuerdo de Toulouse y la del Ebro lo hizo durante la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación. Las demarcaciones de Ceuta y Melilla pusieron de manifiesto que las inundaciones no afectaban a la parte internacional, por lo que no se llevó a cabo ninguna coordinación.

La mayoría de las demarcaciones hidrográficas españolas aplicaron el artículo 4 de la Directiva para elaborar la evaluación preliminar del riesgo de inundación. Sólo 3 se acogieron al procedimiento abreviado previsto en el artículo 13.1 a) (D.H. del Duero, D.H. del Segura y D.H. del Júcar).

España ha reportado datos de las 25 demarcaciones, identificándose 1.248 ARPSIs, la mayoría de ellas fluviales (809, un 65%) y costeras (378, un 30%). En su mayor parte fueron incluidas por los daños potenciales a la economía (1.156, un 93%) y a la salud humana (886, un 71%).

En los procesos de participación pública, los principales actores procedían de otras administraciones y la mayoría de las alegaciones estaban relacionadas con la definición de las ARPSIs.

La interacción con la Directiva Marco del Agua se concreta principalmente en el análisis de las infraestructuras de defensa, basándose en los estudios de presiones de los planes hidrológicos de cuenca.

2. Tipos de inundación considerados

Se han tenido en cuenta todos los tipos de inundación previstos en los artículos 4 y 13 de la Directiva. En el análisis se han considerado las inundaciones históricas y las potenciales derivadas de la falta de capacidad de los sistemas de saneamiento.

De las 1.248 ARPSIs identificadas en España, 809 son de tipo fluvial (un 65%) y 378 costeras (un 30%); siendo solamente 21 de tipo pluvial y 40 de pluvio-fluvial. Otros orígenes de inundación se mencionan en algunos casos pero no se especifican en los documentos analizados.

En las inundaciones históricas de tipo fluvial se identifican las siguientes causas: obstrucciones, desbordamientos de las obras de defensas o de los cauces naturales y colapso de infraestructuras.

En el informe general se pone de manifiesto que España fue el Estado miembro que aportó más información sobre eventos históricos significativos, con un total de 6.165 registros, que abarcaban desde el año 100 hasta el 2011.

3. Aspectos analizados en la aplicación del artículo 4

Todos los aspectos del artículo 4 de la Directiva de Inundaciones han sido tratados en las EPRI, basándose en un extenso análisis que incluye diferentes fuentes de información como documentos, informes, estudios, planes de emergencia, recortes de prensa, entrevistas y encuestas.

La Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil analiza específicamente las consecuencias adversas en el medio ambiente. En aquellos hábitats en los que las inundaciones se consideran procesos naturales no se analizaron los daños potenciales de las mismas.

Ya se ha comentado que en las demarcaciones hidrográficas del Duero, Segura y Júcar se aplicó el procedimiento abreviado contemplado en el artículo 13.1 (a) de la Directiva.

4. Criterios para el análisis de los episodios históricos

En el conjunto de demarcaciones españolas se identificaron 6.441 episodios históricos de inundación, de los cuales 6.165 -un 95,7%- fueron considerados significativos debido a sus consecuencias.

La mayoría de las demarcaciones aplicaron análisis estadísticos basados en diferentes criterios de valoración de daños, recogidos en guías metodológicas o en trabajos anteriores, como los desarrollados por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI) en los años 80 del pasado siglo.

5. Criterios de valoración de los daños potenciales de las inundaciones futuras

El análisis de valoración de daños se aplicó a las zonas inundables por las avenidas de 10, 100 y 500 años de período de retorno, de acuerdo con lo indicado en el Real Decreto 903/2010. En aquellas zonas donde no se disponía de estudios hidráulicos previos se llevaron a cabo modelos simplificados para identificar las áreas de riesgo.

La valoración de los daños potenciales de las inundaciones futuras se desarrolló mediante un análisis multicriterio con ayuda de herramientas SIG.

Para ello se empleó la información disponible en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), aplicando unos pesos en función de las categorías de usos del suelo para valorar el impacto global de las inundaciones futuras. Se establecieron unos umbrales para incluir aquellas áreas que supusieran un porcentaje relevante del total de daños potenciales, por ejemplo un 85% en las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental y del Segura.

6. Criterios para definir las consecuencias adversas

Como ya se ha comentado, en el conjunto de demarcaciones hidrográficas españolas se identificaron 1.248 ARPSIs, la mayoría de ellas fluviales (809, un 65%) y costeras (378, un 30%). En su mayor parte fueron incluidas por los daños potenciales a la economía (1.156, un 93%) y a la salud humana (886, un 71%). En menor número se identificaron los daños a los bienes culturales (469, un 38%) o al medio ambiente (449, un 36%). El procedimiento de calificación del daño es el ya descrito, basado en la asignación de pesos a cada tipo de impacto según los procedimientos especificados en guías metodológicas o en estudios anteriores.

Las consecuencias adversas de los episodios históricos de inundación se valoraron en función de los pesos asignados a las diversas categorías de daño: fallecidos, heridos, viviendas, industria, evacuados, infraestructura de transporte, suministro eléctrico, riego o cultivos.

Los episodios se agruparon por término municipal, sumando los valores globales de daño obtenidos en cada uno de ellos. De esta forma, se identificaron las áreas con mayores consecuencias adversas por inundaciones históricas.

En alguna demarcación, como la del Cantábrico Oriental, se ha considerado que los datos de inundaciones históricas son escasos.

7. Métodos de identificación y valoración de las consecuencias adversas de las inundaciones futuras

La valoración de las consecuencias adversas de las inundaciones futuras se fundamentaba, como ya se ha indicado, en un análisis multicriterio de las zonas potencialmente inundables, llevado a cabo con herramientas GIS.

Las zonas inundables, obtenidas mediante modelización, se superpusieron con las capas de usos del suelo que incluían servicios, infraestructuras de transporte, bienes culturales y espacios protegidos, asignando a cada categoría un peso y calculando el impacto total en la zona inundable de cada tramo.

También se evaluó en la valoración histórica de los episodios, por un lado, la influencia de los cambios en los usos del suelo y, por otro, si el desarrollo de medidas estructurales ha modificado significativamente el riesgo de inundación.

8. Evolución a largo plazo

En relación a la evolución a largo plazo, en las EPRI españolas se consideraba que no estaba claro el impacto del cambio climático según los estudios del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), en particular en lo que se refiere a la cuantificación de los cambios. En consecuencia, no se valoró la influencia del cambio climático en la probabilidad estadística de los caudales de inundación. El cambio climático podría provocar un aumento de la frecuencia de las inundaciones en el futuro, pero sin afectar a su magnitud. De esta forma las actuales EPRI serían válidas en el futuro.

Tan sólo en la Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa se evaluó el efecto del cambio climático en el aumento del nivel del mar. Los estudios actuales mantienen incertidumbres por lo que se llevarán a cabo estudios específicos a nivel regional.

La D. H. de Galicia Costa apunta una tendencia a largo plazo de incremento de valor de los usos del suelo en las zonas inundables. La Demarcación Hidrográfica de Cuencas Internas de Cataluña ha incorporado a su EPRI los cambios a gran escala en los usos del suelo, como infraestructuras de transporte lineales, puerto de Barcelona y los aeropuertos.

9. Coordinación internacional

En España hay 8 Demarcaciones hidrográficas internacionales, siendo los mecanismos establecidos para la coordinación internacional en la elaboración de la EPRI y la identificación de ARPSIs los siguientes:

- Comisiones bilaterales para aguas transfronterizas designadas en el marco de acuerdos de cooperación con países vecinos (Convenio de Albufeira sobre Cooperación para la Protección y el Aprovechamiento Sostenible de las Aguas de las Cuencas Hidrográficas Hispano-Portuguesas).
- Grupos de trabajo y coordinación internacional, responsables del asesoramiento, la toma de decisiones, la coordinación, la evolución y/o ejecución del trabajo (Convenio de Albufeira con Portugal y Acuerdo de Toulouse con Francia).
- Acuerdos bilaterales de gestión en materia de agua/medioambiente (Convenio de Albufeira con Portugal y Acuerdo de Toulouse con Francia).
- Suministro de información a los países vecinos, que es el sistema que se emplea con Marruecos y Andorra.

1.6 Coordinación internacional

La cuenca del Duero es internacional, compartida por España y Portugal. El río Duero tiene tres tramos, uno español, otro internacional o compartido, que hace frontera entre ambos países a lo largo de más de 100 kilómetros, y un tercer tramo enteramente portugués. La importancia de la cuenca del Duero como territorio articulador de los dos países está cada vez más clara y su importancia relativa en el conjunto peninsular queda patente en el hecho de que la suma de las aportaciones de la parte española y de la portuguesa es la mayor de entre los ríos de la Península Ibérica, siendo la extensión de la cuenca (Demarcación, según el nuevo lenguaje de la Directiva Marco de Aguas) también la mayor de todas las peninsulares.

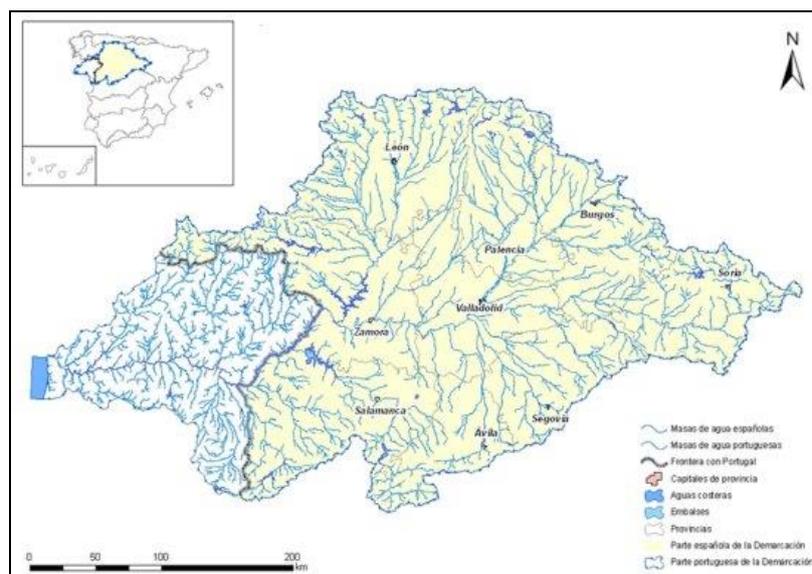


Figura 7. Masas de agua en el ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica internacional del Duero

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. 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.

En el marco del Convenio de Albufeira y en cumplimiento de lo acordado en la Reunión de los Grupos de Trabajo de Planificación e Información Hidrológica de la Comisión para la Aplicación y Desarrollo del Convenio (CADC), celebrada el 23 de mayo de 2018 en Évora, se celebró los días 5 y 6 de julio en Oporto, una reunión específica sobre Coordinación internacional en el marco de la Directiva de Inundaciones e Intercambio de información en tiempo real en episodios de avenida.

En dicha reunión se constituyó un grupo de trabajo “ad hoc” para la Directiva de Inundaciones y se establecieron los siguientes acuerdos con relación a la coordinación e intercambio de información entre ambos países:

- Con relación a la integración de los efectos de las alteraciones climáticas en la identificación de áreas en riesgo, una vez expuestas las metodologías que ambos países están desarrollando, se acordó compartir la información disponible.
- Establecer un protocolo común para las 4 Demarcaciones Hidrográficas compartidas para el intercambio de información en la gestión de avenidas.

- Articular los mecanismos de colaboración para la elaboración de la cartografía de las ARPSIs y celebrar una reunión de coordinación del grupo de trabajo “ad hoc” una vez lanzada la consulta pública de la EPRI en ambos países
- Realizar sesiones conjuntas de participación pública de los PGRIs.
- Elaborar un documento conjunto que ilustre la colaboración realizada en las distintas fases del 2º ciclo de la Directiva de Inundaciones.

2 Resumen de las inundaciones ocurridas en el período 2011-2017

A fin de determinar los episodios de inundación ocurridos en el periodo 2011-2017 se han utilizado como fuentes de información los datos reflejados en los partes de avenidas del Servicio Integrado SAIH-ROEA y las noticias publicadas en medios de comunicación de la zona.

Los datos obtenidos fueron complementados con entrevistas y visitas a campo con la Guardería fluvial de la Comisaría de Aguas de la CHD e información procedente de otras hemerotecas y encuestas realizadas sobre el terreno. Adicionalmente se ha ampliado el listado de eventos al primer semestre de 2018.

De esta forma se ha obtenido el siguiente listado de eventos de inundación:

FECHA INICIO - FECHA FINAL	RIO	INCIDENCIA / DAÑOS
22/01/2013 - 23/01/2013	Arlanza	Desbordamiento del río Arlanza en varios puntos de la Sierra de la Demanda (Castrovido y Covarrubias)
26/03/2013	Cigüñuela	Inundaciones en zonas residenciales de El Sotillo (La Lastrilla)
26/03/2013 - 28/03/2013	Duración	Corte SG-P-2131 en Laguna de Contreras. Corte carretera VA-241 entre Sacramenia y Peñafiel. Corte SG-V-2411 entre Carrascal del Río y Burgomillodo
26/03/2013 - 28/03/2013	Eresma	Inundación Casa de la Moneda y el Paseo de la Alameda
26/03/2013 - 28/03/2013	Pirón	Inundaciones en Samboal y Remondo
26/03/2013 - 28/03/2013	Cega	Desalojo 16 viviendas en Viana de Cega y 1 en Mojados
31/03/2013 - 1/04/2013	Duero	Inundaciones en Tordesillas. Daños en edificios de la Ribera (inundación planta baja Hotel Doña Carmen)
10/02/2014 - 11/02/2014	Valdeginete	Inundaciones en parte baja de Castromocho (afección a naves ganaderas). Corte carretera PP-9221
2/03/2014 - 3/03/2014	Eresma	Corte carretera SG-V-3122 en Hontanares de Eresma. Corte carretera SG-3312 en Carbonero de Ahusín. Inundaciones en la Casa de la moneda de Segovia
2/03/2014 - 3/03/2014	Cega	Corte carretera SG-V-2313 en Pajares de Pedraza. Corte carretera SG-V-2312 en Arevalillo de Cega
1/04/2014 - 3/04/2014	Bernesga	Desbordamiento en León (Daños a mobiliario urbano Paseo Papalaguida y Avenida Condesa de Sagasta). Inundaciones en Villasimpliz
1/04/2014 - 3/04/2014	Curueño	Corte carretera LE-321 en Lugueros
1/04/2014 - 3/04/2014	Cea	Corte carretera LE-5705 en Villaselán
1/04/2014 - 3/04/2014	Luna	Corte carretera LE-4505 en Santibáñez de Ordás
1/04/2014 - 3/04/2014	Omañas	Corte carretera LE-5512 en Santiago del Molinillo
1/04/2014 - 3/04/2014	Torio	Corte carretera LE-4619 en Garrafe de Torio. Corte carretera LE-4519 en San Feliz de Torio
1/04/2014 - 3/04/2014	Arroyo de Camplongo	Corte carretera LE-3509 en Tonín de Arbas

FECHA INICIO - FECHA FINAL	RIO	INCIDENCIA / DAÑOS
1/04/2014 - 3/04/2014	Arroyo del Valle de la Villa	Corte carretera LE-5513 en Rioseco de Tapia
1/04/2014 - 3/04/2014	Torio	Corte carretera LE-315 en Vegacervera
1/04/2014 - 3/04/2014	Bernesga	Inundaciones en La Pola de Gordón (Hogar del pensionista y biblioteca)
1/04/2014 - 3/04/2014	Bernesga	Corte carretera LE-473 en Beberino
1/04/2014 - 3/04/2014	Jamuz	Inundación depuradora y una granja en Jiménez de Jamuz
1/04/2014 - 3/04/2014	Esla	Inundación del complejo de la Isla (Sede Denominación de Origen Tierra de León) en Valencia de Don Juan
30/01/2015 – 31/01/2015	Eresma	Corte de carretera de acceso a Hontanares de Eresma (SG-V-3122)
22/08/2015	Arroyo de Garoza	Cortes en carreteras N-110 y N-502. Inundaciones en viviendas y un secadero de jamones en Muñogalindo
4/01/2016 -10/01/2016	Castrón	Cortes en carretera ZA-100. Cortes en carretera Santibáñez de Tera-Santa María de Valverde ZA-P-2548
10/01/2016 -16/01/2016	Valderaduey	Corte en carretera provincial de acceso a Benegiles ZA-V-2312
10/01/2016 -11/01/2016	Aliste	Cortes en carretera ZA-1405 Vegalatrave-Dómez de Alba
14/01/2016	Duero	El Duero invade los paseos ribereños en Zamora (305 m ³ /s)
10/01/2016 - 12/01/2016	Salado	Cortes de carretera Villalba de la Lampreana-Arquillos ZA-P-1304
11/01/2016 – 12/01/2016	Almucera	Cortes de carretera en Granucillo ZA-P-1510
8/01/2016 -16/01/2016	Urbel	Corte de carretera BU-622 pp.kk. 22-22,5 en Ruyales del Páramo
8/01/2016 -16/01/2016	Pedroso	Corte de carretera BU-V-8205 p.k. 8 en Vizcaínos y pp.kk. 1-1,3 en Barbadillo del Mercado
10/01/2016 -16/01/2016	Órbigo	Corte de carretera LE-114 pp.kk. 17,5-19,3 en Alija del Infantado
10/01/2016 -16/01/2016	Sequillo	Corte de carretera VP-5607 pp.kk. 5-7 en Villanueva de los Caballeros. Cortes en carretera VA-714 en San Pedro Latarce
10/01/2016 -16/01/2016	Jamuz	Casa incomunicada, daños en polideportivo y depuradora en Jiménez de Jamuz
10/01/2016 -16/01/2016	Esla	Valencia de Don Juan: Inundación del complejo de la isla
10/01/2016 -16/01/2016	Arroyo de Valmayor	Corte de la carretera CL-624 en cruce de Candañedo de Boñar
11/02/2016 - 17/02/2016	Arlanza	Covarrubias: Inundaciones en bajos y paseo de la Solana; Salas de los Infantes: Inundaciones en casco urbano; Lerma: Inundación del Colegio Público Pons Sorolla y del IES Valle del Arlanza con calados superiores a 0,5 m, fincas de labor; Cortes N-234 en Salas de los Infantes; Cortes BU-V-8209 en La Revilla; P-131 de Baltanás a Palenzuela; Cortes en carretera BU-9021 en Quintanilla del agua

FECHA INICIO - FECHA FINAL	RIO	INCIDENCIA / DAÑOS
11/02/2016 – 17/02/2016	Arroyo de Horquiza	Cortes en carreteras BU-V-8202-1 y BU-8205 en Vizcaínos
11/02/2016 – 17/02/2016	Arroyo de la Estacada	Cortes en carreteras BU-V-8205 en Contreras
11/02/2016 – 17/02/2016	Espejón	Cortes de Carretera SO-V-5212 entre Espejón y la Hinojosa
11/02/2016 – 17/02/2016	Ucero	Cortes en Carretera SO-V-5117 en Valdelinares
11/02/2016 – 17/02/2016	Rio Lobos	Corte en camino vecinal de acceso al Cañón de Río Lobos desde la carretera SO-920
11/02/2016 – 17/02/2016	Tuerto	Corte de carretera LE-6421 en Nistal. Corte en carretera CV-193-29 entre Carral y Valderrey, Corte en carretera CV-193-24 en San Román de la Vega
11/02/2016 – 17/02/2016	Duero	Inundaciones en casco urbano de Salduero, Inundación del Monasterio de San Juan de Duero y sendas; Inundación en Tudela de Duero del parque de los Castrilleros; Cortes en carretera SO-P-4009 en Langa de Duero; Cortes en carretera SO-P-6007 en Garray
11/02/2016 – 17/02/2016	Porcos-Porquero	Inundaciones leves en Vega de Magaz, Cortes de carretera LE-CV-160-4 entre Zacos y Porqueras
11/02/2016 – 17/02/2016	Esgueva	Inundación de fincas, parque y granja de pollos y naves ganaderas en Villanueva de los Infantes
11/02/2016 – 17/02/2016	Franco	Inundaciones en la carretera BU-1041 en Royuela de Río Franco
11/02/2016 – 17/02/2016	Esla	Inundaciones del Complejo de la Isla en Valencia de Don Juan
12/02/2016 – 13/02/2016	Adaja	Inundaciones parque "El Soto" y zona puente avenida Juan Pablo II
14/04/2016 – 27/04/2016	Arroyo de la Huelga	Inundación de varias viviendas en Villaobispo. Cortes en la carretera N-621 en Villaobispo de las Regueras
14/04/2016 – 27/04/2016	Pisuerga	Cortes de Carretera CL-626 en Aguilar de Campoo. Inundación de camino de acceso a EDAR, parques y caminos en Aguilar de Campoo
14/04/2016 – 27/04/2016	Carrión	Corte de Carretera P-991 entre Monzón y Husillos
12/02/2017 - 16/02/2017	Eresma	Cortes en carretera SGV-3312 entre Carbonero de Ahusín y Garcillán
12/02/2017 - 16/02/2017	Moros	Corte en carretera SG-V-3131 entre Abades-Marugán en Lastras del Pozo
12/02/2017 - 16/02/2017	Cega	Cortes de carretera SG-V-2312 entre Arevalillo de Cega y Rebollo; Cortes de carretera SG-V-2313 entre Pajares de Pedraza y Rebollo
12/02/2017 - 16/02/2017	Arroyo del Corcho	Inundaciones en Matabuena
5/03/2018 – 16/03/2018	Tormes	Cortes en carretera A-VP-537 en el Barco de Ávila; Inundación de carril bici en Salamanca
5/03/2018 – 18/03/2018	Adaja	Inundación de parques en Ávila (El Soto)
5/03/2018 – 18/03/2018	Duración	Cortes en carretera SG-V-2411 entre Carrascal del Río y Burgomillado
10/03/2018 – 17/03/2018	Eresma	Inundación área recreativa "Los Asientos" ; Cortes en carretera SG-V-3112 entre Carbonero de Ahusín y CL-603

FECHA INICIO - FECHA FINAL	RIO	INCIDENCIA / DAÑOS
9/03/2018 – 11/03/2018	Zurguen	Inundaciones en paseos y carril bici en Aldeatejada y Salamanca
9/03/2018 – 11/03/2018	Águeda	Inundaciones de parques y jardines en Ciudad Rodrigo
9/04/2018	Eresma	Corte de la carretera SG-V-3312 de Carbonero de Ausín
15/04/2018	Zorita	Inundación carretera SG-V-3219 Marugán a Sangarcía
15/04/2018	Arroyo de Prado	Corte de la carretera V-2115 entre Cantimpalos y la A-601

Tabla 6. Episodios de inundación 2011 – Junio 2018

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 derivadas de altas intensidades de precipitación, que pueden provocar daños “in situ” y que pueden evolucionar y derivar a su vez en inundaciones significativas cuando la escorrentía se concentra en corrientes de pequeña magnitud y producir desbordamientos. Como se ha comentado con anterioridad, de acuerdo el ámbito de aplicación del RD 903/2010, no se incluyen en esta categoría ni las inundaciones derivadas de problemas exclusivamente de falta de capacidad de las redes de alcantarillado urbano ni aquellas que no se deriven del desbordamiento de una corriente continua o discontinua.

Como se ha expuesto anteriormente, en numerosas ocasiones, estos orígenes se solapan, pudiéndose dar inundaciones pluviales conjuntamente con las inundaciones fluviales, por ejemplo en cauces intermitentes, de cuencas pequeñas o en episodios de alta torrencialidad.

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

3.1. Inundaciones de origen fluvial

Las inundaciones fluviales producidas como consecuencia del aumento de caudal por encima de la capacidad del cauce para albergarlo, conllevan el desbordamiento y la ocupación de las márgenes o riberas, para con ello poder aumentar la sección capaz de desaguar ese caudal. Los aumentos de caudal en la cuenca del Duero se producen generalmente en crecidas (originadas por precipitaciones generalizadas y de larga duración o por fusión progresiva de mantos nivales y deshielo glaciar), o avenidas (originadas por precipitaciones intensas o torrenciales, roturas de represamientos naturales o artificiales, inadecuado funcionamiento o rotura de obras hidráulicas).

También influyen otros factores como son la topografía (tamaño y forma de la cuenca, pendientes, etc.), la naturaleza de los suelos o la cobertura vegetal.

El resultado de todos estos factores combinados es que:

- A igualdad de lluvias, mas inundaciones en cuencas pequeñas, con formas redondeadas, altas pendientes, suelos inexistentes o impermeables, ausencia de vegetación.
- La urbanización o desforestación de amplios sectores contribuyen igualmente al aumento de los caudales circulantes.

Así mismo también se deben considerar las características que puede presentar la dinámica fluvial en cada cauce a estudiar, cuyos efectos pueden favorecer la inundación, como son la profundidad o el calado de los cauces, la velocidad y la fuerza de la corriente, la carga sólida que transporta, etc.

La metodología para alcanzar los objetivos previstos se apoya, en la recopilación y análisis de la información existente y disponible sobre inundaciones, lo cual debe permitir obtener con economía de medios una efectiva obtención de resultados en esta fase PRELIMINAR, posponiendo para estudios posteriores la delimitación detallada de las áreas con peligro de inundación y del riesgo correspondiente.

El análisis de la peligrosidad de inundación o inundabilidad, puede abordarse desde diferentes perspectivas metodológicas, (históricas, geológico-geomorfológicas, hidrológico-hidráulicas...), siendo en todo caso más afectivo el estudio combinado de todas ellas.

La metodología que se propone para la determinación de las peligrosidades se fundamenta en el **método geomorfológico-histórico**, por existir mayor información de este tipo que de estudios hidráulicos de inundaciones generalmente menos extendido. Está también basada en gran medida en las aplicaciones SIG de superposición y combinación gráfica de los diferentes factores implicados en el proceso.

De esta forma para la revisión de la EPRI y de las ARPSIs del 1^{er} ciclo e identificación de nuevas ARPSIs se ha comenzado con la utilización de la **información actualizada de los episodios de inundación** acaecidos desde 2011, elaborada con los datos reflejados en los partes de avenidas del Servicio Integrado SAIH-ROEA y noticias publicadas en los medios de comunicación de la zona, entrevistas y visitas a campo con la Guardería fluvial de la Comisaría de Aguas de la CHD, información procedente de otras hemerotecas y encuestas realizadas sobre el terreno.

De esta forma se ha obtenido un listado de episodios de inundación que se incluye en el punto 2 de este documento y que se distribuyen a lo largo de la cuenca según la imagen siguiente:

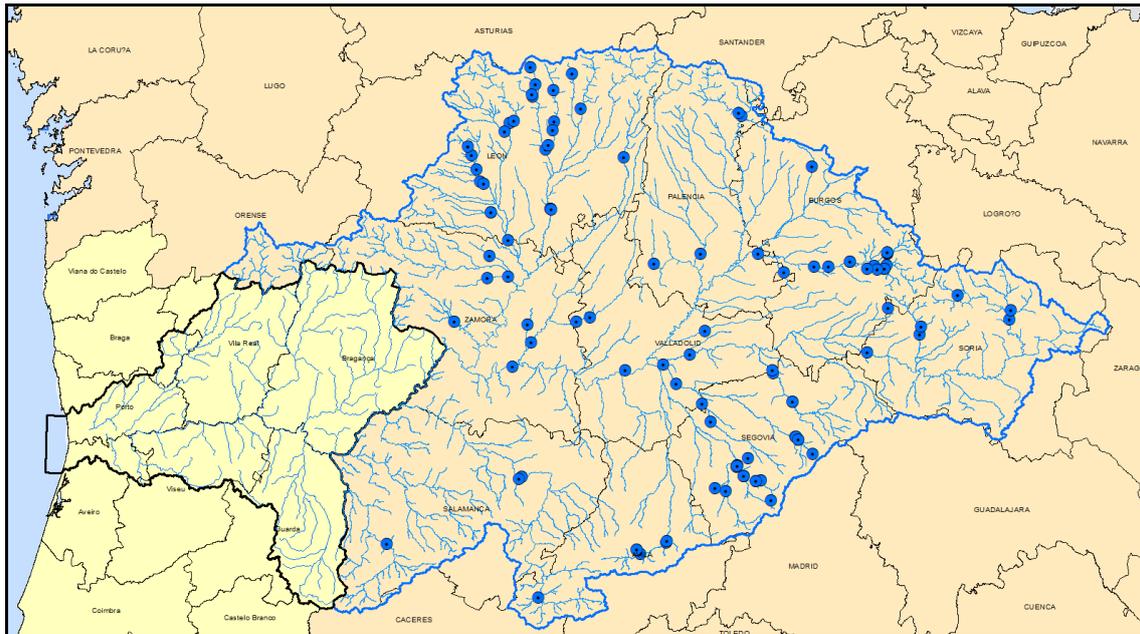


Figura 8. Episodios de inundación ocurridos entre 2011 y junio 2018

Además se dispuso de información facilitada por la Agencia de Protección Civil de la Junta de Castilla y León indicando tramos de ríos en los que a su juicio existe riesgo de inundaciones y en los que no existen mapas de peligrosidad y riesgo.

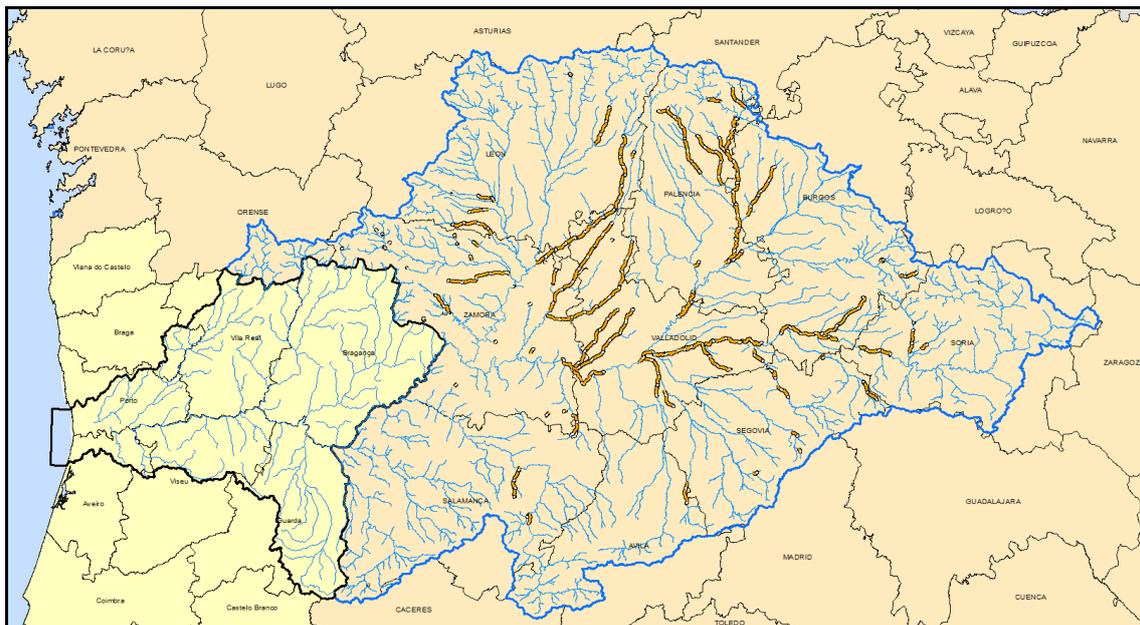


Figura 9. Tramos con riesgo de inundaciones según P.C. Castilla y León

La información obtenida ha sido confrontada con datos procedentes de **información geológica-geomorfológica** que permiten la identificación de zonas aluviales y torrenciales por otro lado, y con datos relativos a la **topografía de la cuenca, la red hidrográfica y los usos del suelo** y sus cambios, así como con estadísticas de población.

De igual modo se identificaron los cambios en **infraestructuras hidráulicas** existentes como azudes, obras de defensa, etc. y en grandes vías o ejes de comunicación como autovías, autopistas, carreteras o ferrocarriles que han contribuido a una nueva ordenación del territorio, y que en algunas áreas ha significado una importante modificación en el efecto de las inundaciones.

Igualmente, para el conocimiento de las inundaciones también es importante la recopilación de los **estudios existentes** sobre delimitaciones de dominio público hidráulico (DPH), mapas de peligrosidad realizados durante el 1^{er} ciclo de implantación de la Directiva de Inundaciones e incluso la influencia del cambio climático en la distribución de las precipitaciones.

Finalmente se revisaron los límites de los subtramos de ARPSIs del primer ciclo ya que se detectó que algunos de ellos dejaban fuera importantes áreas del casco urbano o polígonos industriales y sectores de desarrollo urbanístico no contemplados en la fase anterior.

Para poder utilizar de una forma fácil y eficaz la información, generalmente muy amplia por la magnitud de la superficie del territorio de estudio que comprende la Cuenca del Duero, 78.952 km² en territorio español, afectando a 7 comunidades autónomas y casi 2,5 millones de habitantes, se propone el desarrollo sobre herramienta GIS convencional (ARCGIS) de una secuencia de aplicaciones que permita comparar y filtrar la información disponible. Para ello proponemos el análisis indicado sintéticamente en el gráfico anterior y desarrollado en apartados siguientes.

La información recopilada se ha completado con estudios complementarios en aquellas áreas donde la información ha sido escasa o es necesario aplicar criterios específicos de definición.

3.1.1 Revisión de las ARPSIs del 1^{er} ciclo

Tal y como se ha comentado anteriormente una de las primeras tareas desarrolladas ha consistido en la revisión de todos los subtramos de ARPSIs definidos en el 1^{er} ciclo de implantación de la Directiva de inundaciones.

En esta revisión se corrigió lo siguiente:

- Algunos de los subtramos de ARPSIs del primer ciclo dejaban fuera importantes áreas del casco urbano o polígonos industriales y sectores de desarrollo urbanístico no contemplados en la fase anterior por lo que se ha propuesto ampliar la longitud. Este hecho hace que el final de algunos de los tramos definidos coincida con el comienzo del siguiente; en este caso se propone la fusión de los tramos en uno. Se han realizado 3 fusiones de tramos asignando al nuevo segmento el código del situado aguas arriba.
- Diferencia entre el número de subtramos descritos en la relación descriptiva de ARPSIs y los representados en la capa GIS.

- La longitud de los tramos reflejada en la relación descriptiva de ARPSIs no correspondía en todos ellos con la longitud de la sección delimitada en la capa GIS correspondiente por lo que se ha calculado la longitud real de cada subtramo y se ha actualizado en la relación descriptiva de ARPSIs del 1º ciclo ya que esta ha sido la base para obtener el listado definitivo de ARPSIs del 2º ciclo de implantación de la Directiva de inundaciones.

Una vez realizadas todas estas tareas los 211 subtramos y 404,22 km de ARPSIs definidos en el 1º ciclo se convierten en 207 subtramos con una longitud total de 454,23 km.

3.1.2 Análisis de tramos a añadir a las ARPSIs del 1º ciclo

Una vez corregido el listado de ARPSIs del 1º ciclo se ha procedido a realizar el análisis de posibles tramos de cauces que podrían ser catalogados como ARPSI.

Para ello se ha utilizado toda la información disponible prestando especial atención a los eventos y cambios que se han producido desde la fecha de aprobación de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación del 1º ciclo de implantación de la Directiva de Inundaciones.

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

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

Información histórica:

La información histórica recopilada en la EPRI de 1º ciclo contenida en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (2006-2010) elaborado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (Mº del Interior) se ha completado con el listado de inundaciones ocurridas en el período 2011 a junio de 2018.

En lo que respecta a los episodios ocurridos más recientemente, se elaboró un primer listado utilizando como fuente principal los datos reflejados en los partes de avenidas del Servicio Integrado SAIH-ROEA y noticias publicadas en medios de la zona, que fue completado con entrevistas y visitas a campo con la Guardería fluvial de la Comisaría de Aguas de la CHD e información procedente de otras hemerotecas y encuestas realizadas sobre el terreno.

Para completar la información histórica, se ha utilizado la base de datos de pérdidas por bienes asegurados por códigos postales del Consorcio de Compensación de Seguros. Las tablas remitidas por el CCS para este estudio incluyen todos los datos de siniestros (expedientes) por inundación extraordinaria producidos en el período 2005-2017.

Las tablas correspondientes a la Demarcación Hidrográfica del Duero recogen más de 8000 registros por lo que se filtraron aquellos de mayor cuantía. Estos eventos se representaron también en una capa GIS a fin de facilitar su uso. De esta forma se puede comprobar que la mayoría de los expedientes principales son coincidentes con tramos ARPSI del 1º ciclo.

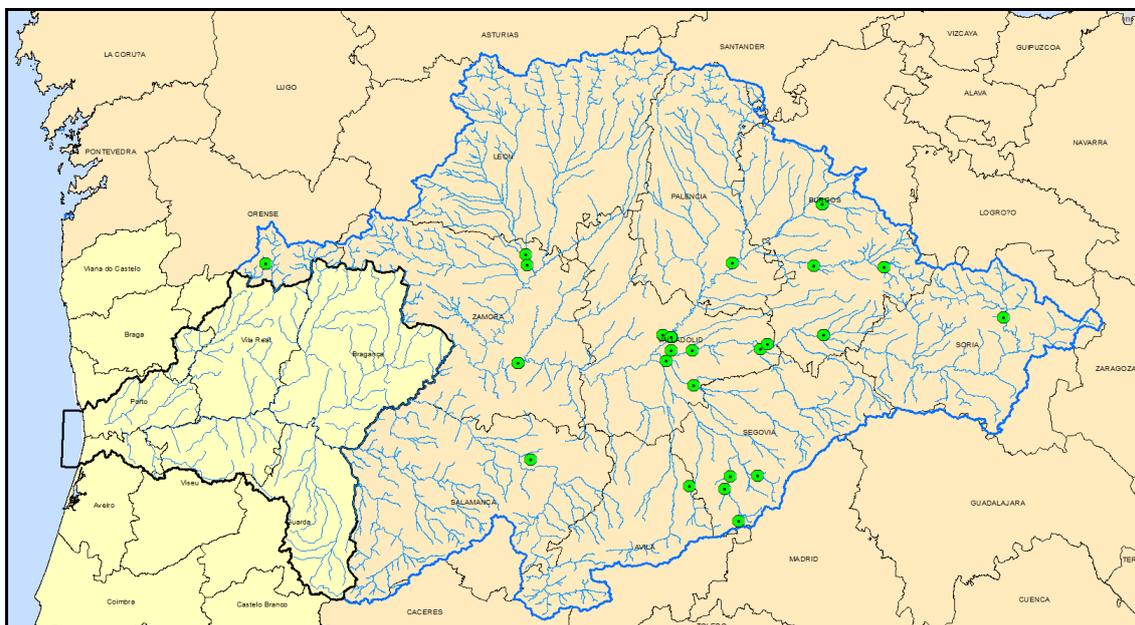


Figura 10. Expedientes principales por inundación extraordinaria producidos en el periodo 2005-2017 (Fuente CCS)

De esta forma se han detectado puntos de la red hidrográfica en los que se producen inundaciones recurrentes.

Estudios previos:

En la EPRI de 1º ciclo el conjunto de tramos históricos se completó con la recopilación de diversos estudios y proyectos existentes realizados sobre zonas potencialmente inundables.

Estos documentos de estudio, fueron realizados por la Confederación Hidrográfica tanto con la finalidad exclusiva de fijar los límites de inundación como son los referidos al proyecto LINDE (Deslindes del DPH), con delimitación de líneas probables de inundación para periodos de retorno (T) de 50, 100, 500 años o de máxima crecida ordinaria (MCO), como para identificar riesgos potenciales como en Alto Duero, Carrión, Arlanza, Esgueva o en Esla, Órbigo, Tera, Eria, y Cea en la Comarca de Benavente, o bien encuadrados en las Normas de Explotación de las presas y Planes de Emergencia (PEP's).

Otros estudios realizados por otros Organismos, como son Protección Civil de Castilla y León (InunCyL, Plan de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones en la Comunidad Autónoma de Castilla y León) y de la Universidad de Valladolid (Las inundaciones en Castilla y León, documento del año 2002 elaborado por Carlos G. Morales y Mª Teresa Ortega del Departamento de Geografía), entre otros, sirvieron para identificar zonas concretas de peligrosidad y riesgo y han contribuido a completar el Catálogo de Inundaciones de la Cuenca del Duero.

Todos estos estudios fueron referenciados sobre la base cartográfica del BCN25, MDTs y PNOA, preseleccionándose aquellas zonas en las que, según sus conclusiones, existe el peligro de sufrir una inundación y establecer el riesgo potencial asociado.

En esta fase de revisión de la EPRI, se han analizado los mapas de peligrosidad existentes, tanto los elaborados previamente a la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación vigente como los desarrollados en el ámbito del contrato de ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE CARTOGRAFÍA PARA EL SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) EN VARIOS TRAMOS DE CAUCES DE LA CUENCA DEL DUERO, ya que se detectó que algunos municipios se veían muy afectados por la llanura de inundación de los diferentes periodos de retorno y sin embargo no se incluyeron en el listado de ARPSIs del 1º ciclo.

Igualmente se recogió la información contenida en las “*Guías de respuesta ante episodios de inundaciones*” facilitadas por la Agencia de Protección civil de la Junta de Castilla y León.

Tramos de interés de diferentes organismos:

En esta fase se analizó la información facilitada por la Agencia de Protección Civil de la Junta de Castilla y León indicando tramos de ríos en los que a su juicio existe riesgo de inundaciones y en los que no existen mapas de peligrosidad y riesgo.

Estos tramos se han representado en una capa GIS que ha permitido cruzarlos con los eventos de inundación producidos en el periodo 2011 – junio 2018 y los anteriores reflejados en el Catálogo de Inundaciones Históricas en la Demarcación Hidrográfica del Duero.

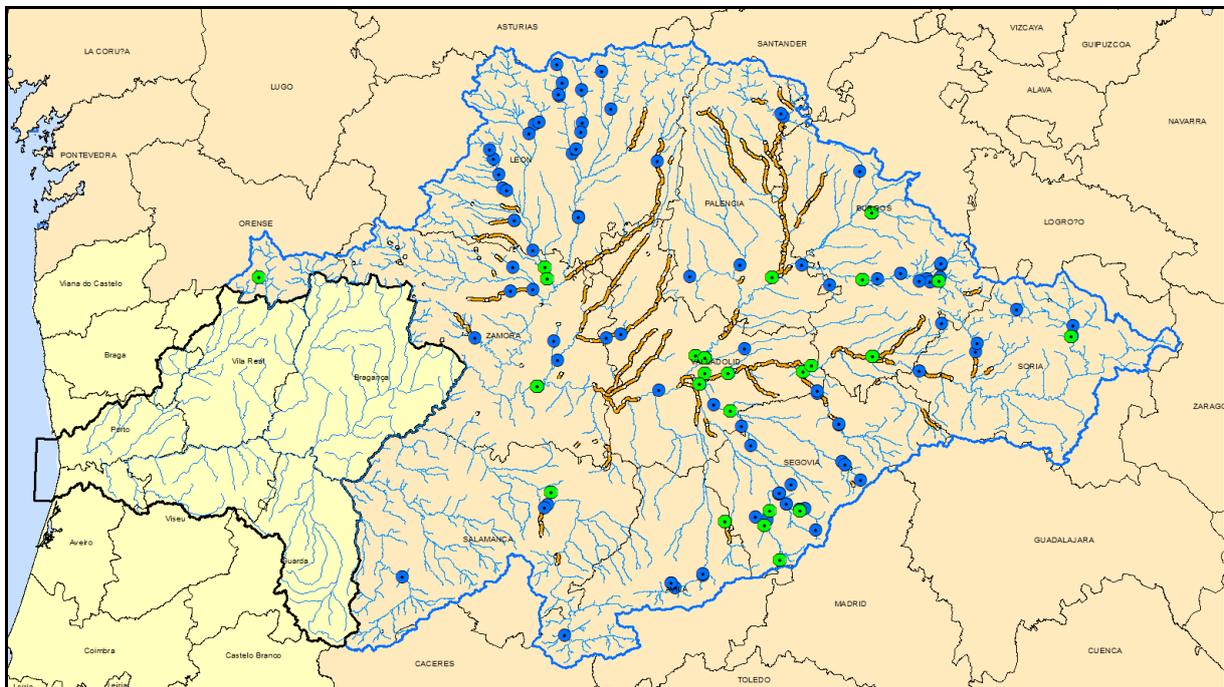


Figura 11. Cruce de tramos PC-CyL con Expedientes principales por inundación extraordinaria y Eventos de inundación 2011 – junio 2018

Zonas a investigar:

De esta forma se obtuvo una preselección de subtramos que se contrastó la inundabilidad del Mapa Geológico Digital de España (GEODE) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) descartando los tramos con inundabilidad menor de las categorías ALTA y ALTA-MEDIA.

La identificación de los subtramos se ha complementado con la visualización en ortofotografías de diferentes épocas y la consulta a la Guardería Fluvial de forma que los guardas de zona confirmarán la información y conclusiones respecto a la inundabilidad de estos tramos obtenidos previamente.

3.1.3 Propuesta de nuevas ARPSIs

El análisis del riesgo ante la posibilidad de inundaciones fluviales en la cuenca del Duero, se basa como en cualquier riesgo natural, en el estudio de los elementos que lo componen, estableciendo la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad que cada zona presenta.

RIESGO =	PELIGRO x EXPOSICIÓN x VULNERABILIDAD
-----------------	--

Una vez se identificaron conforme a los criterios establecidos en el apartado anterior aquellas zonas con importante peligro de inundación potencial, tanto históricas como conforme a la morfología fluvial que presentan o bien derivadas de estudios específicos o datos e información indicadora de tal peligro y adaptadas a la ordenación actual del territorio, se ha realizado en estas zonas un análisis de los bienes materiales y de población que actualmente, o en previsión de futuro, presentan un elevado índice de exposición y/o vulnerabilidad a los episodios de inundación, para poder determinar el riesgo que conlleva.

3.1.3.1 Criterios para la definición de umbrales de riesgo significativo

Para poder establecer unos umbrales o niveles de riesgo significativo, encaminados a poder clasificar y delimitar las distintas zonas de afección por riesgo de inundación, es necesario en primer lugar considerar el riesgo de inundaciones como un “riesgo multicausal”, que generalmente, no depende de un único proceso, sino que en la mayor parte de los episodios viene determinado por la combinación más o menos compleja de distintos factores.

En la mayor parte de los casos las inundaciones se deben a fenómenos climáticos extremos, relacionados con grandes precipitaciones acumuladas en un corto intervalo de tiempo, o bien debidas a descargas instantáneas o súbitos procesos de deshielo por elevaciones de temperatura. No obstante, tienen también gran importancia los deslizamientos de tierra, las roturas de presas o los movimientos sísmicos (de mínima incidencia en la cuenca del Duero, donde los materiales Terciarios que la cubren y las cadenas montañosas que las circundan presentan un alto grado de estabilidad tectónica).

El factor fundamental del riesgo viene determinado por la ACTIVIDAD ANTRÓPICA que ha generado la vulnerabilidad que los bienes y personas presentan en cada zona ante el peligro de inundación, así como el grado de exposición ante los distintos eventos que se puedan producir. Es por ello, que los principales criterios para clasificar el riesgo de inundación son

los usos del suelo (actividad y ubicación de las construcciones), y la distribución de la población. Respecto al primero, es de gran importancia considerar la situación geográfica de elementos sensibles y significativos (hospitales, centros de enseñanza, infraestructuras, etc).

En consecuencia, para determinar el riesgo potencial significativo, se debe considerar tanto el riesgo SOCIAL o HUMANO como el ECONÓMICO de los bienes potencialmente afectados.

VALORACIÓN DEL RIESGO DE DISTINTOS USOS o ACTIVIDADES						
<i>Usos del suelo o actividades</i>				<i>Vulnerabilidad/Exposición</i>		
<i>Actividad</i>	<i>Usos</i>	<i>Elemento SIOSE</i>	<i>Nº</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
<i>Áreas naturales o seminaturales</i>			1			X
<i>Zonas Húmedas</i>	<i>Activas naturales</i>	<i>Cobertura de agua</i>	2	X		
		<i>Áreas de ribera</i>	3	X		
	<i>Inducidas</i>	<i>Áreas de regadío</i>	4			X
		<i>Secano, prados y pastizales</i>	5			X
		<i>Bosques (coníferas, frondosas)</i>	6			X
		<i>Dehesas</i>	7			X
		<i>Áreas de matorral</i>	8			X
<i>Agricultura y ganadería</i>	<i>Extensivas</i>	<i>Terrenos sin vegetación</i>	9			X
	<i>Intensivas</i>	<i>Viñedos, frutales, huertas</i>	10		X	
		<i>Explotaciones ganaderas</i>	11	X		
<i>Recreativo y Ocio</i>		<i>Deportivo</i>	12			X
		<i>Parque recreativo</i>	13			
		<i>Camping</i>	14	X		
<i>Industrial</i>	<i>Industrias en general</i>	<i>Industrial general</i>	15	X	X	
	<i>Minero estratégico</i>	<i>Minero</i>	16	X		
	<i>Transformación</i>	<i>Industrial estratégico</i>	17	X		
	<i>Energético</i>					
	<i>Almacenaje</i>					
<i>Manipulación sustancias peligrosas</i>						
<i>Urbano Residencial</i>	<i>Construcciones aisladas</i>	<i>Urbano baja</i>	18		X	
	<i>Núcleos baja densidad</i>					
	<i>Núcleos alta densidad</i>	<i>Urbano alta</i>	19	X		
<i>Cascos históricos</i>						
<i>Servicios</i>	<i>Sanitarios</i>	<i>Servicios esenciales</i>	20	X		
	<i>Administrativo institucional</i>		21			
	<i>Bomberos</i>		22			
	<i>Educación</i>		23			
	<i>Penitenciarios</i>		24			
	<i>Hoteles</i>		25			
	<i>Comercial y Oficinas</i>		26			

	<i>EDAR, ETAP, Desaladoras</i>	<i>Otros Servicios</i>	27		X	
	<i>Centrales y Subestaciones</i>		28			
	<i>Cementerios</i>		29			X

A partir de los usos del suelo que se toman como característica de VULNERABILIDAD y también permiten establecer su EXPOSICIÓN conforme a su disposición frente a las avenidas, pueden de la misma forma ser clasificados los niveles de peligrosidad ante las inundaciones, completando las zonificaciones establecidas en función de los datos históricos, geomorfológicos, hidrológico-hidráulicos, meteorológicos, etc.

Para identificar las ÁREAS DE RIESGO ante el peligro que se puede generar por la elevación del nivel del agua en los diferentes cauces de la cuenca del Duero, se deben analizar los USOS de las diferentes zonas expuesta tras asignar un valor de ponderación a cada uno de los tipos de usos del suelo.

La clasificación de ALTO, MEDIO y BAJO determinada en el cuadro, se debe identificar para cada área, en función de los datos e información recopilada. Con respecto al cuadro anterior se puede sintetizar:

- 1.- Vulnerabilidad ALTA - Zonas urbanas edificadas, infraestructuras básicas
- 2.- Vulnerabilidad MEDIA o MODERADA - Suelo no edificado, otras construcciones
- 3.- Vulnerabilidad BAJA - Resto

Para el estudio del RIESGO generado por la presencia de infraestructuras, solo se consideran las **infraestructuras lineales** de comunicación y transporte, ya que las aéreas, superficiales o puntuales generalmente no tienen entidad métrica suficiente como para interactuar con las avenidas, y normalmente en su ubicación ya se han previsto las medidas correctoras necesarias para anular o mitigar el efecto de las avenidas. No obstante a todo ello, existen actuaciones individualizadas cuya repercusión ante las inundaciones han producido históricamente daños, que se han tenido en cuenta como elementos individualizados del riesgo.

Caso especial a considerar son las infraestructuras hidráulicas de entidad importante, como canalizaciones o grandes presas. Respecto a las canalizaciones, son tratadas como infraestructuras lineales. En relación a las grandes presas, es importante hacer constar que en aquellos cauces donde se han ubicado presas, el peligro de inundaciones se ha reducido considerablemente, y dadas las características de las infraestructuras construidas tampoco se aumenta la probabilidad de inundación por posible rotura de presas, ya que esta presenta un periodo de ocurrencia ultra-bajo por lo que puede considerarse este riesgo no significativo.

Respecto a otros obstáculos transversales existentes en los cauces, su incidencia ante las grandes crecidas o avenidas se reduce a un pequeño número, plenamente identificado y tenido en cuenta, del total de obstáculos transversales recogidos en el INVENTARIO DE OBSTÁCULOS TRANSVERSALES EN LOS CAUCES de la Confederación Hidrográfica del Duero.

VALORACIÓN DEL RIESGO POR PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS						
Tipo de Infraestructuras (*)				Exposición/Vulnerabilidad		
Actividad o Uso		Elemento SIOSE	Elemento IDECyL	Alta	Media	Baja
Red	Alta Velocidad	Red Ferroviaria	A. Velocidad	X		
	Vía normal		V. Normal		X	
	Vía estrecha		V. Estrecha			X
Red	Autovías y Autopistas	Autovías y Autopistas	Autovías y Autopistas	X		
	Red estatal	Red Interés general del Estado	Red Interés general del Estado	X		
	Red Regional Básica	Red Regional Básica	Red Regional Básica	X		
	Red Complementaria Preferente	Red Diputación	Red Diputación y Red Complementaria		X	
	Red Complementaria Local	Red Diputación	Red Local			X

(*) Normalmente incluyen medidas correctoras que modifican la vulnerabilidad

Para la identificación general de las infraestructuras se utiliza la información procedente del SIOSE, BCN25, IDECyL, Carreteras y CORINE 2000/06. Con esta información, se generó una capa shape, clasificando el orden e importancia de las vías de comunicación así como sus características. Si bien en esta base de datos, para la evaluación preliminar del riesgo, solamente se establece una básica diferenciación identificando las vías de comunicación respecto a la afección potencial sobre las personas y bienes como consecuencia de las inundaciones. En base a ello se establece una ponderación de las mismas atendiendo principalmente al tipo de vía afectada, diferenciándose entre carreteras y vías de ferrocarril. En el cuadro anterior se identifican las diferentes infraestructuras en función de su vulnerabilidad y exposición.

Para complementar los datos anteriores del uso del suelo y presencia de infraestructuras, e identificar el riesgo en relación al factor humano, se utilizan los DATOS POBLACIÓN EN USO URBANO a partir del Nomenclator que recoge los datos del padrón de habitantes - Secciones Censales del Instituto Nacional de Estadística.

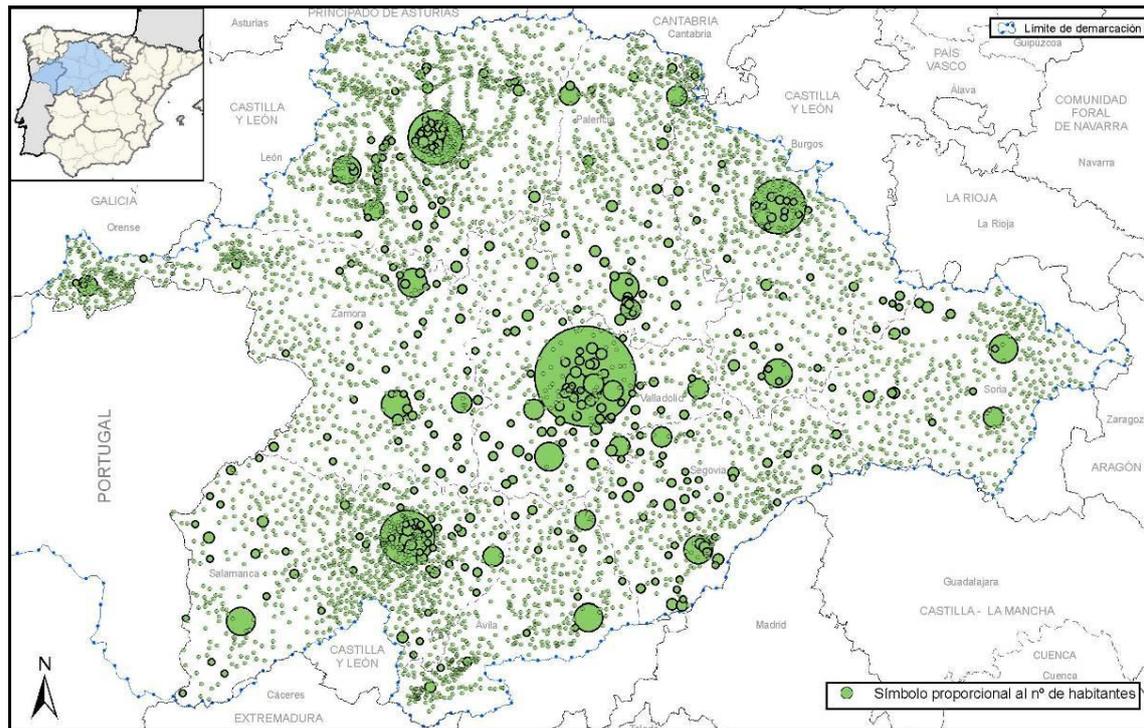


Figura 12. Distribución de población en la cuenca hidrográfica del Duero. Fuente C.H Duero

En la tabla siguiente se establecen unos umbrales para delimitar el nivel de riesgo tanto social o humano como económico que se deben aplicar como límites de los desastres o catástrofes producidos por inundaciones conforme a diferentes Organismos las categorías siguientes:

	RIESGO SOCIAL o HUMANO (Personas afectadas)		RIESGO ECONÓMICO (Bienes y servicios asegurados - B y S Asegurados o % Totales)	
Zona de Riesgo	VICTIMAS (año)		DAÑOS ANUALES PREVISIBLES	CON ACTUACIONES CORRECTORA
ALTO	> 10 Víctimas Mortales	> 100 afectados (heridos)	Entre 50 y 100% de B y S Asegurados	Se constata la posible modificación del riesgo por actuaciones realizadas o programadas
MEDIO	2 a 10 Víctimas Mortales	Entre 11 y 100 afectados (heridos)	Entre 50 y 75% de B y S Totales	
BAJO	< 2 Víctimas Mortales	< 10 afectados (heridos)	Entre 75 y 100% de B y S Totales (Destrucción completa)	

En consecuencia, como criterio general, se establece como área de riesgo ALTO, las zonas de frecuente GRAVE peligro para la integridad de las personas y alto costo económico de los daños producidos. Se clasifican como áreas de riesgo MEDIO, las zonas de frecuente inundación que NO SUPONEN PELIGRO para la vida humana y donde los daños materiales presentan un valor económico reponible. Y son áreas clasificadas como de riesgo BAJO las que se corresponde con zonas donde solo se producen inundaciones con carácter EXTRAORDINARIO.

3.1.3.2 Definición de umbrales e identificación de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación

En el cuadro siguiente se establecen valores o umbrales a considerar como resultado del cruce entre las diferentes bases de información descritas en el apartado anterior y cuyo resultado es la selección de aquellas áreas de máximo riesgo (valor 9) a identificar como **Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs)**.

RIESGO	PELIGROSIDAD	VULNERABILIDAD	VALOR
BAJO	BAJA	BAJA	1
BAJO	BAJA	MODERADA	2
MODERADO	BAJA	ALTA	3
BAJO	MODERADA	BAJA	2
MODERADO	MODERADA	MODERADA	4
ALTO	MODERADA	ALTA	6
MODERADO	ALTA	BAJA	3
ALTO	ALTA	MODERADA	6
ALTO	ALTA	ALTA	9

Una vez realizado el análisis pormenorizado de cada tramo y a partir de las consideraciones realizadas por técnicos de la Confederación Hidrográfica del Duero, se considera recomendable la inclusión de los nuevos tramos ARPSIs que aparecen en la figura siguiente:

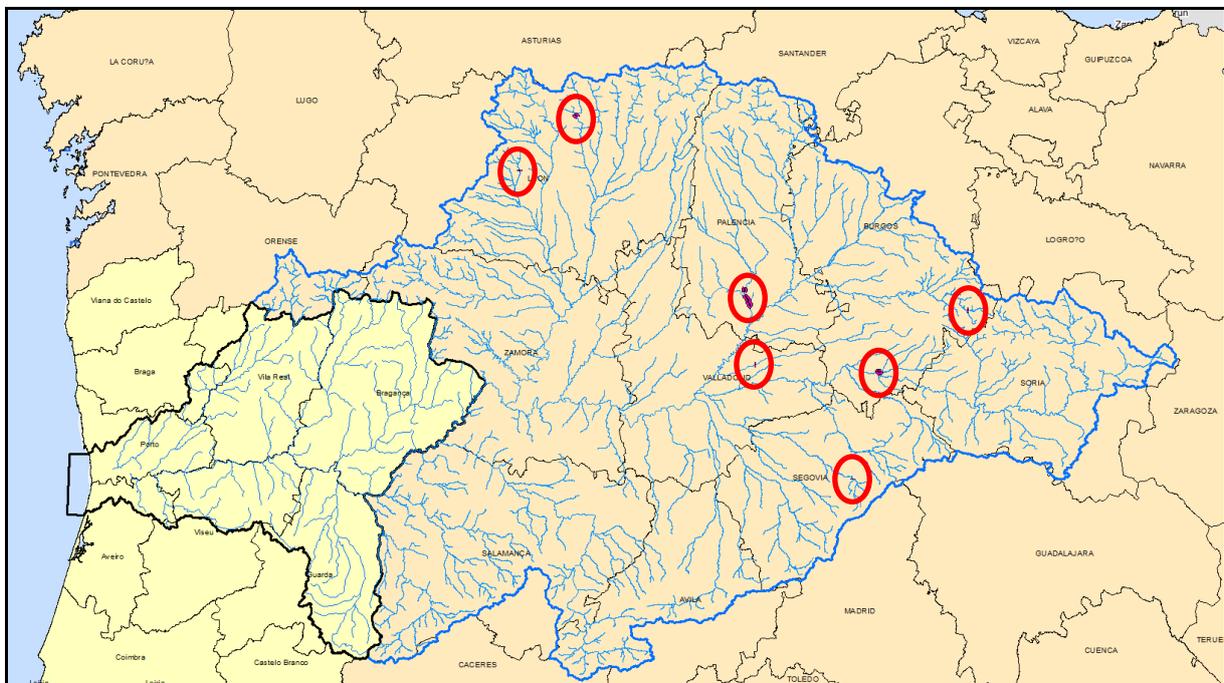


Figura 13. Propuesta nuevos subtramos de ARPSI 2º ciclo

Con carácter general, como áreas con riesgo significativo se han seleccionado aquellos donde el uso del suelo es alto y coincide con zonas aluviales y torrenciales definidas con inundabilidad alta, ya que se considera que presentan riesgo alto.

De esta forma se proponen 9 tramos que alcanzan una longitud total de 18,98 kilómetros. Estos tramos se han clasificado dentro de las ARPSIs existentes y se les ha asignado un código siguiendo la metodología utilizada en el 1º ciclo de implantación de la Directiva de Inundaciones explicada en el punto 1.4 de este documento.

CÓDIGO ARPSI	DENOMINACIÓN ARPSI	CAUCE	CÓDIGO TRAMO	SITUACIÓN	LONGITUD (km)
ES020/0005	ÓRBIGO-TUERTO-DUERNA	Tuerto	03- 1800042-04	Castrillo de Cepeda	0,78
ES020/0008	BERNESGA-TORÍO-PORMA	Bernesga	04-1800025-07	La Pola de Gordón	1,87
ES020/0013	CARRIÓN	Carrión	05-1800005-06	Grijota	2,4
ES020/0013	CARRIÓN	Carrión	05-1800005-07	Palencia	7,91
ES020/0014	PISUERGA-ESGUEVA	Esgueva	06-1800016-02	Villanueva de los Infantes	0,53
ES020/0019	ARLANZA	Arlanza	07-1800009-13	Palacios de la Sierra	1,06
ES020/0021	DUERO-UCERO-ESCALOTE	Duero	08-1800001-03	Aranda de Duero (río Duero)	2,47
ES020/0021	DUERO-UCERO-ESCALOTE	Bañuelos	08-1800080-01	Aranda de Duero (río Bañuelos)	1,49
ES020/0022	ADAJA-ERESMA-CEGA	Cega	10-1800011-03	Pajares de Pedraza	0,47

Tabla 7. Relación propuesta nuevos subtramos de ARPSI 2º ciclo

3.2. Inundaciones de origen pluvial

3.2.1 Aspectos metodológicos

Las inundaciones pluviales son aquellas que se producen derivadas de altas intensidades de precipitación, que pueden provocar daños “in situ” y que pueden evolucionar y derivar a su vez en inundaciones significativas cuando la escorrentía se concentra en corrientes de pequeña magnitud y producir desbordamientos. Como se ha comentado con anterioridad, de acuerdo el ámbito de aplicación del RD 903/2010, no se incluyen en esta categoría ni las inundaciones derivadas de problemas exclusivamente de falta de capacidad de las redes de alcantarillado urbano ni aquellas que no se deriven del desbordamiento de una corriente continua o discontinua.

Para la identificación de las zonas con mayor riesgo por inundación pluvial se han tenido tres factores con sus correspondientes estudios: histórico, topográfico e hidrometeorológico. Las zonas de mayor riesgo por inundación pluvial se identificarían a partir de la conjugación de estos tres factores y de los usos de suelo con más riesgo. Es decir, habría zonas que por sus características topográficas (zonas con falta de drenaje superficial), meteorológicas e

hidrológicas pueden potencialmente sufrir episodios de inundaciones pluviales. Por otra parte, se deben considerar las inundaciones ocurridas en el pasado con influencia pluvial y que pueden volver a producirse en el futuro en las mismas zonas. Todo ello, teniendo en cuenta que los usos de suelo de estas zonas sean usos de riesgo (que en este estudio son los usos urbanos). Estos factores son independientes del estado y capacidad de las redes de saneamiento, que pueden provocar inundaciones pluviales, pero quedan fuera del ámbito de este estudio. En la siguiente imagen se puede ver un esquema resumido de la metodología y aspectos tenidos en cuenta en este estudio de inundaciones pluviales:

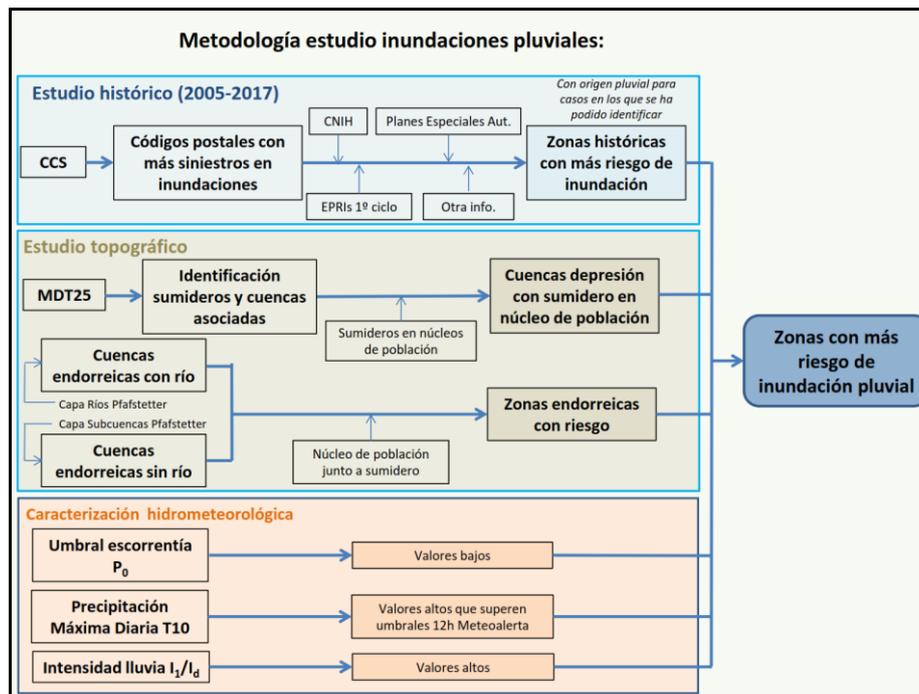


Figura 14. Esquema de la metodología de este estudio de inundaciones pluviales. Incluye información analizada y factores tenidos en cuenta para identificar las zonas con mayor riesgo de inundación pluvial.

3.2.2 Estudio histórico (2005-2017)

En el estudio histórico se analiza la ocurrencia de inundaciones pluviales en España en los últimos años, en base a la información disponible de eventos de inundación y daños ocasionados. Para ello se disponen de diversas fuentes, destacando por su nivel de detalle la información remitida por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) para este estudio, en la que se recopilan y localizan todos los datos de siniestros (expedientes) por inundación producidos en el periodo 2005-2017. Por esta razón, la información del CCS será la principal fuente, que se complementará con otras, y se usará dicho periodo de tiempo en este estudio histórico.

Las inundaciones consideradas por el CCS se ciñen a “inundaciones extraordinarias”, excluyéndose la inundación “costera/embate de mar”, pero no distinguiendo entre inundación fluvial y pluvial. Para discernir entre evento por inundación fluvial o pluvial, serán necesarios análisis posteriores y la consulta de otras fuentes en las que, en ocasiones, se incluya información sobre la causa de la inundación (por ejemplo, desbordamiento de un cauce), pero no siempre será posible realizar esta distinción.

Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para el estudio histórico son las siguientes, recopilando los datos disponibles para el periodo 2005-2017:

- Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), como base principal, por ser su registro de siniestros más sistemático, completo, cuantificado y actualizado. La información disponible son tablas proporcionadas a efectos de este estudio por el propio CCS.
- Otras fuentes:
 - Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH) de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCyE), a través de su plataforma web. Actualizado a diciembre de 2010.
 - Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación del primer ciclo, recopilación de inundaciones históricas. Generalmente, recogen las inundaciones acaecidas en cada Demarcación hasta 2010.
 - Planes Especiales autonómicos de Protección Civil ante el riesgo de inundación. En ellos es posible encontrar identificadas zonas de riesgo por precipitación “in situ”, o una recopilación de inundaciones históricas.
 - Resúmenes ejecutivos de episodios de inundaciones octubre 2009-septiembre 2011 del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM). Eran publicaciones con periodicidad semanal en el que se recogían los principales episodios de inundaciones registrados en cada cuenca así como los daños ocasionados.
 - Informes de seguimiento de los PGRI 2016. Cada informe contiene un apartado en el que, si hubiera, se describen los episodios más importantes de inundación ocurridos en ese año.
 - Otras fuentes, como puedan ser por ejemplo, la web de la CH Segura donde existe una página dedicada a la recopilación de riadas en la cuenca a lo largo de la historia.

Información del CCS

Las tablas remitidas por el CCS para este estudio incluyen todos los datos de siniestros (expedientes) por inundación extraordinaria producidos en el periodo 2005-2017 en cada provincia, y recogen la fecha del siniestro, localización (código postal, municipio/población, provincia y autonomía), causa (tipo de siniestro) y riesgo (bien afectado).

El tipo de bien afectado incluye bienes inmuebles (viviendas y comunidades de propietarios; oficinas; industriales; comercios, almacenes y resto de riesgos) y obras civiles. De estos bienes, las viviendas y comunidades de propietarios son las que tienen, con diferencia, el mayor número de siniestros recogidos. Se excluyen los vehículos automóviles del análisis de los siniestros ya que no permiten la localización del lugar de ocurrencia de la inundación

(los expedientes se localizan por el taller donde se reparan y no por el lugar de ocurrencia del siniestro) y no pueden analizarse de forma homogénea-agregable con los bienes inmuebles y obras civiles. Por tanto, los usos de suelo afectados son necesariamente urbano (concentrado o disperso), industrial, infraestructuras (obra civil) y equipamiento municipal (infraestructura deportiva, social, etc.), excluyéndose los usos agrarios, que cubre en el ámbito del aseguramiento ENESA.

Los datos remitidos por el CCS se han agregado por código postal (CP) para el periodo 2005-2017, teniendo en cuenta que puede haber municipios con varios CCPP, o un CP que se extienda por varios municipios. La cartografía de códigos postales utilizados data de 2015.

El número de siniestros por inundación registrados por el CCS en la DH Duero es inferior al de otras Demarcaciones (como Segura, Júcar o Cantábrico), en las que se dan algunos códigos postales con más de 500 o siniestros. Si bien hay que tener en cuenta que los ciudades de Valladolid, Salamanca y León sí que suman numerosos siniestros aunque repartidos entre sus códigos postales. Sumando los CCPP de estos tres municipios, Valladolid suma unos 1517 siniestros, Salamanca 573 siniestros y León 449 siniestros.

Así, para la DH Duero, se ha obtenido el mapa de siniestros por CP que se expone más abajo y que se compara con las ARPSIs del 1º ciclo y que se detalla para las zonas de Valladolid, Salamanca y León, cuyos CCPP registran más siniestros.

También se incluye una tabla con los CCPP con más siniestros (más de 140), las fechas concretas con más siniestros registrados (más de 140) y un ejemplo con los datos de tipos de bienes siniestrados en el evento del 7 de septiembre de 2013 en el CP 47140 (Laguna de Duero) (el de mayor número de siniestros en un CP en una fecha concreta en el periodo 2005-2017).

**No se han tenido en cuenta los códigos postales con siniestros que tienen una pequeña parte dentro del ámbito de la Demarcación pero cuyo núcleo o núcleos de población se encuentran en otra Demarcación (son generalmente pequeñas poblaciones en el límite de la Demarcación con pocos siniestros).*

CÓDIGO POSTAL	TÉRMINO MUNICIPAL (POBLACIÓN O ZONA)	PROVINCIA	Nº SINIESTROS 2005-2017
47140	Laguna de Duero	Valladolid	340
24010	San Andrés del Rabanedo (Trobajo del Camino) y León (Barrio de Pinilla)	León	179
47004	Valladolid (centro sur)	Valladolid	162
47012	Valladolid (este y sur, P.I. San Cristóbal)	Valladolid	161
47013	Valladolid (Las Delicias y sur)	Valladolid	153
47008	Valladolid (suroeste)	Valladolid	145

Tabla 8. Códigos postales en la DH Duero con mayor número de siniestros (más de 140) por inundación registrados por el CCS en el periodo 2005-2017. Se indican los términos municipales y, en su caso, las poblaciones o lugares que abarca el código postal (si el CP abarca solo una parte de las poblaciones dentro del término municipal)

FECHA SINIESTRO	Nº SINIESTROS	
	Total	De los cuales
30/05/2011	661	111 en el CP 47013 (Valladolid) y 98 en CP 47004 (Valladolid)
07/09/2013	365	270 en el CP 47140 (Laguna de Duero)
19/05/2007	288	73 en el CP 24010 (San Andrés del Rabanedo y León)
25/08/2007	231	27 en el CP 47420 (Íscar)
23/06/2008	200	28 en el CP 37001 (Salamanca)
16/06/2006	191	39 en el CP 47014 (Valladolid)
27/07/2012	163	79 en el CP 24750 (La Bañeza)

Tabla 9. Fechas con mayor número de siniestros (más de 140) según el CCS en la DH Duero en el periodo 2005-2017. En la columna de la derecha se destacan el número de siniestros en los códigos postales con más siniestros en cada fecha

CP 47140 (LAGUNA DE DUERO). EVENTO 7 DE SEPTIEMBRE 2013 FUENTE: CCS	
Tipo de bien afectado	Número siniestros
Comercios, almacenes y resto de riesgos	20
Industriales	3
Viviendas y comunidades de propietarios	247
Total siniestros	270

Tabla 10. Ejemplo de información sobre tipo de bien afectado y siniestros del evento del 7 de septiembre de 2013 en el CP 47140 (Laguna de Duero)

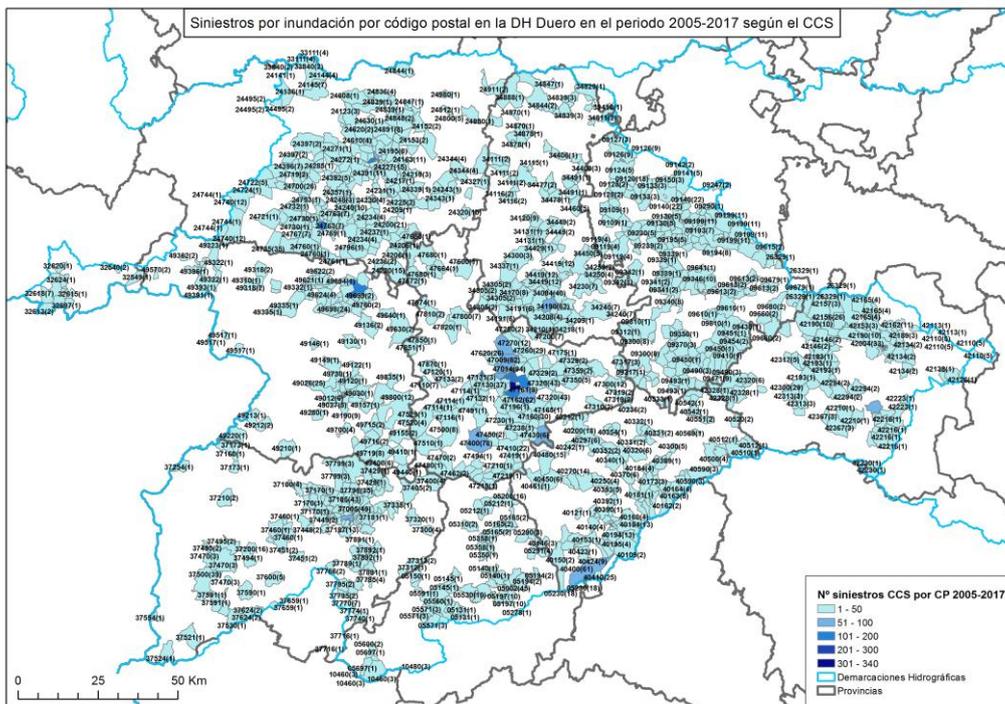


Figura 15. Siniestros por inundación por código postal recopilados por el CCS en el periodo 2005-2017 en la DH Duero.

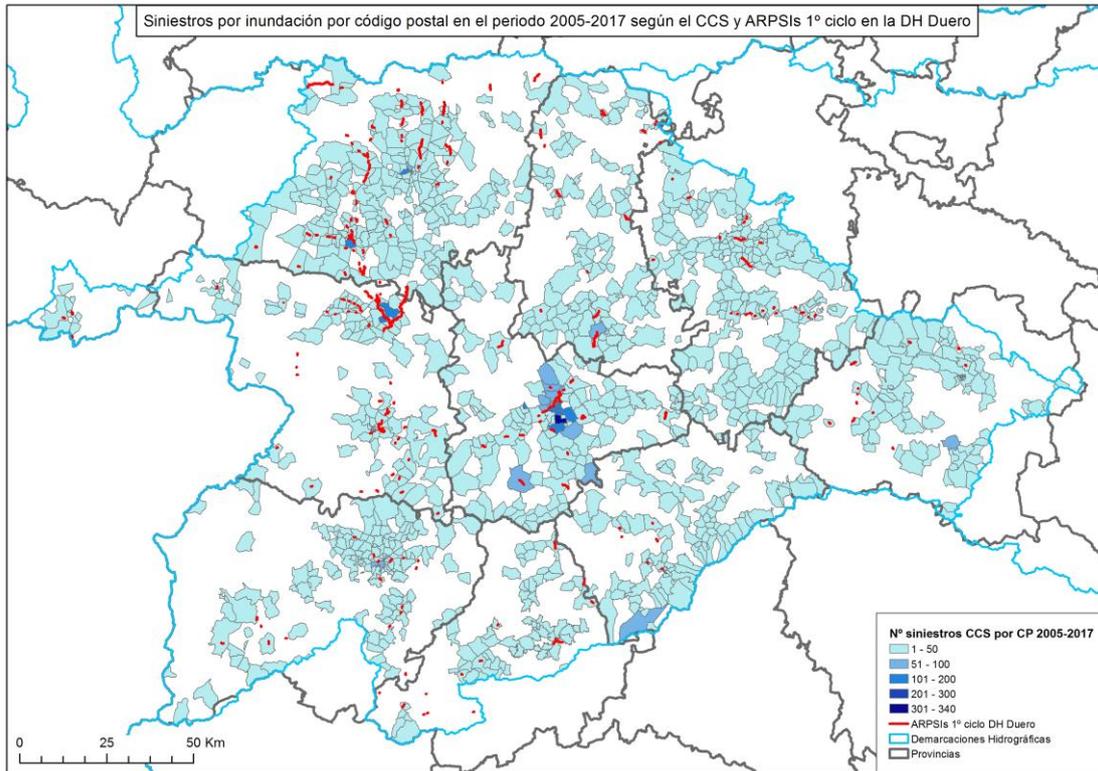


Figura 16. Siniestros por inundación recopilados por inundación por el CCS en el periodo 2005-2017 y ARPSIs del 1º ciclo en la DH Duero.

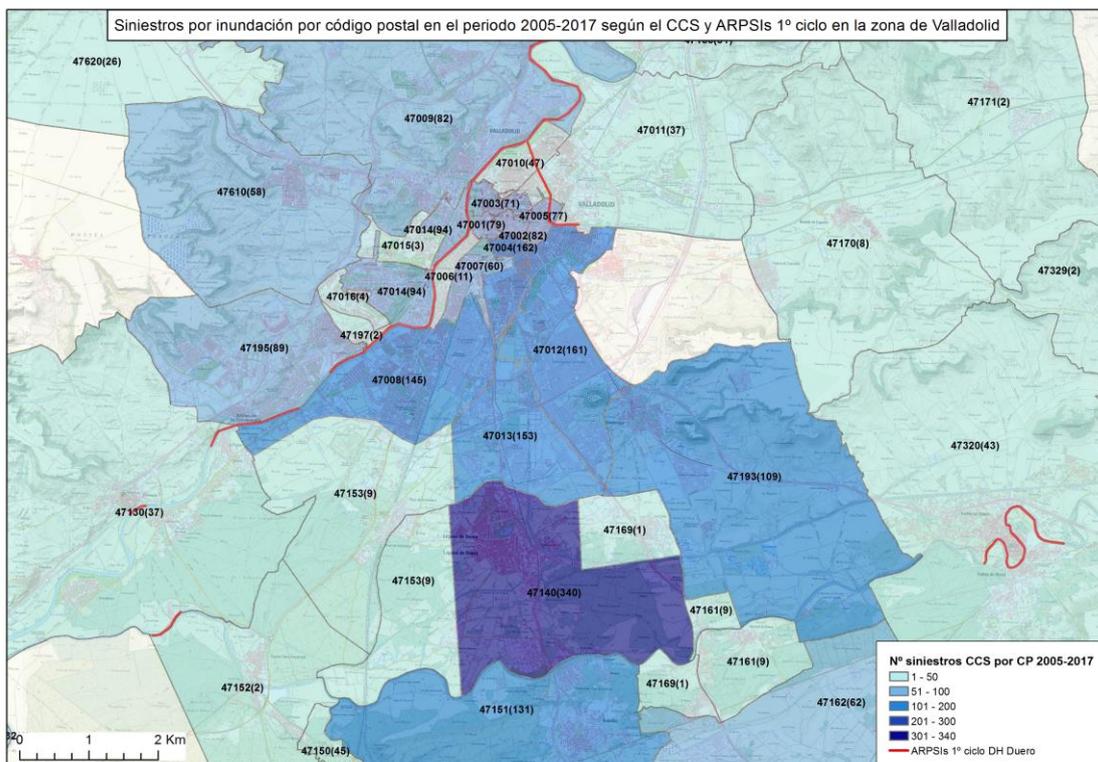


Figura 17. Siniestros por inundación recopilados por inundación por el CCS en el periodo 2005-2017 en la zona de Valladolid. Se muestran también las ARPSIs del 1º ciclo y el mapa ráster del IGN de fondo.

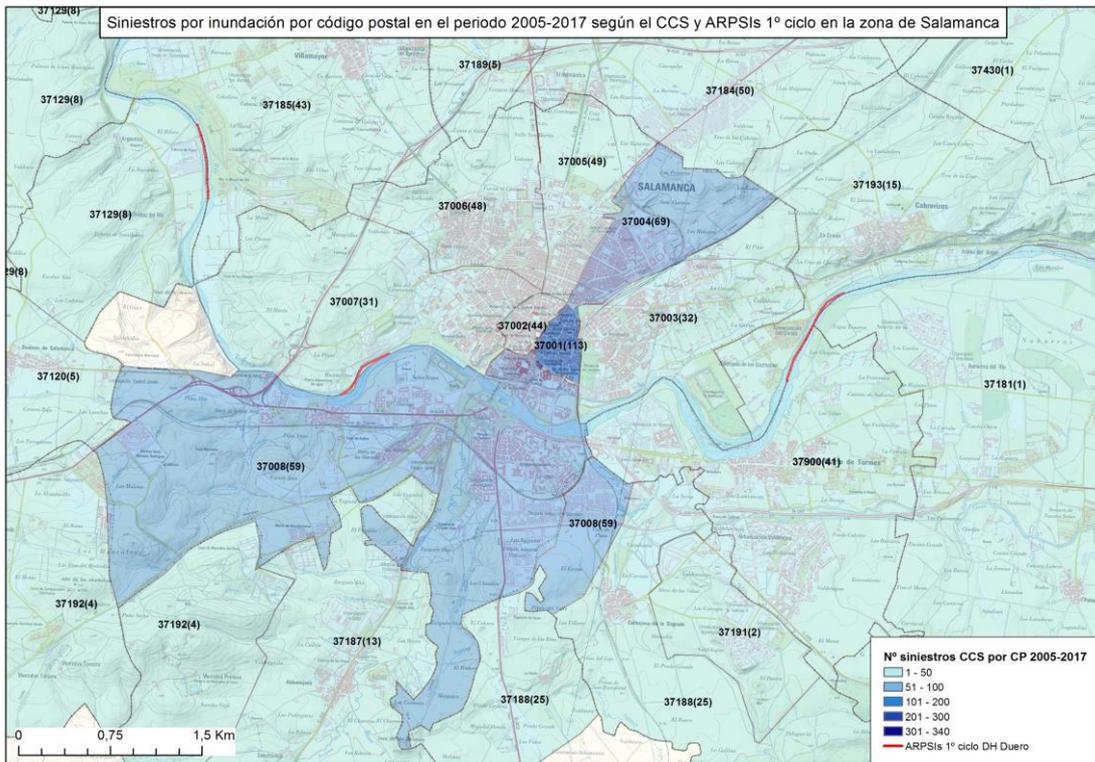


Figura 18. Siniestros por inundación recopilados por inundación por el CCS en el periodo 2005-2017 en la zona de Salamanca. Se muestran también las ARPSIs del 1º ciclo y el mapa ráster del IGN de fondo.

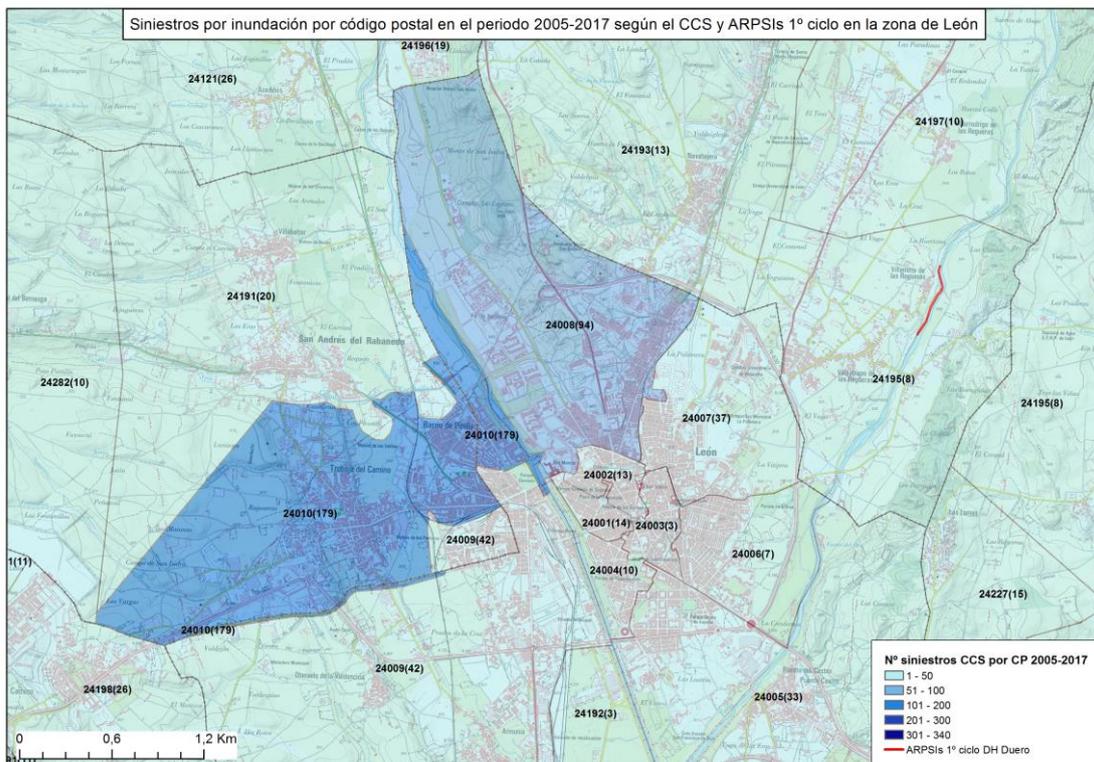


Figura 19. Siniestros por inundación recopilados por inundación por el CCS en el periodo 2005-2017 en la zona de León. Se muestran también las ARPSIs del 1º ciclo y el mapa ráster del IGN de fondo.

Otra información histórica

- Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH)

La información de eventos de inundación del CNIH suele ser bastante completa si bien se ofrece hasta diciembre del año 2010 como última fecha de actualización, es decir, no se disponen de los episodios de los últimos años (2011-2017). Además, hay disparidad en la relación de la magnitud de episodios registrados, el nivel de detalle en cada episodio es variable y no todos los campos de datos disponen de información, la información de daños se dispone por municipios (no especifica población o núcleo urbano afectado) y no se distingue la tipología de inundación (pluvial, fluvial, etc.), aunque puede haber información hidrológica disponible.

Parte de la información disponible proviene de datos del CCS, por lo que es redundante con las tablas proporcionadas por el CCS, cuya información es más completa y detallada. Por ello y por no ser relevante en este estudio histórico, la información que contiene el CNIH sobre indemnizaciones y subvenciones no se incluye.

Para la DH Duero en el periodo 2005-2010, el CNIH tiene registrados 13 episodios de inundación, cuya información se puede consultar la [aplicación web del CNIH](#).

- EPRI 1º ciclo

En los documentos de la EPRI del primer ciclo, las Demarcaciones realizaron un estudio de las inundaciones históricas, más o menos detallado según los casos. Se ha consultado esta recopilación de eventos para aquellos acaecidos entre 2005 y 2010, si bien, en general, suele ceñirse a inundaciones fluviales.

En el caso de la DH Duero, en el anejo 1 de su EPRI se recoge un listado de inundaciones históricas pero siempre con cauces asociados, no mencionándose en este listado inundaciones pluviales o por precipitaciones in situ.

- Planes Especiales autonómicos de Protección Civil ante el riesgo de inundación

En el análisis del riesgo que se realiza en los Planes Especiales autonómicos, es posible encontrar identificadas zonas de riesgo por precipitación “in situ”, un tipo de inundación que deben analizar los Planes Especiales de acuerdo a la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, y que sería un concepto similar a las inundaciones pluviales. En los Planes Especiales se suele realizar un estudio histórico de las inundaciones y se procede a identificar las zonas de riesgo, pudiendo incorporar cartografía asociada.

Actualmente, todas las comunidades autónomas tienen aprobados Planes Especiales ante el riesgo de inundación excepto La Rioja (en tramitación) y Madrid (en elaboración).

En el caso de la DH Duero, son ocho las comunidades autónomas dentro de su ámbito territorial: Asturias, Cantabria, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Extremadura, Galicia, La Rioja y Madrid. Todas ellas, excepto La Rioja y Madrid, tienen Planes Especiales aprobados, sin embargo, de las ocho comunidades, únicamente Castilla y León y Galicia tienen una parte de territorio relevante dentro de la DH Duero, mientras que en el resto de comunidades

el territorio dentro de la DH Duero es muy pequeño. Por ello, solo se analizarán los planes especiales de Castilla y León y Galicia, cuya información más relevante sobre inundaciones pluviales o zonas de riesgo por inundación pluvial se resume a continuación:

- En el Plan de protección civil ante el riesgo de inundaciones en la comunidad autónoma de Castilla y León (“Inuncyl”), aprobado en 2010, se realiza un análisis de la peligrosidad in situ (apartado 2.3.2.1 de la Memoria), en el que se analizan las inundaciones por precipitaciones in situ de forma cualitativa generándose una cartografía localizando los territorios con mayor peligrosidad. Esta cartografía no está disponible públicamente online, aunque en el Inuncyl se expone de forma breve la metodología seguida para su generación que, por su interés, se cita a continuación:

“Este tipo de inundaciones suelen originarse cuando las precipitaciones son de fuerte intensidad y el territorio no es capaz de drenar el agua con la misma rapidez. Por tanto, la intensidad de la precipitación se convierte en un factor determinante, así como la geomorfología del territorio ya que son las zonas llanas y cóncavas donde el peligro de este tipo de precipitación es más acusado.

A partir de los datos de De Salas Regalado (2005), se ha generado una cartografía para Intensidades Máximas Anuales (mm) para 1 y 12 h y distintos períodos de retorno ($T=2, 10, 50$ y 100 años), con una resolución espacial de 1×1 km (resolución suficiente, ya que no es una variable que presente cambios espaciales importantes).

Así mismo, se ha generado un Mapa de Curvatura del Terreno a partir del MDT de 25×25 m de resolución espacial. En dicho mapa, el terreno presenta forma cóncava si los valores son negativos, convexa para valores superiores a 0, y llana para valores iguales a 0.

La última variable que se ha tenido en cuenta en este análisis ha sido la Tasa de Infiltración Mínima del Suelo (f_c). Para ello se ha utilizado el mapa generado por Ferrer (2003), con una resolución espacial de 1×1 km.

Con el fin de determinar cuáles son las áreas más conflictivas del territorio en cuanto a la precipitación in situ (para distintas intensidades y períodos de retorno), se han combinado las variables anteriormente presentadas mediante operaciones de superposición con SIG, empleando para ello la siguiente expresión:

(Intensidad $> f_c$) y (curvatura ≤ 0)

Como resultado del análisis, se ha generado un mapa de intensidad de precipitación para distintas duraciones y T , para el conjunto del territorio (mapas IDF), mapa de pendientes (se considera que las áreas que muestran una mayor peligrosidad son las que tienen un valor menor o igual a 3% de pendiente) y curvatura ≤ 0 .”

- En el Plan especial de protección civil ante el riesgo de inundaciones en Galicia (“Inungal”), cuya última revisión se aprobó en 2016, ya incorpora los trabajos realizados para la implantación de la Directiva de Inundaciones, por lo que a la cartografía de inundaciones es la misma que la del SNCZI. Respecto a los tipos de inundaciones existentes en la comunidad, el apartado 5 del Inungal “Identificación de las inundaciones” se dice que “Salvo algún caso de inundación puntual por una precipitación intensa muy fuerte en corto periodo de tiempo, las inundaciones que

tienen lugar en Galicia siempre van precedidas de períodos de lluvia continua en periodos de tiempo largos y uno o varios días a continuación con fuertes precipitaciones en periodos de tiempo cortos.” Y se dice sobre las inundaciones por precipitaciones in situ: son “inundaciones locales producidas por lluvias muy intensas; pueden afectar a cualquier punto del territorio, destacando por su gravedad las producidas en entornos urbanos, sobre todo después de un periodo prolongado sin lluvias por falta de limpieza de las cunetas y los desagües. Se ven aún más agravadas con el concurso de pleamar en zonas costeras.”

Si bien, en el anexo 1, apartado 2.5.3 “Otras consideraciones respecto al riesgo” se dice que *“Todavía sin saber el alcance del cambio climático En la última década hay un aumento de los fenómenos del tipo de ciclogénesis explosiva, con lluvias y vientos muy fuertes y de formación muy rápida. La precipitación es de gran intensidad y de poca duración, el suelo no tiene tiempo para saturar y se puede ocurrir una escorrentía de tipo torrencial.*

Para conocer las zonas de mayor riesgo por precipitación “in situ”, se realizó un estudio de los registros de incidencias por inundaciones en el CIAE 112 durante los últimos 10 años para conocer los municipios más sensibles a las inundaciones de este tipo, constatando que son los núcleos urbanos y las zonas de costa como las más afectadas por las inundaciones derivadas por la precipitación intensa.”

Finalmente, en el Inungal se citan concejos que deben realizar Planes de Actuación Municipal (PAM) por riesgo por precipitaciones in situ (además de los que deben realizarlo por estar en ARPSIs), pero todos ellos se localizan fuera del ámbito de la DH Duero.

- Resúmenes ejecutivos de inundaciones del MARM octubre 2009-septiembre 2011

Los resúmenes ejecutivos de los episodios de inundaciones elaborados por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) eran publicaciones con periodicidad semanal en el que se recogían los principales episodios de inundaciones registrados en cada cuenca así como los daños ocasionados. Se publicaron desde la semana del 10 de marzo de 2010 hasta la semana del 10 de octubre de 2011, si bien en el informe de la semana del 29 de septiembre de 2010 se recogía un resumen de todas las inundaciones y sus efectos en el año hidrológico 2009-2010 (octubre 2009-septiembre 2010) en cada cuenca inter e intracomunitaria.

Estos resúmenes ejecutivos mencionan los siguientes eventos en la DH Duero, que se recopilan en la siguiente tabla (la descripción del evento se ha simplificado):

EVENTOS DH DUERO EN LOS RESÚMENES EJECUTIVOS INUNDACIONES MARM 2009-2011	
Fecha	Descripción evento. Zonas y ríos afectados
Octubre 2009	Valladolid, Toro y Zamora
Noviembre 2009	Niveles de alerta en Matallana de Torio, Benamariel, Caldas y Secos del Porma
Finales diciembre 2009 y principios enero 2010	Inundaciones en casi toda la cuenca, afectando a las provincias de Ourense, Zamora, León, Burgos, Soria, Salamanca y Valladolid

EVENTOS DH DUERO EN LOS RESÚMENES EJECUTIVOS INUNDACIONES MARM 2009-2011	
Fecha	Descripción evento. Zonas y ríos afectados
Mediados enero 2010	Avenidas en ríos Valdavia, Támega, Odra, Pisuerga, Negro, Arlanza, Arlanzón, Ubierna, Tera, Cea, Carrión, Ucero, Órbigo y Duero
Finales febrero 2010	Avenidas en ríos Esla, Valderaduey, Tormes, Cea, Porma, Pisuerga, Carrión, Duero, Lucio etc.
Principios marzo 2010	Avenidas en ríos Arlanza, Bermesga, Carrión, Cea, Duero, Esla, Negro, Órbigo, Pisuerga, Támega, Tera, Torme, Valdavia. En Camposillo, Santa Eulalia de Río Negro, Matallana de Torio, Celadilla del Río, Cebrones, Embalse de Cervera, Benamariel y Villoldo y La Magdalena
Principios abril 2010	Avenida río Órbigo
Mediados junio 2010	Avenida ríos Órbigo, Porma, Pisuerga, Bernesga y Torio. Zona de Barrios de Luna
6-9 diciembre 2010	Avenidas ríos Támega, Negro, Tormes, Valdavia, Pisuerga, Torío. Afecciones a fincas y vías de comunicación
7-9 enero 2011	Avenidas ríos Pisuerga, Carrión, Cea, Tera, Ubierna, Rivera, Támega, Órbigo, Valdavia, Esla, Bermesga, Porma, Toría, Tormes, Negro. Afecciones a fincas y vías de comunicación
10-12 enero 2011	Avenidas ríos Rivera, Pisuerga, Carrión, Cea. Afecciones a fincas y vías de comunicación

Tabla 11. Eventos de inundación acaecidos en la DH Duero según los resúmenes ejecutivos MARM octubre 2009-septiembre 2011

- Informes seguimiento PGRI 2016

Para los eventos de inundación en 2016, se puede encontrar información sobre los episodios de inundación más importantes en los informes de seguimiento de los PGRI que cada Demarcación elaboró en su apartado 3 denominado “Principales eventos de inundación en el año 2016”. En el caso del Informe de seguimiento del PGRI de la DH Duero se recoge que *“no se han producido episodios de inundación relevantes en el año 2016”*.

3.2.3 Estudio topográfico

En el estudio topográfico se pretenden identificar las zonas endorreicas y con falta de drenaje superficial que puedan ser potenciales zonas de riesgo de inundación pluvial. Para ello, se realizan dos análisis diferentes: identificación de depresiones y sus cuencas asociadas a partir del MDT25 e identificación de cuencas endorreicas. En ambos análisis la determinación de zonas de más riesgo va ligada a la existencia de usos de suelo urbanos, que serán los núcleos urbanos según los datos de la BCN200.

Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas (información cartográfica principalmente) para el estudio topográfico se describen a continuación según los datos necesarios en cada uno de los dos análisis. Todos los datos cartográficos se tratan con el sistema geográfico de referencia ETRS89 y huso 30.

- Análisis del MDT25
 - MDT25 (Modelo Digital del Terreno con paso de malla de 25 metros). Elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), está disponible en el Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y, de acuerdo al propio CNIG, es resultado de la interpolación de MDTs de 5 m de paso de malla procedente de la interpolación a partir de la clase terreno de vuelos LIDAR del PNOA obtenidas por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del PNOA.
 - BCN200 (Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000). Está disponible en el Centro de descargas del CNIG y su última versión data de 2011. Contiene numerosas capas shape de información sobre varios temas: límites administrativos, relieve, hidrografía, usos del suelo (sin datos), edificaciones y núcleos urbanos, vías de comunicación, conducciones y vértices. Para este estudio se considera la capa (poligonal) “BCN200_0501S_NUC_POB”, que contiene los núcleos de población de toda España (con el nombre, población de cada núcleo, código INE...) y que se considera de suficiente resolución y detalle para este estudio. Según el Diccionario de datos BCN200 del IGN, y tal y como define el INE, “se considera Núcleo de población a un conjunto de al menos diez edificaciones, que están formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción el número de edificaciones podrá ser inferior a 10, siempre que la población de derecho supere los 50 habitantes”.

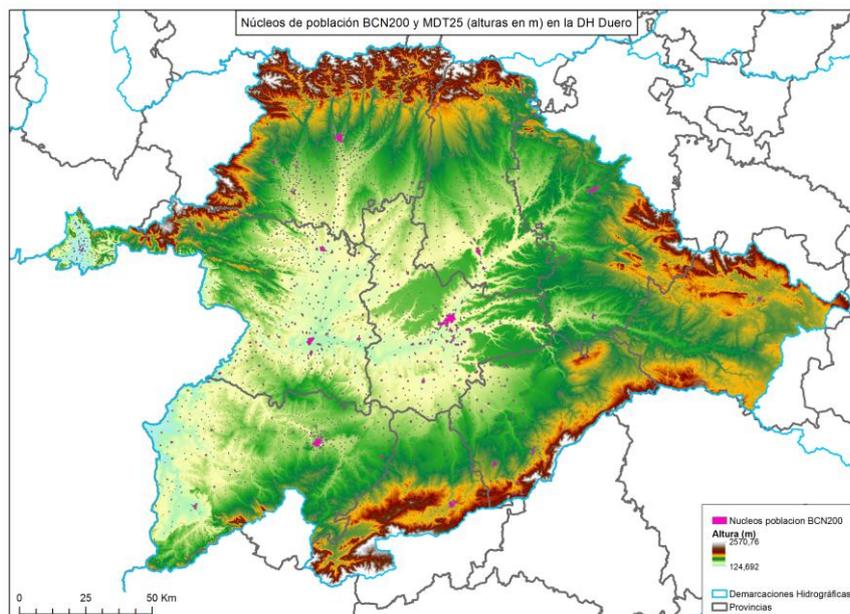


Figura 20. Núcleos de población BCN200 y alturas (según el MDT) en la DH Duero

- Cuencas endorreicas
 - Ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado. Esta cartografía recoge todos los tramos de ríos de más de un kilómetro de longitud, clasificados según el método Pfafstetter modificado, partiendo de la cartografía 1:25.000 del IGN modificada. Está disponible en la web de la IDE del MAPAMA en formato shape para toda España, su última versión es de marzo de 2018 y es el resultado de un trabajo realizado en 2013 por el CEDEX para el MAPAMA.
 - Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado. También disponible en la IDE del MAPAMA, esta cartografía se deriva de la de Ríos completos anteriormente mencionada.
 - BCN200. Núcleos de población, según lo anteriormente comentado.
 - CORINE Land Cover 2012 (CLC2012). Este mapa de ocupación del suelo en España correspondiente al proyecto europeo CORINE Land Cover (CLC) versión de 2012, está disponible en el Centro de Descargas del CNIG a escala 1:100000. Solo se tendrán en cuenta los usos urbanos como uso de riesgo.
 - Ortofoto de máxima actualidad del proyecto PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) del IGN. Disponible en el Centro de Descargas del CNIG
 - Cartografía ráster del IGN a escala 1:25000. Generado por medio de una rasterización digital del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25000 (MTN25).
 - MDT25. Según lo anteriormente comentado. Se utilizará para identificar los puntos de sumidero y zonas más bajas de las cuencas endorreicas.

Análisis del MDT25: identificación de depresiones y sus cuencas asociadas

Para la identificación de zonas con falta de drenaje sobre el MDT25 se ha realizado un análisis SIG mediante la herramienta “Depression Evaluation” del programa ArcGIS. Esta herramienta permite identificar cada depresión (o sumidero) en el MDT (celda que está a una altura menor que las de su alrededor) y su área de drenaje. Es decir, se identifican las cuencas que estarían desconectadas del resto de la red hidrográfica y no drenan a otra cuenca (el agua se acumularía en el sumidero). Las cuencas de depresión escogidas serán las que contengan los puntos de depresión (o sumideros) dentro de un núcleo de población como uso de suelo con riesgo.

Resumidamente, en el análisis del MDT25 se han realizado los siguientes pasos:

1. Ejecución de la herramienta “Depression Evaluation” de ArcGIS sobre el MDT25 para cada Demarcación Hidrográfica (MDT sin “rellenar”). La herramienta “Depression Evaluation” realiza los siguientes pasos:
 - Relleno del MDT y creación de la Depresión (o sumidero) mediante la sustracción (resta) del MDT al MDT relleno.
 - Creación de las Direcciones de Flujo asociadas al MDT relleno.

- Creación de las áreas de drenaje asociadas a la Depresión usando las Direcciones de Flujo.
2. Cruce con los núcleos de población de la BCN200: se identificarán aquellas cuencas de depresión asociadas a usos del suelo con riesgo, es decir, que su cierre (sumidero o depresión) esté dentro de dicho núcleo (estando la zona de falta de drenaje dentro del núcleo de población).
 3. Se fusionan las cuencas colindantes (con sumidero dentro del núcleo de población) para dar lugar a cuencas mayores, ya que suelen ser de tamaño muy pequeño.

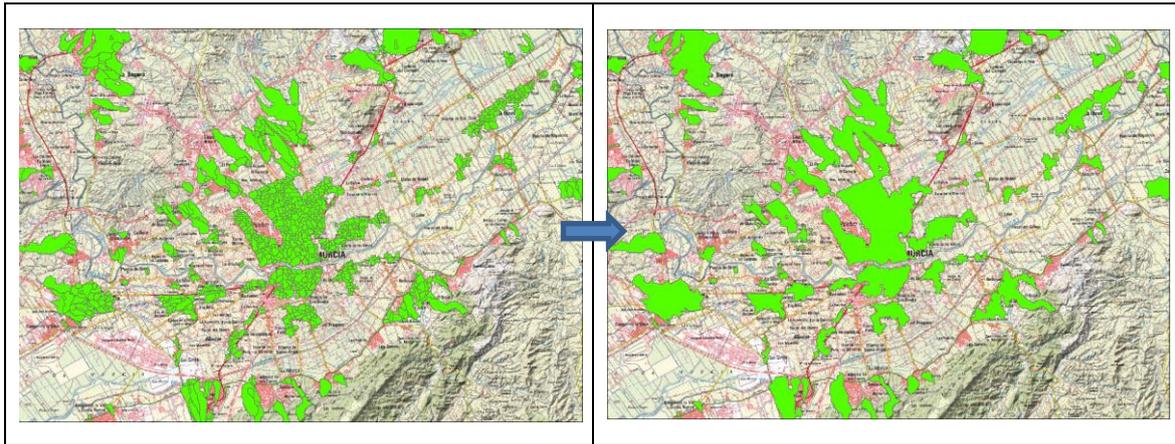


Figura 21. Ejemplo de la fusión de pequeñas cuencas de depresión

4. Se realiza una intersección de las cuencas de depresión con núcleos de población de la BCN200, cortándolas con el contorno de los núcleos para obtener solo las superficies con riesgo.

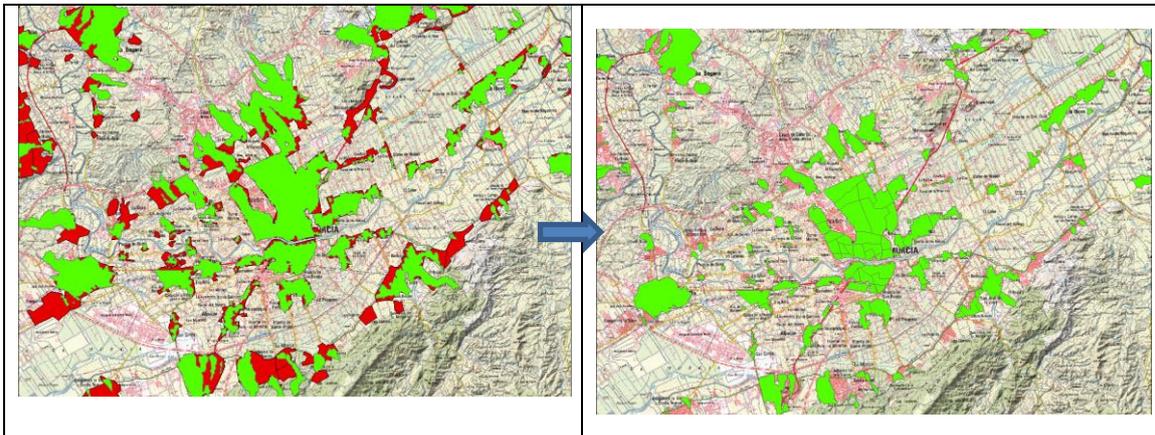


Figura 22. Ejemplo de la intersección de las cuencas de depresión (en verde) con los núcleos de población de la BCN200 (en rojo)

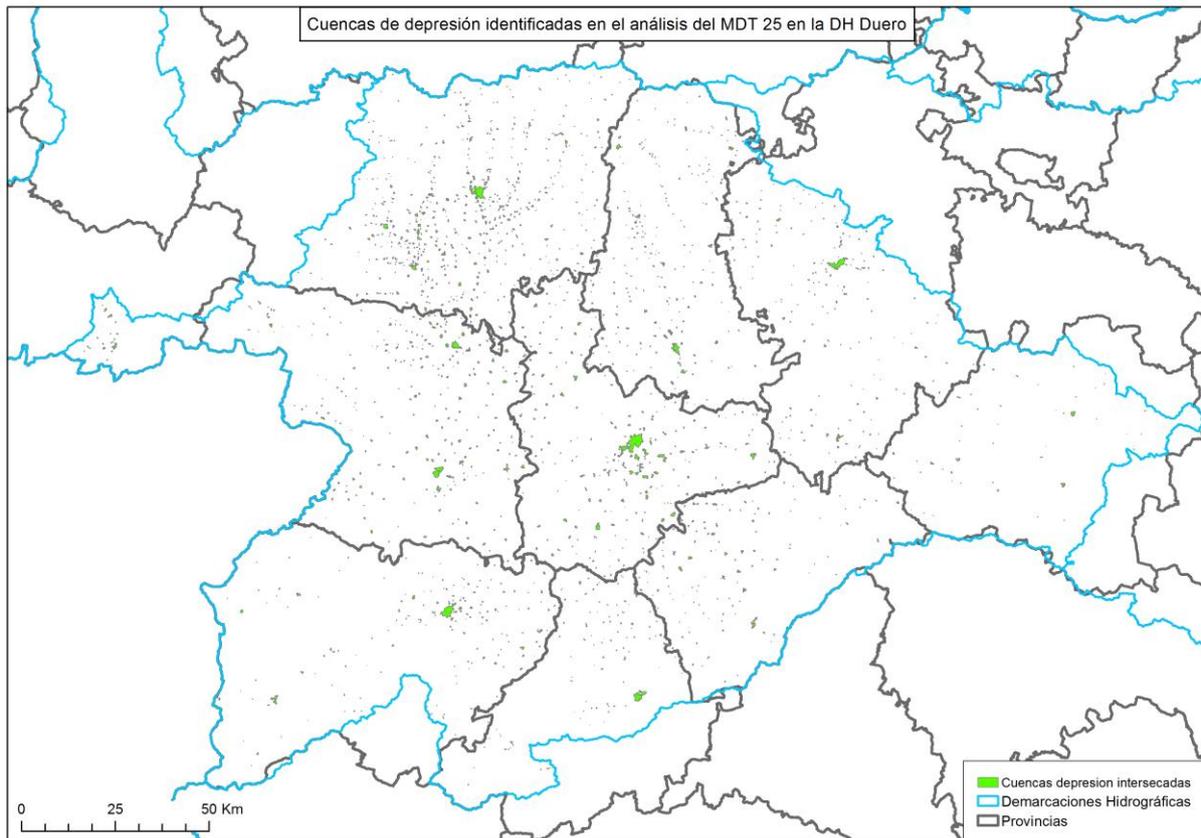


Figura 23. Cuencas de depresión (tras la intersección con los núcleos de población) identificadas en el análisis del MDT25 en la DH Duero

En este análisis del MDT25 se debe tener en cuenta que su resolución de 25 metros se considera suficiente para identificar preliminarmente las posibles cuencas de depresión, pero que esas depresiones pueden ser debidas a errores en la resolución de los datos y no a sumideros reales en el terreno. Además, se han incluido todas las depresiones localizadas dentro de núcleos de población, sin distinguir su diferencia de altura respecto a su entorno, y pudiendo ser esta diferencia menor a la resolución de la altura del propio MDT25.

Cuencas endorreicas

Complementariamente al análisis del MDT25, se estudiará la existencia de cuencas endorreicas (en la que el agua no tiene salida fluvial hacia otra cuenca o hacia el mar) a partir de las cartografías “Ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado” y “Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado” elaboradas por el MAPAMA.

Se distingue entre cuencas endorreicas sin río y con río. Las cuencas con río tienen una red de drenaje identificada en la cartografía de Ríos pero van a dar a un sumidero y no a una red fluvial que termine desembocando en el mar (estas cuencas se obtienen a partir del análisis de la cartografía de Ríos). Las cuencas sin río no tienen una red de drenaje identificada en la cartografía de Ríos (río de al menos un kilómetro de longitud a partir de cartografía IGN de 1:25000) y están identificadas como tal en la cartografía de Subcuencas.

Estas cuencas endorreicas son de mayor tamaño que las identificadas en el análisis del MDT25 (que es más detallado), y solo se estudiarán aquellas (tanto para las que tienen río como para las que no) en las que se observen usos urbanos localizados en el sumidero o cercano al sumidero o zonas bajas de las cuencas endorreicas, donde se acumularía el agua de las precipitaciones. Para ello, se identificarán los usos urbanos a partir de las cartografías de núcleos de población BCN200, Corine Land Cover 2012 (usos del suelo urbanos), ortofoto PNOA de máxima actualidad y ráster IGN 1:25000. Este análisis de usos de riesgo es más detallado ya que puede haber en los puntos de sumidero zonas con un riesgo alto de inundación pluvial (por ser cuencas grandes, por haber zonas montañosas o con posibilidad de lluvias torrenciales que vayan a parar a sumideros que son zonas llanas, etc.). Por ello, como regla general, solo se tienen en cuenta los usos urbanos recogidos como núcleos de población de la BCN200, pero puede haber excepciones a este criterio si se identifican usos urbanos dispersos o industriales con potencial alto riesgo de inundación pluvial.

- Cuencas endorreicas sin río

Para obtener las cuencas endorreicas sin río, de la cartografía “Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado” se tienen en cuenta únicamente las cuencas en las que se indica que son “Cuenca endorreica sin río” en el campo “Cuen_tipo” (tipo de cuenca):

Campo (Shapefile)	Campo (Geoportal)	Contenido
Cod_Mar	Código cuenca vertiente	Código de inicio de la codificación Pfafstetter: <ul style="list-style-type: none"> • A: Atlántico • M: Mediterráneo
PfafRio	Código Pfafstetter río completo	Código Pfafstetter del río completo
Cod_Uni	Código numérico del río	Código numérico del río completo.
Nom_Rio_1	Nombre del río	Denominación completa del río y tipo de corriente
Cuen_tipo	Tipo de Cuenca	Indica si la subcuenca es: <ul style="list-style-type: none"> • Intercuenca • Cuenca endorreica sin río • Cuenca de frontera • Si no dice nada, subcuenca del río completo
Shape_Length	Longitud del río completo (m)	Longitud del río completo, si existe, al que vierte la cuenca
Shape_Area	Área cuenca vertiente al río completo (Km)	Área de la cuenca vertiente al río completo (Km ²). En las intercuenas costeras es el área vertiente al mar y en las endorreicas sin río el área que vierte al sumidero.

Figura 24. Información alfanumérica asociada a la cartografía de “Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado”

En el ámbito de la DH Duero, tras el cruce de las cuencas endorreicas sin río con los usos urbanos, ninguna se considera con riesgo.

- Cuencas endorreicas con río

Se identifican las cuencas endorreicas con río a partir del análisis de la cartografía del MAPAMA “Ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado”. Para ello, mediante SIG, desde la desembocadura de los ríos de dicha cartografía, se va remontando hacia sus cabeceras, eliminando aquellos ríos que estén conectados y obteniendo los desconectados (y sus cuencas asociadas), que acaban desembocando en un sumidero y no en el mar.

En el ámbito de la DH Duero, tras el cruce de las cuencas endorreicas con río con los usos urbanos, ninguna se considera con riesgo.

3.2.4 Caracterización hidrometeorológica de la Demarcación

Dado que las inundaciones pluviales son causadas por precipitaciones fuertes en zonas donde el territorio no es capaz de drenar lo suficiente (por topografía o por usos de suelo), es necesario identificar las zonas donde se pueden dar mayores precipitaciones, con más intensidad y/o donde se produzca una mayor escorrentía. Y es que se puede dar el caso de que una zona sea topográficamente propensa a tener inundaciones pluviales (por tener falta de drenaje) pero que no se den fuertes precipitaciones y/o tenga un alto umbral de escorrentía. Por ejemplo, una zona con alta propensión a fuertes precipitaciones es la zona mediterránea española (costa este y Baleares) ya que tienen tendencia a tener gotas frías o DANAs (Depresiones Aisladas en Niveles Altos de la atmósfera) que generan fuertes tormentas.

Así, en la caracterización hidrometeorológica de la Demarcación se tendrán en cuenta tres factores, que se analizarán de forma independiente entre sí: umbral de escorrentía (P_0), precipitaciones máximas diarias T10 (10 años de periodo de retorno) y factor de torrencialidad (I_1/I_d).

Fuentes de información

La fuente de información para los tres factores hidrometeorológicos (P_0 , precipitaciones máximas diarias para T10 y I_1/I_d) ha sido CauMax versión 2.3 (mayo 2014), que es una aplicación informática sobre SIG derivada del Mapa de Caudales Máximos elaborado por el CEDEX para el MAPAMA. En CauMax están disponibles diversas capas ráster relacionadas con la hidrometeorología de las cuencas intercomunitarias con una resolución de 500 metros. Para el ámbito de las cuencas intracomunitarias, no disponibles públicamente en el CauMax, el CEDEX ha cedido para este estudio la información hidrometeorológica necesaria elaborada en su momento para CauMax.

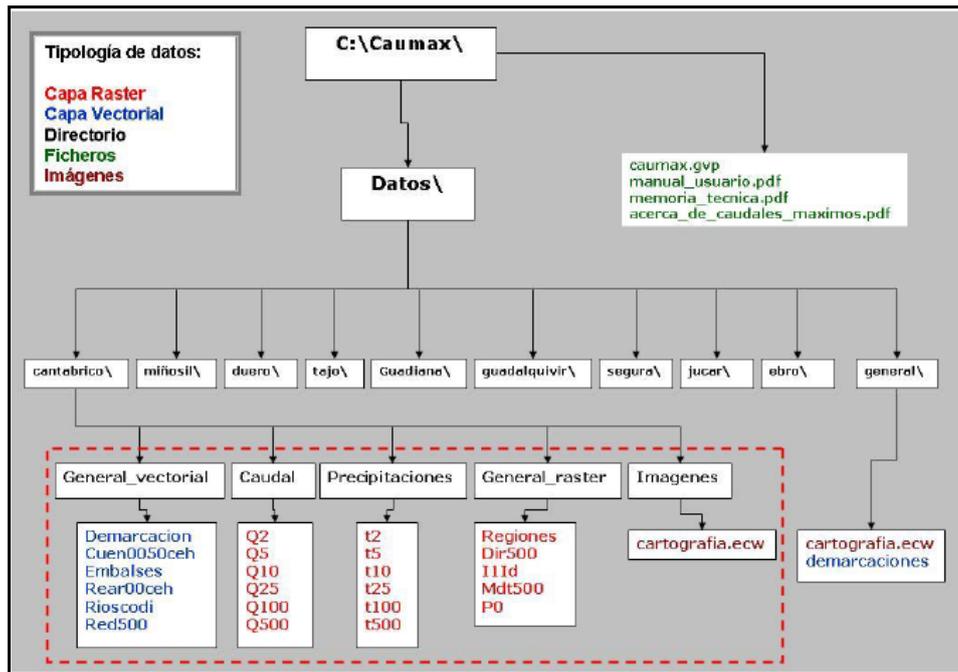


Figura 25. Estructura de capas y directorios almacenados en el directorio donde se instala CauMax. Fuente: Manual de usuario CauMax versión 2.3.

Umbral de escorrentía P_0

Según la Norma 5.2-IC. Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero), el umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima (en mm) que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía.

Según la Memoria técnica del CauMax, el umbral de escorrentía P_0 se ha “elaborado siguiendo la metodología utilizada en la Tesis doctoral “Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva del modelo hidrológico del SCS: Datos de perfiles de suelos y teledetección” (Ferrer, 2003), a partir del mapa de usos de suelo Corine Land Cover 2000 y datos de infiltración actualizados”. Este umbral de escorrentía no está calibrado con el coeficiente corrector (β).

Por tanto, para el estudio de inundaciones, las zonas de mayor riesgo serían aquellas con un umbral de escorrentía bajo en las que se generaría escorrentía rápidamente. Los valores del umbral de escorrentía P_0 (en mm) del mapa disponible en CauMax, varían entre 0 y 152 mm, aunque no suele superar los 50 mm. Así, para facilitar su análisis, los valores del mapa se han clasificado en cinco categorías:

- Muy bajo (0-10 mm)
- Bajo (10-20 mm)
- Medio (20-30 mm)
- Alto (30-40 mm)
- Muy alto (>40 mm)

El umbral de escorrentía depende de los tipos de usos que se den y el tipo de suelo existente (que puede drenar más o menos). Así, las zonas con bajos valores pueden ser debidos a usos urbanos, zonas con escasa vegetación, superficies de agua (estas tienen valor 0), etc. Las zonas con altos valores se pueden dar en bosques, cultivos de regadío (frutales, cultivos anuales...), playa y dunas (estas tienen valor 152), etc.

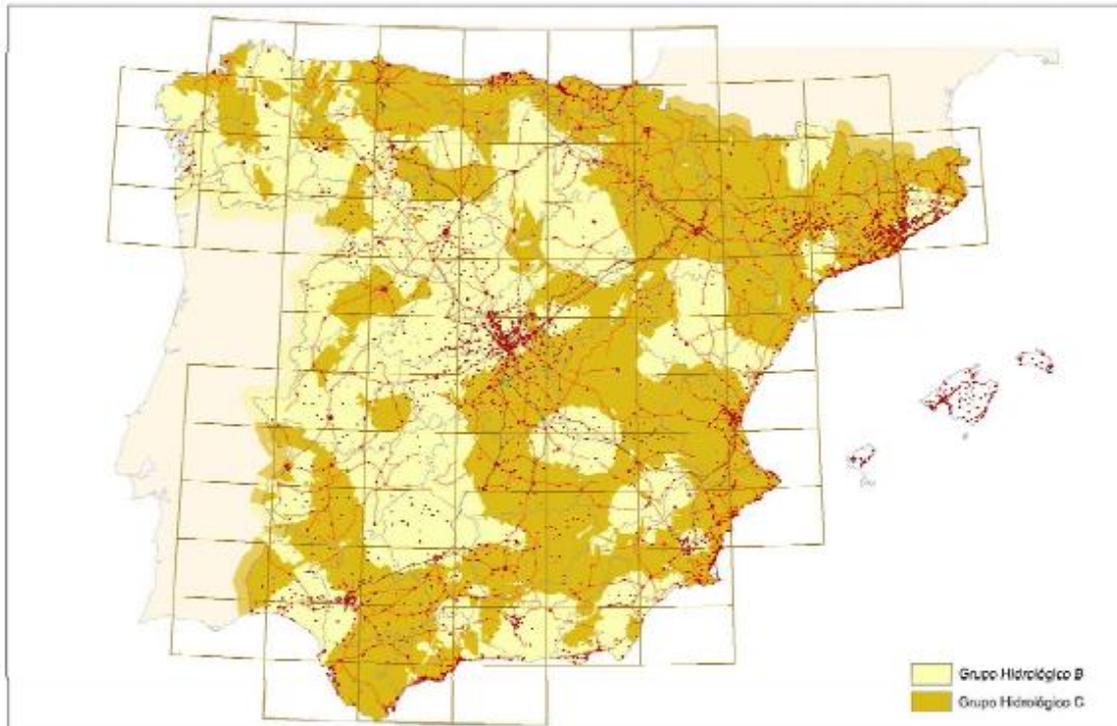


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

TABLA 2.4.- GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Figura 26. Grupos y distribución de los grupos hidrológicos de suelo que determinan el umbral de escorrentía. Fuente: Norma 5.2-IC de drenaje superficial

Los valores del umbral de escorrentía P_0 en la DH Duero se pueden ver en la imagen inferior. Según la zona el tipo de suelo existente los valores son algo más altos o bajos con el mismo tipo de suelo: buena parte de la Demarcación tiene suelo de tipo B (con mejor drenaje y valores de P_0 más altos), pero hay zonas con suelo de tipo C en: norte de las provincias de León, Palencia y Burgos; sur de León, Palencia y norte de Valladolid; este de Zamora; centro de Salamanca; y en el límite entre las provincias de Segovia, Soria y Palencia.

Hay valores 0 de P_0 que se corresponden con masas de agua como embalses (como el de Almendra o el de Ricobayo), y valores muy bajos (cerca de 0) que son generalmente áreas urbanas o zonas de roquedo (estas últimas presentes sobre todo en Picos de Europa). También hay valores muy bajos (cerca de 10) en áreas dispersas en toda la Demarcación de cultivos de secano y zonas de vegetación escasa especialmente en suelo tipo C. En buena parte de la Demarcación, especialmente en la zona de Meseta, predominan los valores bajos o medios que suelen corresponder a cultivos de secano y, en ocasiones, a cultivos de regadío, que según el tipo de suelo tienen un valor más alto o bajo de P_0 . En zonas montañosas (en el perímetro de la Demarcación) hay también valores medios que suelen ser zonas de pastizales, prados o matorral. Hay valores altos que en suelo tipo B pueden corresponder a dehesas, viñedos, pastizales, etc. o en suelos tipo C a bosques principalmente. Los valores muy altos suelen ser zonas de bosques mayoritariamente y también alguna zona de pastizal supraforestal en suelos tipo B.

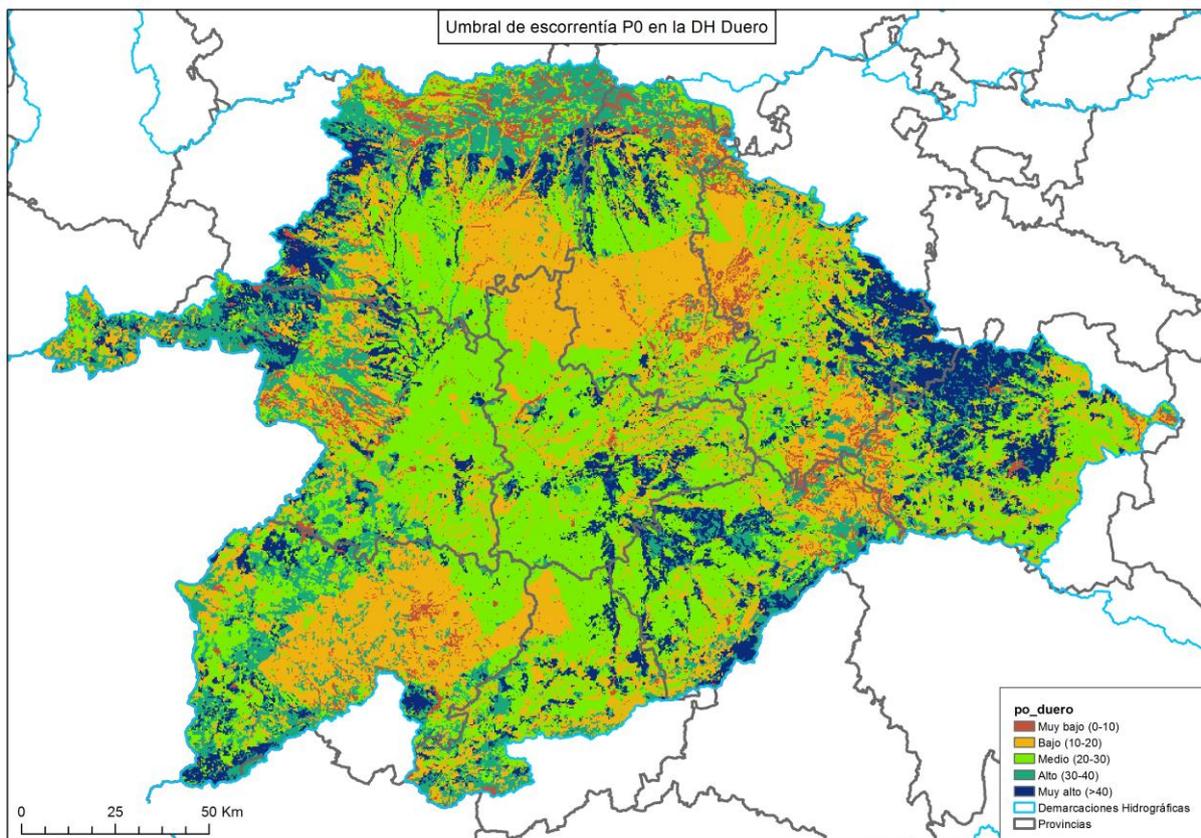


Figura 27. Umbral de escorrentía P_0 en la DH Duero

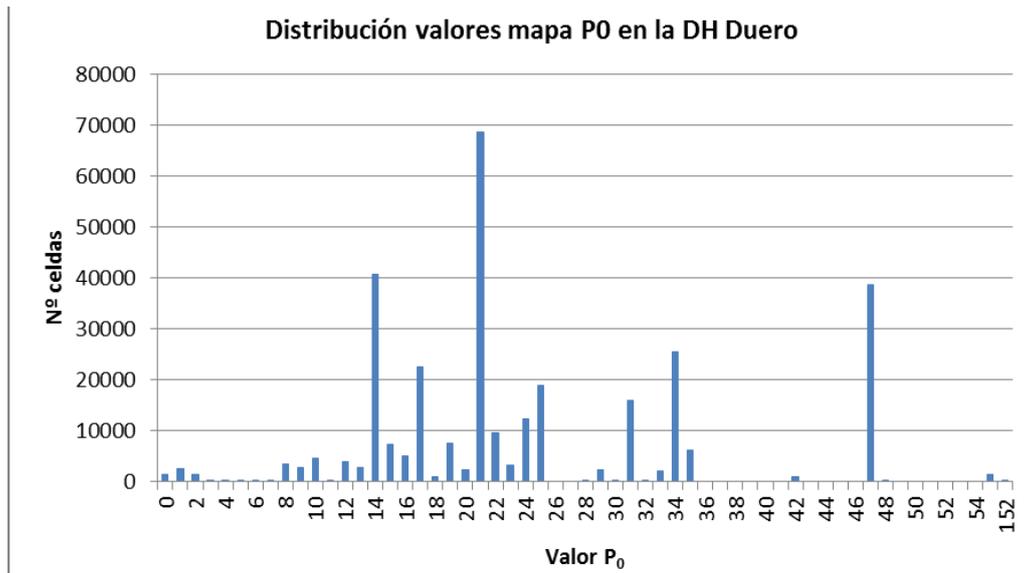


Figura 28. Figura 1. Distribución de los valores en el mapa del umbral de escorrentía P0 del CauMax en la DH Duero. Cada celda representa un píxel de 500x500 metros. No existen celdas con valores entre 56 y 151

Precipitaciones máximas diarias T10

De acuerdo a la Memoria técnica del CauMax, “los valores de las precipitaciones máximas diarias se obtuvieron mediante los mapas de precipitación elaborados a partir del trabajo de *Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular* realizado por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras (DGC, 1999)”.

En este estudio se ha elegido un periodo de retorno de 10 años para las precipitaciones al considerarse con menor incertidumbre y ser más ajustado al periodo de retorno del estudio histórico (2005-2017). Además, las zonas de más riesgo potencial por precipitaciones máximas diarias se van a obtener a partir de su correspondencia con los umbrales establecidos por Meteoalerta de AEMET (Plan nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos) para precipitaciones acumuladas en 12 horas, y este periodo de retorno se adecúa más a estos umbrales, cuya superación suele desencadenar activaciones de avisos por inundaciones por parte de los organismos de protección civil.



Figura 29. Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años en la España peninsular

La correspondencia entre los umbrales de Meteoalerta y las precipitaciones máximas no sería totalmente equivalente ya que las precipitaciones máximas son diarias (24 horas) y los umbrales de Meteoalerta son para 12 horas. Al establecer la correspondencia con Meteoalerta se estaría asumiendo un margen de seguridad ya que en 24 horas habría una mayor precipitación que en 12 horas.

Los umbrales de Meteoalerta (versión 6, septiembre de 2015) de precipitación acumulada en 12 horas que activan los niveles de aviso amarillo/naranja/rojo de AEMET se distribuyen según el mapa inferior. Como se puede observar los valores en la zona mediterránea este, Baleares y Canarias occidental son mayores que en el resto de España.

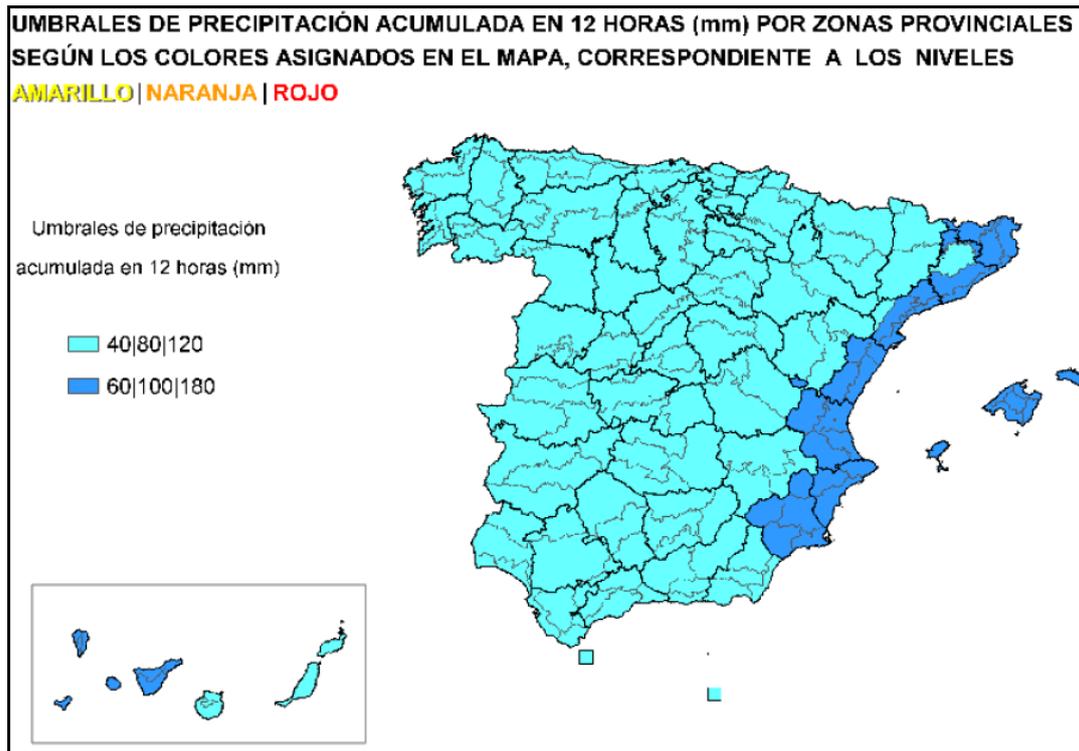


Figura 30. Umbrales de precipitación acumulada en 12 horas de Meteoalerta. En la zona este, Baleares y Canarias occidental, se activa el aviso amarillo si se prevé la superación de 60 mm, el aviso naranja si se prevé la superación de 100 mm y el aviso rojo si se prevé la superación de 180 mm. En el resto de España estos valores bajan a 40, 80 y 120 mm para los avisos amarillo, naranja y rojo

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

Para la DH Duero los valores de precipitación máxima diaria para 10 años de periodo de retorno se muestran en la imagen siguiente, teniendo un mínimo de 41 mm y un máximo de 150 mm. En general, son valores medios o bajos (entre 40 y 60 mm en gran parte de la Demarcación), dándose valores altos en Picos de Europa y Sanabria (alrededor de 100 mm) y máximos en Gredos y Sierra de la Peña de Francia (mayores de 100 mm).

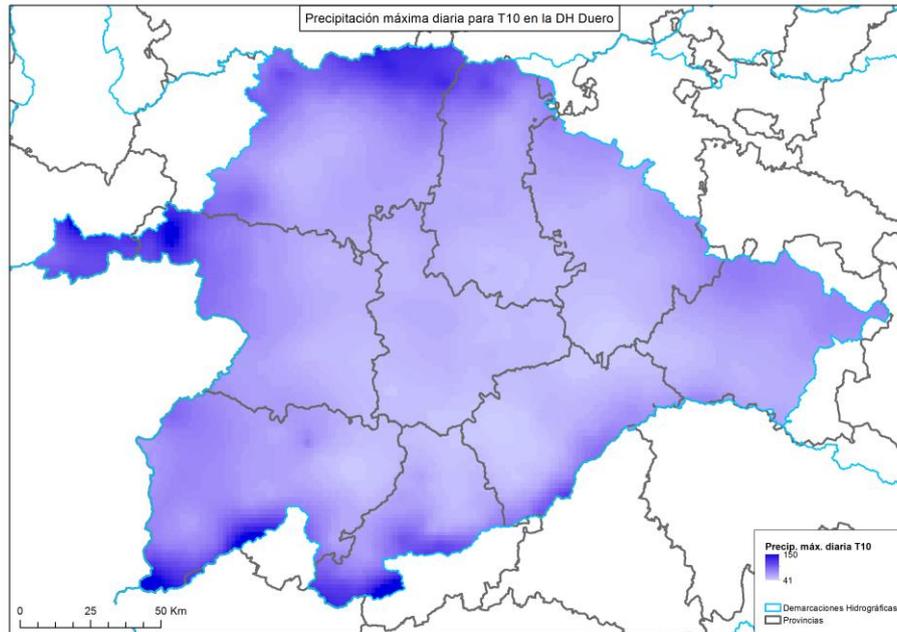


Figura 31. Precipitación máxima diaria para T10 en la DH Duero. El rango de valores va de 41 a 150 mm

Para la comparativa con los umbrales de Meteoaleta en la DH Duero (umbral amarillo – 40 mm, umbral naranja – 80 mm y umbral rojo – 120 mm), se muestra a continuación el mapa con las zonas clasificadas por riesgo por precipitaciones máximas según la superación de dichos umbrales. Se puede observar que en gran parte de la Demarcación se supera el umbral amarillo, con pequeñas zonas que superan el umbral naranja (Picos de Europa y Sanabria, Sierra de Guadarrama, Sierra de Gredos y Sierra de la Peña de Francia) y puntos concretos que superan el umbral rojo (extremos sur de Gredos y Sierra de la Peña de Francia). No hay zonas con precipitaciones máximas diarias inferiores al umbral amarillo ya que los valores mínimos de precipitación máxima son superiores al umbral amarillo.

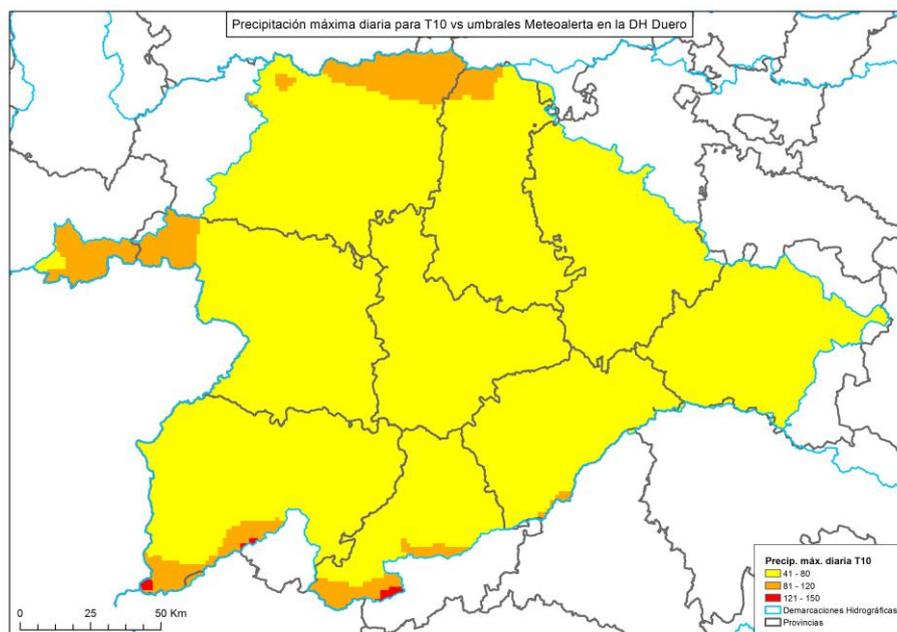


Figura 32. Comparativa precipitación máxima diaria para T10 respecto a los umbrales de Meteoaleta para precipitaciones acumuladas en 12 horas en la DH Duero

Índice de torrencialidad I_1/I_d

El índice o factor de torrencialidad I_1/I_d , según la Memoria técnica del CauMax, representa la relación entre la intensidad de precipitación correspondiente a 1 hora de duración (I_1) y la intensidad de precipitación diaria (I_d). Es un valor adimensional y en CauMax, se ha obtenido a partir del mapa de isólinas propuesto por Témiz (1987). Para las cuencas intercomunitarias este mapa es el que se muestra en la imagen inferior. Sus valores varían entre 8 y 11, dándose el valor más elevado (11), es decir, que tiene una mayor torrencialidad (y por tanto, más riesgo), en la zona este mediterránea.



Figura 33. Factor de torrencialidad I_1/I_d en la España peninsular

En el ámbito de la DH Duero, el factor de torrencialidad es de 10 en la parte sur y central de la Demarcación, 9 en el tercio norte y 8 en una pequeña área en Galicia. Son, por tanto, valores medios-altos respecto al resto de España.

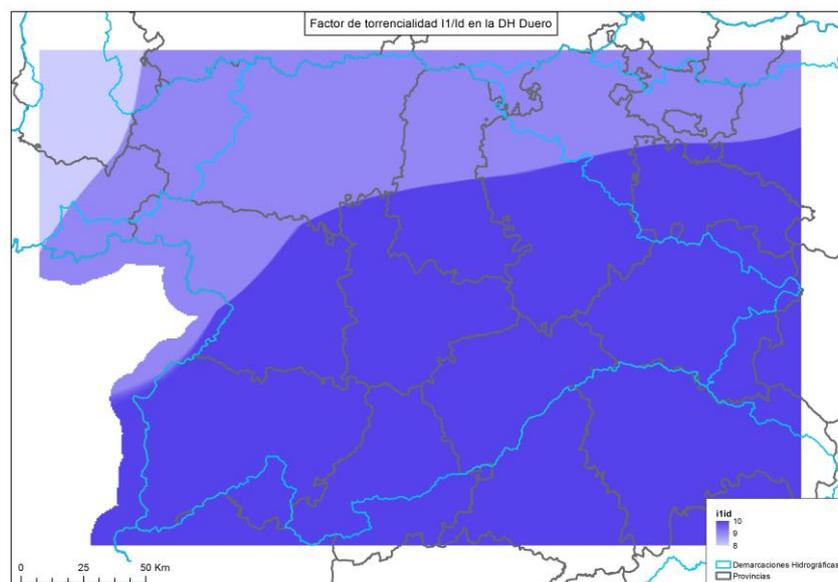


Figura 34. Factor de torrencialidad I_1/I_d en la DH Duero

4 Incidencia del cambio climático en el riesgo de inundación

La adaptación al cambio climático ha sido un objetivo prioritario para España, debido a la elevada vulnerabilidad de la costa española frente al cambio y la variabilidad climática. En 2006 se aprobó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, tras un amplio proceso que implicó a los principales órganos de coordinación en materia de cambio climático en España: la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático y el Consejo Nacional del Clima.

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

En cumplimiento de estas disposiciones, los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs) de primer ciclo ya aprobados y fase de implantación incluyen dentro de su programa de medidas, en concreto 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 presenta a continuación, en parte gracias a la financiación derivada del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, en concreto del Plan PIMA Adapta, todo ello en coordinación con la Oficina Española de Cambio Climático.

4.1 Estudio de la influencia del cambio climático en las inundaciones pluviales y fluviales

El estudio de los efectos del cambio climático en las inundaciones pluviales y fluviales es muy complejo, puesto que las variables que lo condicionan son múltiples e interrelacionadas entre sí, por lo que la incertidumbre existente es muy importante. En la web del [Ministerio para la Transición Ecológica](#) se pueden consultar resúmenes de los trabajos científicos que se han realizado hasta la fecha en distintos artículos científicos y los trabajos que se realizaron por los distintos estados miembros de la Unión Europea en el primer ciclo de la Directiva de Inundaciones.

A partir de estos antecedentes, y en colaboración distintos organismos y entidades, entre los que destacan el CEDEX, el CSIC y la Universidad Politécnica de Madrid se ha realizado una metodología para estimar los efectos del cambio climático en este tipo de inundaciones, que, de forma resumida y personalizada para el ámbito territorial de esta Demarcación Hidrográfica se presenta a continuación y se complementa con la información disponible en la web del Ministerio para la Transición Ecológica.

4.1.1 Estudio de los posibles cambios en las precipitaciones máximas diarias y evaluación de la incertidumbre

Fuentes de información e hipótesis de partida

Para la incorporación del cambio climático en la revisión de la EPRI de segundo ciclo, se ha tomado como punto de partida la metodología piloto desarrollada durante 2017, para la “Evaluación de los efectos del cambio climático en la gestión de los riesgos de inundación”, aplicada en 5 ARPSIs de distintas Demarcaciones Hidrográficas. Esta metodología fue desarrollada en el contexto de diversas actuaciones coordinadas por la Dirección General del Agua en el marco del programa PIMA Adapta.

Como resultado de la aplicación de la metodología piloto mencionada, se obtuvieron una serie de conclusiones y recomendaciones que han sido el punto de partida en el planteamiento de estos trabajos.

A continuación se incluyen las consideraciones de partida seguidas durante la primera aproximación metodológica (2017) y las seleccionadas para la metodología específica que incorpora el cambio climático en la EPRI (2018), resaltando en rojo las que son de aplicación en este trabajo:

		PRIMERA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA 5 ARPSIs (2017)	METODOLOGÍA CAMBIO CLIMÁTICO EN LA EPRI Nivel general (2018)
	Periodo de retorno objetivo	100 años	
	Escenario de emisión de gases de efecto invernadero (según el Quinto Informe del IPCC)	RPC 8.5	RCP 4.5 RCP 8.5
CLIMA ACTUAL	Fuente de información	Spain02	12 simulaciones del proyecto EURO-CORDEX en control
CLIMA FUTURO	Horizonte	2041-2070	
	Número de proyecciones para simular la dinámica del clima	2	12 simulaciones del proyecto EURO-CORDEX en futuro

Tabla 12. Comparativa de las hipótesis de partida utilizadas en la primera aproximación metodológica para la consideración del cambio climático en el riesgo de inundación (2017) y las seguidas para incorporar el cambio climático en la EPRI de segundo ciclo (2018)

Para analizar la influencia del cambio climático en las precipitaciones máximas diarias (PMD), principal factor de cambio en las inundaciones, los datos de base utilizados son los resultados obtenidos durante el estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) titulado: “Tasas de cambio en los cuantiles de precipitación diaria máxima anual esperables en situación de cambio climático a escala nacional”.

Este estudio consiste en la recopilación de las simulaciones de 12 combinaciones de modelos climáticos globales y regionales (MCG-MCR) del proyecto EURO-CORDEX. Estas simulaciones están disponibles para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (escenarios de emisión de gases de efecto invernadero propuestos por el IPCC), para distintos intervalos del periodo futuro 2011-2100 y a lo largo de una malla con resolución de 12.5 km para toda Europa.

El estudio dispone de los parámetros de la ley de frecuencia de Valores Extremos Generalizada (GEV, en sus siglas en inglés), ajustados para cada una de las 12 simulaciones y cada celda de la malla, mediante el método de los L-momentos. Este ajuste se ha realizado tanto para el periodo control (1951/1971-2005, según cada modelo) como para tres periodos futuros considerados (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100). De todos ellos se ha utilizado el periodo futuro intermedio, tal y como marcan las hipótesis de partida.

Es necesario aclarar que las series de precipitación en el periodo de control no se corresponden con la precipitación observada o real, sino con la precipitación simulada por los modelos en dicho periodo. De esta forma se eliminan los sesgos que derivan de la comparativa de datos procedentes de distintas fuentes.

Estudio de la incertidumbre y umbrales de cambio en la precipitación

El estudio de la UPM proporciona el cambio en las precipitaciones a lo largo de toda la ley de frecuencia. Sin embargo, este cambio no incorpora el cálculo de la incertidumbre asociada a estos cambios.

El propio concepto de “variabilidad climática” supone que en caso de existir diferencias entre la precipitación en clima actual o presente y la calculada a partir de las proyecciones de clima futuro, no deben atribuirse necesariamente a la acción del cambio climático. Por ello, es necesario estudiar dicha variabilidad para establecer si los cambios en el futuro son significativos, estadísticamente hablando, o no. Es decir, si se encuentran dentro de la propia variabilidad natural asociada al clima.

La variabilidad natural se puede estudiar mediante diferentes técnicas estadísticas, escogiendo para este caso el método de Monte Carlo. Es una técnica que permite realizar un elevado número de simulaciones (en este caso se han realizado 10.000 simulaciones), para generar series de precipitación aleatorias basadas en la ley de frecuencia del periodo de control. Con las nuevas series de precipitación generadas, se han ajustado de nuevo las nuevas leyes de frecuencia GEV asociadas a cada una de estas series, obteniendo un rango posible en el que pueden moverse los valores de precipitación. Este proceso ha sido implementado para cada una de las 12 combinaciones de modelos climáticos, para cada una de las celdas de la malla y para los dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5). De esta forma, se ha estimado el rango de valores entre los que se puede encontrar la precipitación de un periodo de retorno de 100 años con los datos disponibles en el periodo control (1951/1971-2005).

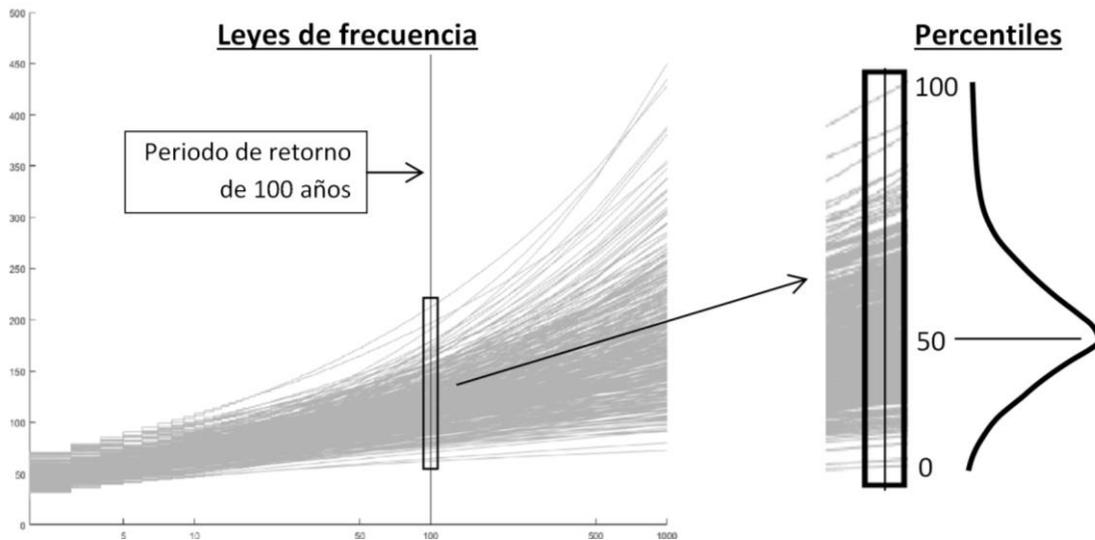


Figura 35. Proceso de elección del umbral en las precipitaciones máximas diarias para el periodo de retorno de 100 años a partir de las 10.000 leyes de frecuencia obtenidas mediante el enfoque de simulaciones de Monte Carlo

Sin embargo, como se puede observar en la figura anterior, algunos cambios son extremadamente pequeños (del orden del 1%). Dado que previamente se ha analizado la incertidumbre asociada a las precipitaciones, analizar también estos cambios no tendría sentido. Por ello, es necesario establecer un umbral mínimo de cambio sobre el cual analizar los tramos a estudiar.

Una vez efectuado este análisis, es importante establecer los umbrales que se van a utilizar para determinar si el cambio en la precipitación es significativo o no. Por lo tanto, se han establecido dos umbrales: el percentil (o intervalo de confianza) por encima del cual se considera que la precipitación es significativa, y el número de modelos mínimo a considerar para que el cambio en cada celda de la malla se considere como significativo.

Para establecer estos umbrales, se han analizado diferentes combinaciones de ellos, decidiendo que los umbrales más adecuados para estos trabajos son los siguientes:

- Cambios en la precipitación por encima del percentil 83 del rango. Este percentil, obtenido mediante simulaciones de Monte Carlo, es el correspondiente a la media más una desviación típica (siguiendo una distribución normal) de los cambios por encima de la mediana del rango. Se ha considerado un límite adecuado para ver si la precipitación en un futuro es diferente de la precipitación en periodo de control.
- Al menos la mitad de los modelos de EURO-CORDEX (es decir, al menos seis modelos) presenten cambio significativo. Es importante recalcar que cada uno de los 12 modelos es considerado como equiprobable, es decir, que no hay un modelo más probable o mejor que otro.

En consecuencia, si la precipitación asociada a este periodo de retorno en el periodo futuro se encuentra dentro de un umbral establecido, se ha considerado que la precipitación está incluida dentro de la propia variabilidad natural. Por el contrario, si queda fuera, se ha deducido que es debida a un factor externo. En este caso, el cambio climático.

4.1.2 Definición de zonas y tramos con cambio relevante en la precipitación

Para representar los cambios en la precipitación, en aquellas celdas donde se cumplan los umbrales establecidos, se ha calculado la media de los cambios en la precipitación de todos los modelos estudiados. Se han utilizado todos los modelos ya que, siguiendo el principio de equiprobabilidad, aunque el cambio no sea significativo mediante las técnicas estadísticas utilizadas, no implica que no sea posible, por lo que es necesario considerar todos los modelos en conjunto en vez de solo los modelos con cambios significativos. De esta forma se tiene una visión del posible rango de cambio en el futuro en cada celda, pero considerando solo aquellas celdas con cambio significativo.

En las figuras 36 y 37 se pueden observar las celdas donde el cambio es significativo así como su valor de cambio medido en porcentaje, para los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5, respectivamente.

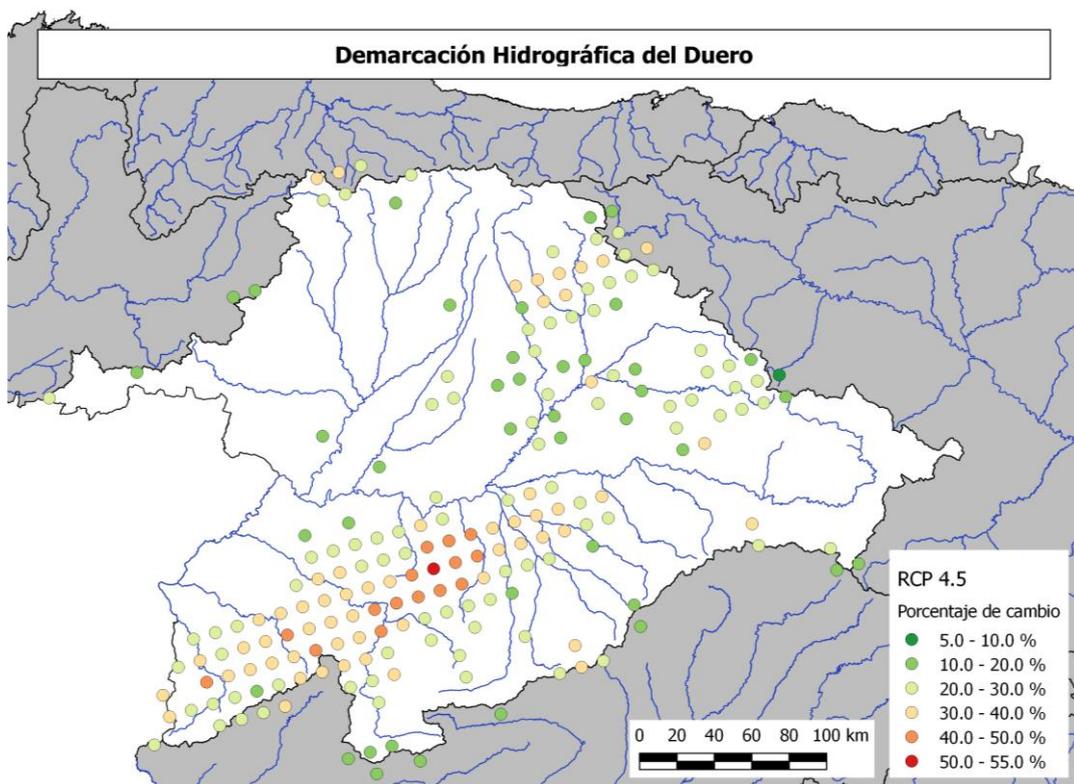


Figura 36. Cambios porcentuales en la precipitación en aquellas celdas que cumplen los umbrales de significancia para la Demarcación Hidrográfica del Duero para el escenario de emisiones RCP 4.5

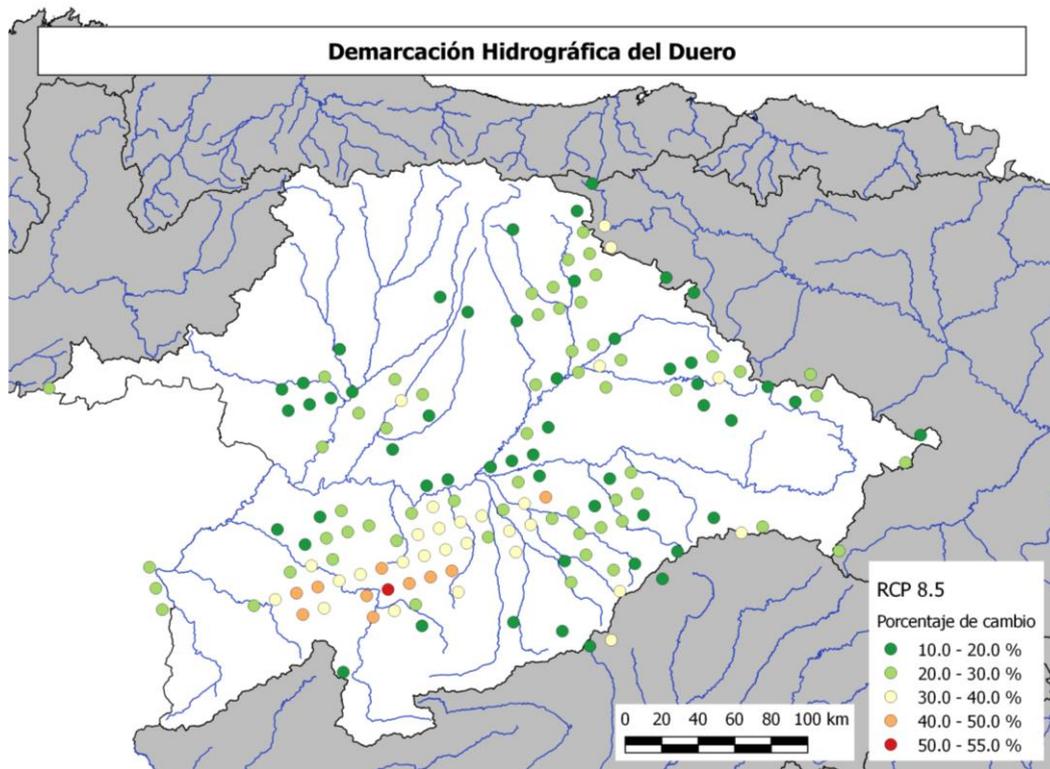


Figura 37. Cambios porcentuales en la precipitación en aquellas celdas que cumplen los umbrales de significancia para la Demarcación Hidrográfica del Duero para el escenario de emisiones RCP 8.5

Posteriormente, estos cambios significativos en las celdas (en valor absoluto, no en porcentaje) han sido aplicados sobre un ráster de precipitación máxima diaria, para traducir los cambios puntuales en areales. Es decir, dado que esta transformación a precipitación areal se ha realizado únicamente utilizando las celdas con cambio significativo, a nivel de cuenca hidrográfica solo se observarán cambios en la precipitación para esas zonas de cambio, permaneciendo inalterable el resto de superficie.

La identificación de estas zonas de cambio en la precipitación es especialmente relevante de cara a poder incorporar en la EPRI posibles zonas con riesgo potencial de inundación pluvial.

La información de partida sobre la que calcular estos cambios (ráster de precipitaciones máximas de periodo de retorno de 100 años) ha sido la contenida en el programa CauMax, el mapa de caudales máximos de avenida para la red fluvial de la España peninsular, desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) por encargo de la Dirección General del Agua. Esta información de precipitaciones máximas diarias, a su vez, fue obtenida de los mapas de precipitación elaborados a partir del trabajo de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular, realizado también por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras en 1999.

A continuación se presentan 3 figuras en las que se muestra la precipitación máxima diaria de periodo de retorno de 100 en clima actual (la procedente de los trabajos previos del CEDEX) y las precipitaciones máximas diarias calculadas para los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5.

Es necesario mencionar que los cambios que aparecen reflejados son los observados en las correspondientes celdas de la malla (12.5 km de lado), asemejados a la misma resolución de la capa base del CauMax (precipitaciones máximas diarias para periodo de retorno de 100 años).

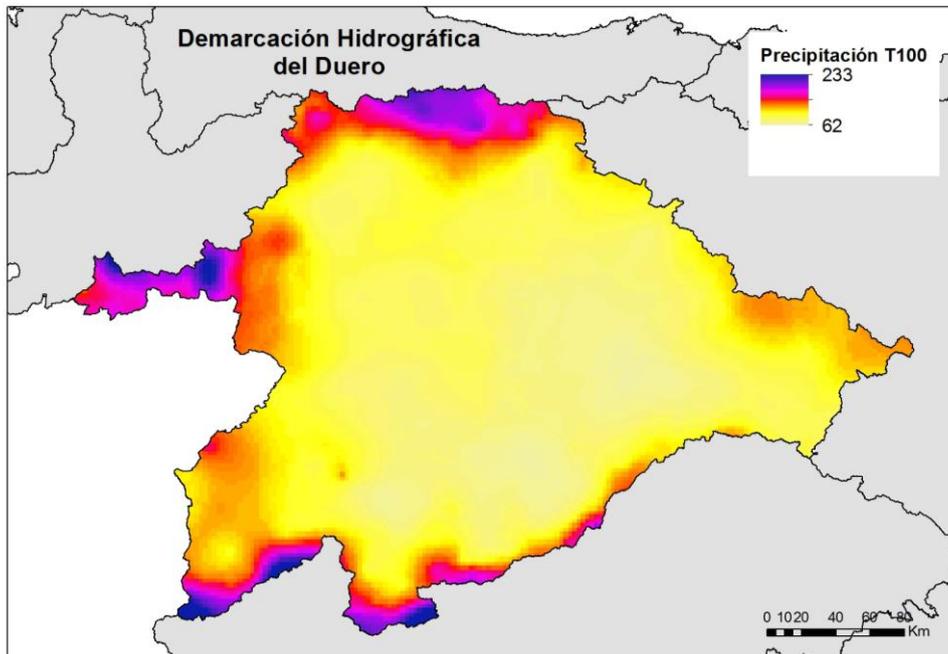


Figura 38. Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 100 años en clima actual.
Fuente: CauMax

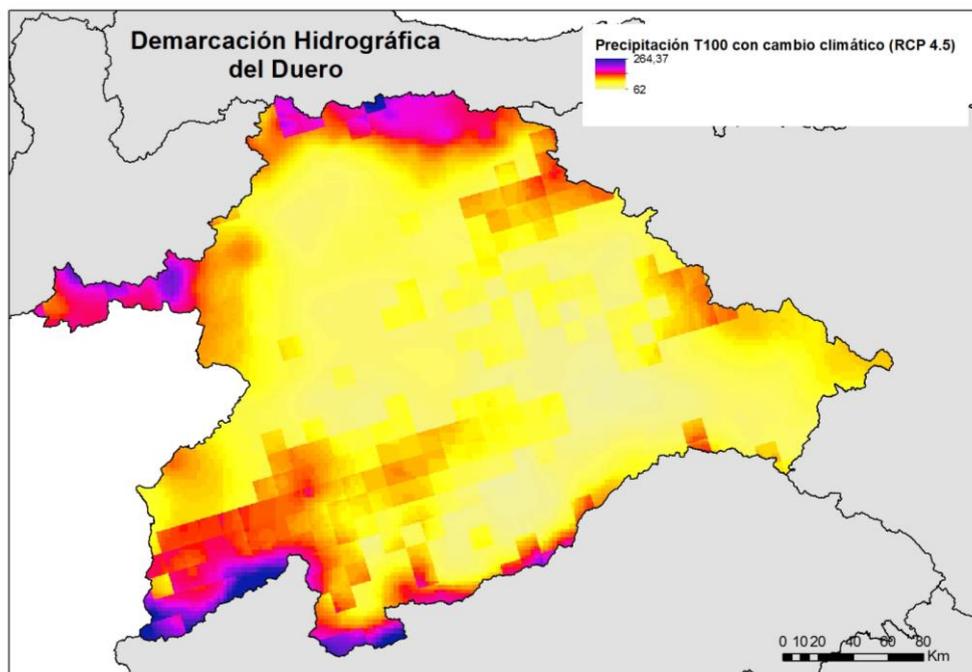


Figura 39. Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 100 años en clima futuro según el escenario de emisión de gases de efecto invernadero RCP 4.5

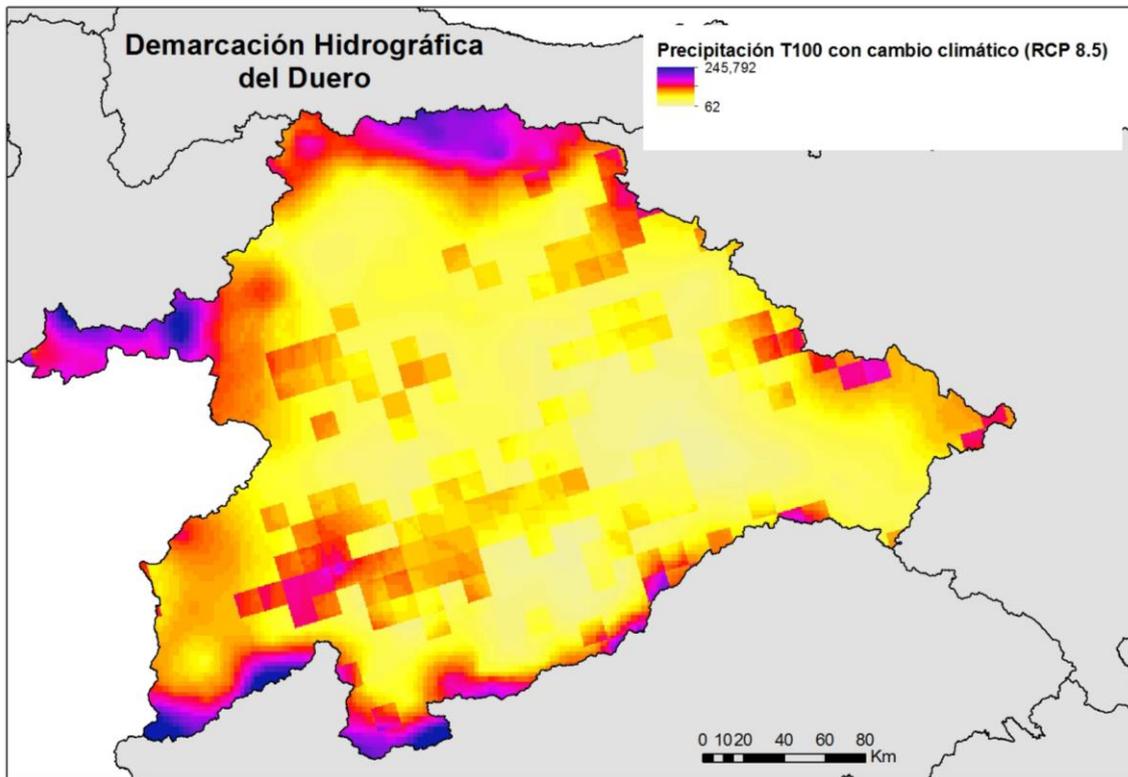


Figura 40. Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 100 años en clima futuro según el escenario de emisión de gases de efecto invernadero RCP 8.5

Una vez se dispone de los cambios en la precipitación máxima diaria, para comprobar los cauces en los que pueda preverse un aumento significativo de la precipitación con respecto al clima actual, se han calculado los cambios en la precipitación máxima diaria acumulada a partir de las direcciones de flujo para cada uno de los dos escenarios de emisión. De esta forma, es posible concluir la magnitud del cambio en la ley de frecuencia de caudales.

Es importante resaltar que estos cambios en la precipitación máxima diaria acumulada no siempre son debidos a aumentos en las precipitaciones máximas "in situ", sino que pueden ocurrir como consecuencia de cambios en precipitación en zonas de cabecera que no son importantes en sí mismos pero que pueden traducirse en mayores cambios en tramos medios y bajos.

En las figuras siguientes se pueden observar los cambios en la acumulación de la precipitación máxima diaria de cada uno de los escenarios de emisión con respecto a clima presente.

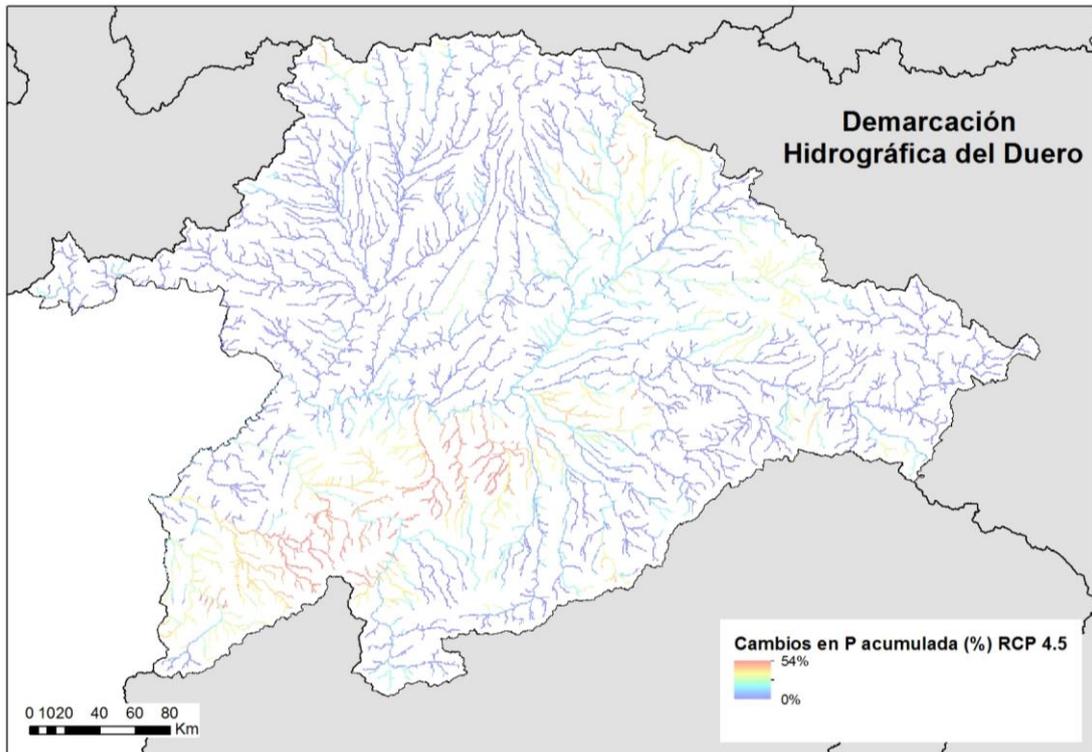


Figura 41. Cambios porcentuales totales en la precipitación máxima diaria acumulada, entre la precipitación actual y la aplicación de los cambios en la precipitación con cambio climático (escenario de emisiones RCP 4.5) para la Demarcación Hidrográfica del Duero

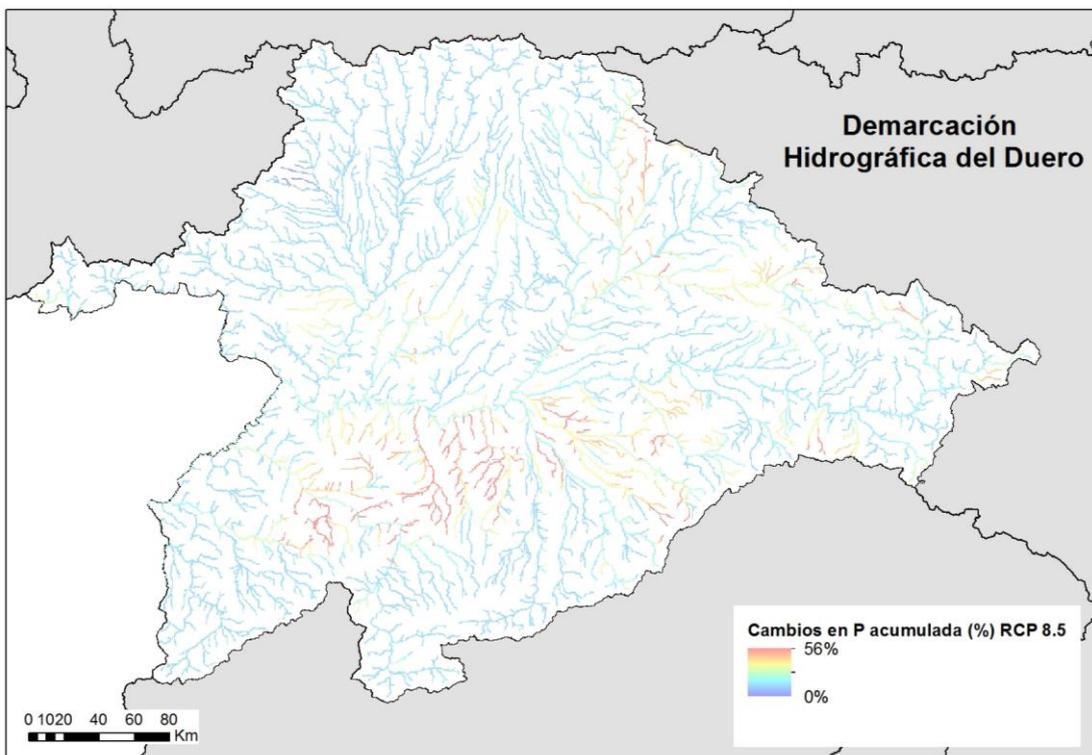


Figura 42. Cambios porcentuales totales en la precipitación máxima diaria acumulada, entre la precipitación actual y la aplicación de los cambios en la precipitación con cambio climático (escenario de emisiones RCP 8.5) para la Demarcación Hidrográfica del Duero

Dado que el objetivo de este trabajo es incorporar la influencia del cambio climático en el riesgo de inundación, sólo se han considerado los resultados positivos de estos cambios por encima de un umbral, es decir, los tramos donde la precipitación máxima diaria acumulada es significativamente mayor en clima futuro que en clima actual, ya que no tiene sentido considerar resultados negativos en eventos de avenida, ni cambios mínimos en torno a 0%. Por ello, se ha establecido un umbral mínimo de cambio que determine los tramos relevantes.

Continuando con la metodología empleada, se ha calculado el porcentaje de cambio medio que supone la precipitación asociada al percentil 83 respecto a la precipitación en periodo control considerando todas las celdas y modelos dentro de la Demarcación. De esta manera, se obtiene el porcentaje de cambio (correspondiente a dicho percentil 83) por debajo del cual no se debería considerar ningún cambio como relevante. El umbral obtenido como resultado de este análisis para la Demarcación Hidrográfica del Duero ha sido del 20.15%.

No obstante, se ha comprobado que, dado que la relación precipitación-caudal no es lineal, algunos incrementos de precipitación por debajo del 20% pueden llegar a traducirse en aumentos muy elevados de los caudales asociados, con el aumento del riesgo de inundación que implica. En consecuencia, para analizar los cambios en la ley de frecuencia de caudales, se ha reducido el umbral de cambio en los mapas de precipitación máxima diaria acumulada a un 10%.

Finalmente, a continuación se presentan los tramos con cambio relevante de la Demarcación Hidrográfica del Duero, donde la precipitación máxima diaria acumulada presenta cambios superiores al 10%, para cada uno de los escenarios de emisión.

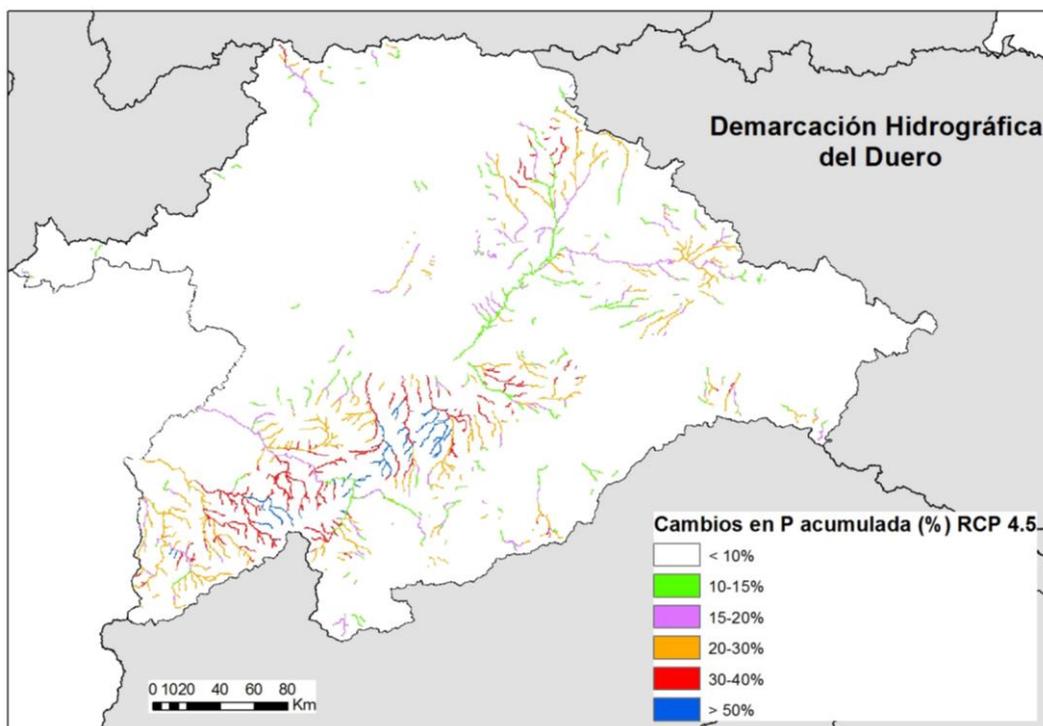


Figura 43. Cambios por encima del umbral del 10% en la precipitación máxima diaria acumulada para la Demarcación Hidrográfica del Duero, en el escenario de emisión RCP 4.5

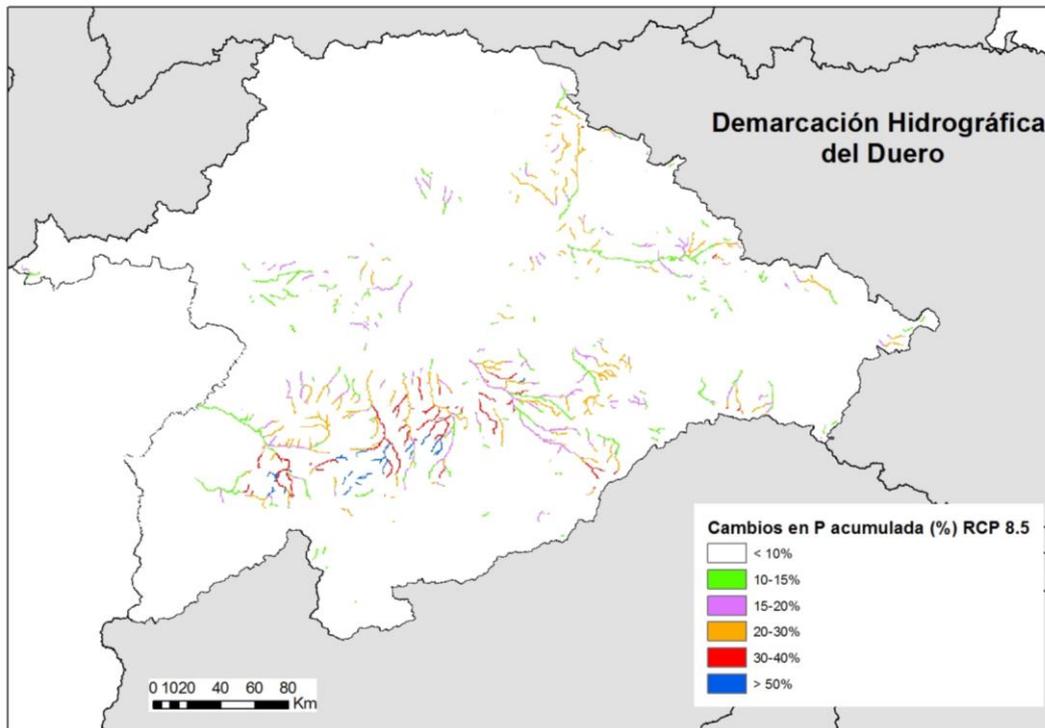


Figura 44. Cambios por encima del umbral del 10% en la precipitación máxima diaria acumulada para la Demarcación Hidrográfica del Duero, en el escenario de emisión RCP 8.5

4.1.3 Estudio cualitativo de los cambios en la ley de frecuencia de caudales

Una vez se dispone de los cambios en la precipitación máxima diaria acumulada para cada uno de los escenarios de emisión y según las premisas fijadas ya mencionadas, se ha comprobado cómo se traduce su influencia en el régimen de caudales.

Para su estudio, se han seleccionado diversos tramos de la red de drenaje que presuponen al menos un cambio del 10% en la precipitación diaria máxima anual acumulada. Esta elección se ha realizado de forma independiente para cada uno de los escenarios de emisión, ya que las celdas y tramos con cambio obtenidos, así como su valor, no tienen por qué ser los mismos. Además, estos tramos estudiados se han escogido atendiendo a posibles zonas de riesgo urbano próximas (en función de la información cartográfica de la capa BCN200), ya se trate de ARPSIs de primer ciclo o zonas donde se prevea un cambio, pero no ARPSIs.

Para la valoración de los cambios en la ley de frecuencia de caudales, se ha realizado una comparativa entre los caudales obtenidos para clima actual y los resultantes de considerar el cambio climático, utilizando el método racional modificado a través de la herramienta CauMax.

Dado que este programa únicamente permite el cálculo por el método racional modificado de los caudales de avenida asociados a tramos con tamaño de cuenca inferior a 50 km² de superficie, se han seleccionado tramos de ejemplo que cumplan esta premisa al considerarse suficientes para mostrar una valoración cualitativa del cambio en la ley de frecuencia de caudales.

Sin embargo, esta metodología podría ser aplicada por la Demarcación a cualquier tramo que resulte de su interés al facilitarle la información cartográfica de base necesaria.

- Tramos analizados en el escenario RCP 4.5
 - Tramo 1: Cabrillas
 - Tramo 2: Puebla de Yeltes
 - Tramo 3: Miranda de Azán
 - Tramo 4: Villela
 - Tramo 5: Moncalvillo

- Tramos analizados en el escenario RCP 8.5
 - Tramo 6: Babilafuente
 - Tramo 7: El Campillo
 - Tramo 8: San Miguel del Arroyo
 - Tramo 9: Villamediana
 - Tramo 10: El Cubo de la Tierra del Vino
 - Tramo 11: Puentedura
 - Tramo 12: Fuentespreadas

◆ TRAMO ANALIZADO 1

Municipio	Cabrillas	
ARPSI	No	
Coordenadas	231686	4515346
Área (km2)	49	
Tiempo de concentración (h)	7,25	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	16,42	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	9,85	
	CLIMA ACTUAL	RCP 4.5
T100 actual Precipitación (mm)	103,94	139,96
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	92,23	124,19
Intensidad (mm/h)	10,73	14,45
Coeficiente de escorrentía (C)	0,65	0,74
CAUDAL T100 (m3/s)	139	213
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	33%	
Porcentaje de cambio en caudal	53%	

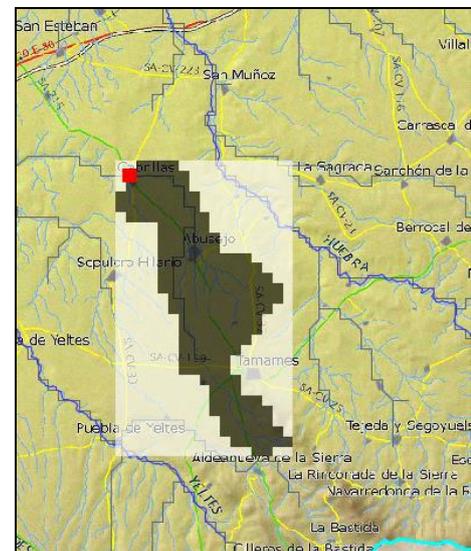


Figura 2- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 2

Municipio	Puebla de Yeltes	
ARPSI	Sí (ES020/0026_13-1800032-01)	
Coordenadas	231286	4502607
Área (km2)	32,25	
Tiempo de concentración (h)	6,13	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	18,95	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	24,45	
	CLIMA ACTUAL	RCP 4.5
T100 actual Precipitación (mm)	145,34	195,02
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	130,73	175,41
Intensidad (mm/h)	17,13	22,97
Coeficiente de escorrentía (C)	0,46	0,79
CAUDAL T100 (m3/s)	154	230
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	33%	
Porcentaje de cambio en caudal	49%	



Figura 3- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 3

Municipio	Miranda de Azán	
ARPSI	Sí (ES020/0025_12-1801417-01)	
Coordenadas	274100	4530045
Área (km2)	28,25	
Tiempo de concentración (h)	56	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	14,9	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	8,94	
	CLIMA ACTUAL	RCP 4.5
T100 actual Precipitación (mm)	75,41	102,09
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	68,12	92,21
Intensidad (mm/h)	9,83	13,3
Coeficiente de escorrentía (C)	0,58	0,68
CAUDAL T100 (m3/s)	62	97
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	36%	
Porcentaje de cambio en caudal	56%	

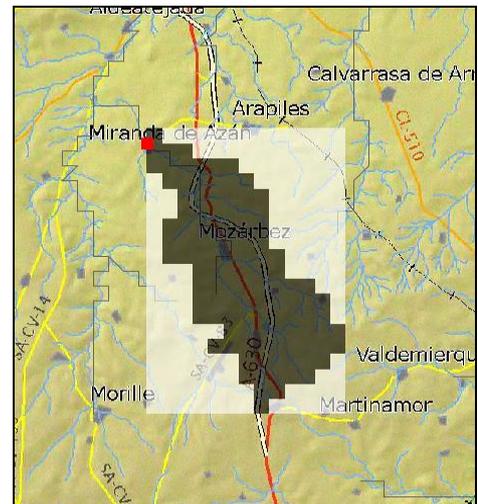


Figura 4- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 4

Municipio	Villela	
ARPSI	No	
Coordenadas	395108	4726798
Área (km2)	41,5	
Tiempo de concentración (h)	4,89	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	9	
Umbral de escorrentía (mm)	16,87	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	11,81	
	CLIMA ACTUAL	RCP 4.5
T100 actual Precipitación (mm)	89,73	119,97
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	80,05	107,03
Intensidad (mm/h)	11,54	15,43
Coeficiente de escorrentía (C)	0,54	0,64
CAUDAL T100 (m3/s)	97	153
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	33%	
Porcentaje de cambio en caudal	58%	

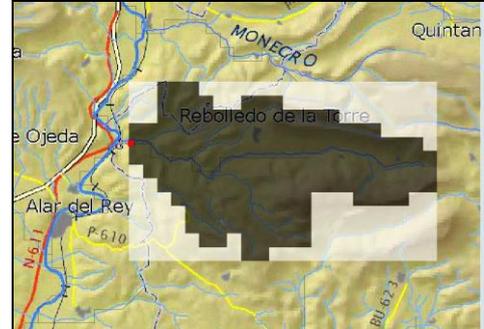


Figura 5- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 5

Municipio	Moncalvillo	
ARPSI	No	
Coordenadas	483829	4645219
Área (km2)	20,5	
Tiempo de concentración (h)	3,38	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	32,26	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	22,58	
	CLIMA ACTUAL	RCP 4.5
T100 actual Precipitación (mm)	84,65	106,02
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	77,25	96,75
Intensidad (mm/h)	15,14	18,96
Coeficiente de escorrentía (C)	0,31	0,38
CAUDAL T100 (m3/s)	33	52
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	25%	
Porcentaje de cambio en caudal	58%	

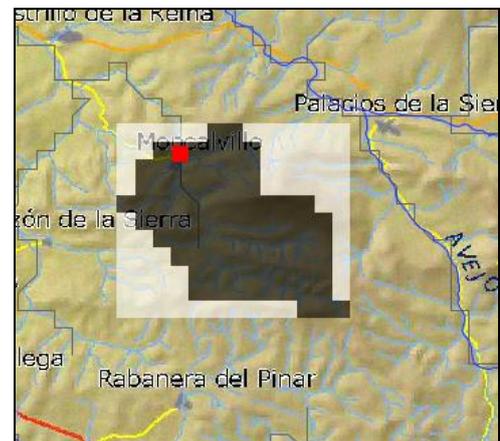


Figura 6- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 6

Municipio	Babilafuente	
ARPSI	No	
Coordenadas	295438	4539285
Área (km2)	16,5	
Tiempo de concentración (h)	3,12	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	20,15	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	12,09	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	67,97	106,23
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	62,45	97,61
Intensidad (mm/h)	12,9	20,16
Coeficiente de escorrentía (C)	0,45	0,6
CAUDAL T100 (m3/s)	33	69
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	56%	
Porcentaje de cambio en caudal	109%	



Figura 7- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 7

Municipio	El Campillo	
ARPSI	No	
Coordenadas	331645	4569276
Área (km2)	39,75	
Tiempo de concentración (h)	9,66	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	21,22	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	31,83	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	71	96,53
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	63,43	86,24
Intensidad (mm/h)	6	8,16
Coeficiente de escorrentía (C)	0,15	0,23
CAUDAL T100 (m3/s)	15	33
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	36%	
Porcentaje de cambio en caudal	120%	



Figura 8- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 8

Municipio	San Miguel del Arroyo	
ARPSI	No	
Coordenadas	378222	4589240
Área (km ²)	23,25	
Tiempo de concentración (h)	4,84	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	37,82	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	41,06	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	71	99,47
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	64,53	90,41
Intensidad (mm/h)	9,95	13,93
Coeficiente de escorrentía (C)	0,09	0,17
CAUDAL T100 (m³/s)	7	21
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	40%	
Porcentaje de cambio en caudal	200%	



Figura 9- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 9

Municipio	Villamediana	
ARPSI	No	
Coordenadas	387571	4655931
Área (km ²)	15,25	
Tiempo de concentración (h)	3,54	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	16,52	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	11,56	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	70,87	83,47
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	65,28	76,89
Intensidad (mm/h)	12,41	14,62
Coeficiente de escorrentía (C)	0,48	0,54
CAUDAL T100 (m³/s)	32	42
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	17%	
Porcentaje de cambio en caudal	31%	

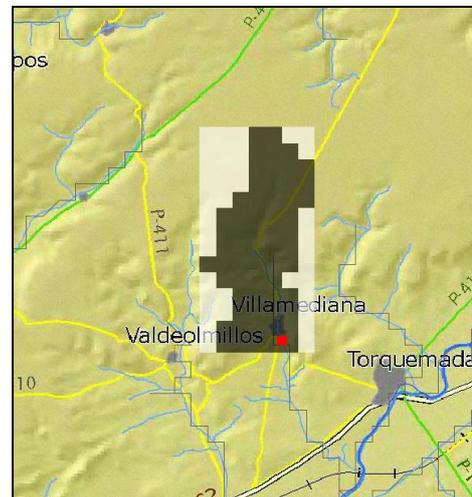


Figura 10- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 10

Municipio	El Cubo de la Tierra del Vino	
ARPSI	Si (ES020/0025_12-1800039-01)	
Coordenadas	272546	4571298
Área (km2)	38,75	
Tiempo de concentración (h)	6,48	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	26,24	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	15,74	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	84,82	106,34
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	75,84	95,08
Intensidad (mm/h)	9,55	11,98
Coeficiente de escorrentía (C)	0,42	0,5
CAUDAL T100 (m3/s)	65	93
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	25%	
Porcentaje de cambio en caudal	43%	

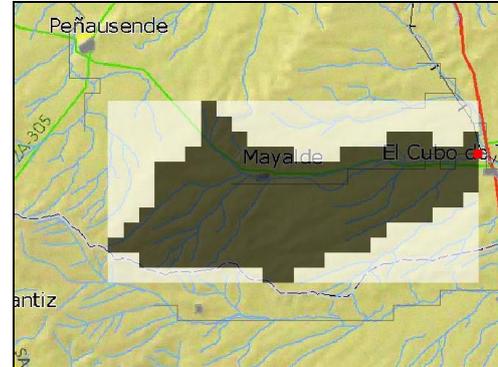


Figura 11- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 11

Municipio	Puentedura	
ARPSI	Si (ES020/0019_07-1800009-07)	
Coordenadas	452258	4655294
Área (km2)	23	
Tiempo de concentración (h)	3,94	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	37,67	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	26,37	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	73,36	85,58
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	66,7	77,81
Intensidad (mm/h)	11,81	13,78
Coeficiente de escorrentía (C)	0,21	0,26
CAUDAL T100 (m3/s)	21	29
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada	17%	
Porcentaje de cambio en caudal	38%	

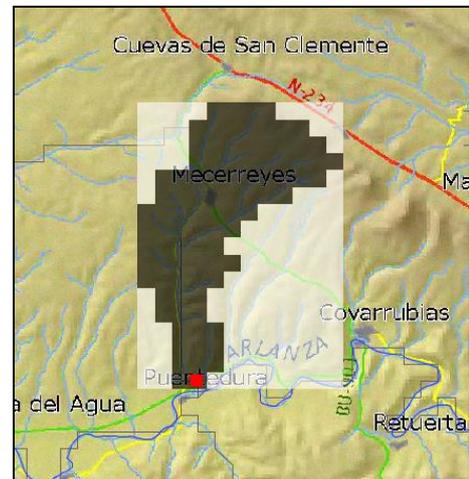


Figura 12- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

◆ TRAMO ANALIZADO 12

Municipio	Fuentespreadas	
ARPSI	Si (ES020/0011_11-1800567-01)	
Coordenadas	280675	4578693
Área (km ²)	22	
Tiempo de concentración (h)	3,34	
Factor de torrencialidad (I1/Id)	10	
Umbral de escorrentía (mm)	20,38	
Umbral de escorrentía aplicado el coeficiente corrector (mm)	30,57	
	CLIMA ACTUAL	RCP 8.5
T100 actual Precipitación (mm)	77,36	96,3
T100 actual Precipitación corregida en función del área (mm)	70,44	87,68
Intensidad (mm/h)	13,91	17,32
Coeficiente de escorrentía (C)	0,19	0,25
CAUDAL T100 (m3/s)	20	33
Porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria acumulada		24%
Porcentaje de cambio en caudal		65%

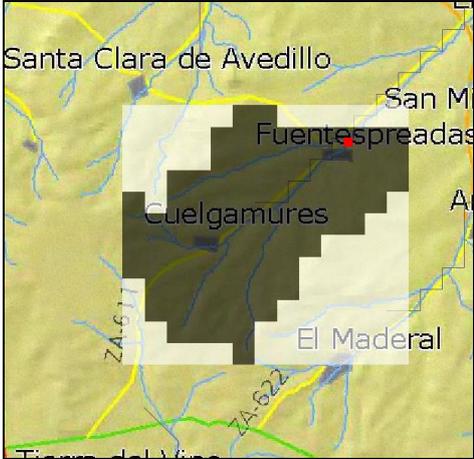


Figura 13- Cuenca correspondiente al tramo analizado a partir de la aplicación CauMax

4.1.4 Influencia de otros factores debidos al cambio climático en el riesgo de inundación

La magnitud y la frecuencia de las avenidas no solamente dependen de factores meteorológicos y climáticos, sino que también se encuentran influenciadas por otros parámetros físicos, biológicos y humanos. Por ejemplo, los cambios en la morfología del cauce, la densidad de la vegetación en los cauces, la conservación y manejo de los ecosistemas forestales, así como el cambio en los usos del suelo, tienen influencia en la generación de la escorrentía y en la capacidad de desagüe de los caudales de avenida. Dado que es de esperar que estos factores se vean modificados como resultado de la influencia del cambio climático o de factores de desarrollo de índole social o económico, cualquier cambio en ellos repercutirá directamente en la peligrosidad de las inundaciones.

A continuación se describen los principales factores de Cambio Global que pueden tener una influencia directa o indirecta en la delimitación de las zonas inundables, y que pueden identificarse a escala de cuenca vertiente o de tramo fluvial (cauce y llanura de inundación).

- Cambios en la vegetación y usos del suelo en la cuenca vertiente

El cambio climático lleva implícito un aumento de las temperaturas y la variación del régimen de precipitaciones, lo que implica cambios en la densidad de la cobertura vegetal a escala de cuenca vertiente y pudiendo verse favorecidos procesos como la **desertificación**, los **incendios** o las modificaciones en la elección de cultivos.

Los **cambios de uso del suelo** pueden incidir de forma notable en el comportamiento hidrológico de las cuencas fluviales, y por tanto en los picos de inundación. No es de extrañar que desde finales del siglo XIX muchos de los planes de repoblación forestal en España tuvieran como objetivo la disminución de las avenidas torrenciales. En relación con su influencia en el riesgo de inundación, [Rodríguez-Lloveras et al. \(2016\)](#) indican que los cambios de uso del suelo constituyen el factor más crítico de la respuesta hidrológica (caudal y sedimentos), confirmando que las configuraciones del uso de la tierra son el factor más determinante en la producción de escorrentía, incluso más que los generados por escenarios de emisiones de cambio climático más negativos. Dado que los cambios en el uso de suelo permiten una acción local más rápida que la propia mitigación del cambio climático, podemos concluir que la gestión del uso de la tierra debe considerarse una opción adaptativa para reducir los impactos del cambio climático en la hidrología.

Actualmente, la escasa rentabilidad de la agricultura ha contribuido al abandono de las tierras marginales, y las zonas de explotación agrícola y ganadera se encuentran fuertemente influidas por la política de subvenciones procedentes de la Política Agraria Común ([Boellstorff and Benito, 2005](#); [Rodríguez-Lloveras et al., 2015](#)). En aquellas zonas donde la configuración del uso del suelo presenta mayor densidad de vegetación se observa una baja producción de escorrentía y sedimentos, al igual que ocurre en las zonas agrícolas con prácticas de conservación. Estas prácticas de conservación son especialmente importantes en ambientes frágiles o altamente erosivos, como las cuencas mediterráneas ([Puigdefabregas et al., 1999](#)).

Sin embargo, la proyección futura de los posibles escenarios o cambios en los usos del suelo, para poder valorar tendencias, supone una tarea compleja ya que las variaciones en la ocupación no son fácilmente predecibles, aparte de que dependen de movimientos demográficos y políticas socio-económicas ajenas al medio natural ([Arnold et al., 1998](#)). Por ello, en aquellas cuencas donde exista constancia de cambios de vegetación o usos de suelo importantes, deberían de realizarse estudios encaminados a determinar su influencia en la generación de escorrentía y sedimentos durante episodios de lluvias intensas.

- Cambios en la geomorfología y la vegetación en los cauces y llanuras de inundación

A escala de curso o tramo fluvial se deben de analizar los cambios que afectan a la capacidad de desagüe de los cauces, y la conectividad hidrológica y sedimentaria a través de la red de drenaje. Estos factores que afectan a los desbordamientos durante crecidas fluviales pueden estar relacionados con los condicionantes hidráulicos, y la geomorfología y geometría del cauce.

La peligrosidad a escala de tramo se puede modificar debido a la variación en la densidad de la **vegetación riparia** y su **rugosidad hidráulica** asociada. Estos cambios en la vegetación pueden ser estacionales (debido a las variaciones de biomasa entre las estaciones de invierno y verano) o persistir en el tiempo en ríos con cambios en la frecuencia de las inundaciones. Por lo tanto, es importante tener en cuenta el crecimiento de macrófitas en el cauce de los ríos, así como de la vegetación riparia, por su papel durante las avenidas (cambios en la sección del río, calados y velocidades).

Por su parte, la dinámica fluvial produce cambios o perturbaciones en la morfología del cauce que pueden ser de tipo estacional (acumulación de gravas en barras), progresivas (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 consecuencia, es conveniente analizar la incidencia de la tendencia a medio y largo plazo de los **procesos de erosión y agradación de los cauces** en la inundabilidad de la llanura aluvial, ya que afecta a la extensión de los mapas de peligrosidad. Estos procesos, tal y como indica Prem Lal Patel (2013), pueden alcanzar cotas de cambio positivo del 14% para finales de siglo según estudios en diferentes cuencas a lo largo del planeta.

El análisis geomorfológico de los cauces y llanuras puede determinar escenarios de evolución geomorfológica en relación al aumento de la disminución de la sedimentación en los cauces, y su dinámica de migración. El movimiento lateral del cauce del río se determina mediante un análisis geomorfológico e histórico, y particularmente delimitando el denominado Espacio de Movilidad Fluvial. Es decir, el territorio o banda en el que el cauce puede desplazarse lateralmente, según [Ureña and Ollero \(2000\)](#). Se trata de una zona de dinámica fluvial cuya ordenación constituye un tipo de medidas descritas por el IPCC (2014), como indicadas para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. Esta ordenación supone fomentar una disminución en la construcción de diques y un aumento del espacio destinado al río, de tal forma que se facilite esta dinámica natural como elemento fundamental para laminar las inundaciones.

A continuación se presenta una tabla que recoge algunas de las principales afecciones del cambio climático sobre el sistema fluvial, que pueden condicionar la magnitud y características de las avenidas y sus consecuencias.

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

Tabla 13. Principales afecciones del cambio climático sobre el sistema fluvial

Los corredores fluviales son sistemas naturales dinámicos, focos de generación de biomasa y sedimentos, y pueden modificar de forma importante las condiciones hidráulicas en los eventos de inundación. A su vez, los ríos se encuentran condicionados por diversos factores morfológicos y ecológicos que pueden verse influidos por los cambios en temperaturas y precipitaciones esperables como consecuencia del cambio climático.

Por ello, durante la implementación del segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones podría ser conveniente considerar los cambios en la cobertura vegetal, usos del suelo, rugosidad, volumen de sedimentos, etc., así como las modificaciones de la propia geomorfología fluvial, para ayudar a determinar posibles cambios en el riesgo existente de las ARPSIs de primer ciclo o detectar nuevas zonas que anteriormente no presentaban riesgo de inundación.

4.1.5 Conclusiones de los efectos del cambio climático en el riesgo de inundación pluvial y fluvial

Como resultado de aplicar la metodología para la incorporación del cambio climático en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, se han obtenido distintas zonas de cambio para las precipitaciones máximas diarias en el futuro. El cambio en las precipitaciones máximas diarias está directamente relacionado con las proyecciones de modelos climáticos y con los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero considerados. Estos escenarios y proyecciones son las únicas herramientas vigentes para estudiar las alteraciones climáticas. Sin embargo, tanto la variabilidad natural del clima como las hipótesis asumidas hacen que se deba tener en cuenta la incertidumbre asociada a los cambios, y asumirla a la hora de considerar los resultados obtenidos.

La disparidad observada de las zonas de cambio en algunas zonas de la Demarcación, distintas según el escenario de emisiones considerado, es consecuencia de las hipótesis asumidas y de la posible evolución del clima según estas emisiones, por lo que no se puede descartar ninguno de los dos escenarios de emisión o considerar uno peor que otro. Ambos son igualmente posibles. Es por ello que la utilización de esta información para su incorporación en la EPRI queda a criterio de la Demarcación.

De igual forma, aunque en apartados anteriores se hayan estudiado ciertos tramos con influencia significativa del cambio climático en el régimen de precipitaciones, para valorar el cambio en la ley de frecuencia de caudales y la determinación de posibles zonas con riesgo pluvial se facilita a la Demarcación toda la información generada para que realice los análisis que considere oportunos en otros tramos que pudieran ser de su interés.

Concretamente, se pone a disposición de la Demarcación la siguiente información cartográfica:

- Archivos vectorial: cambio porcentual en la precipitación para las celdas con cambio significativo según cada escenario de emisión
- Archivos en formato ráster: precipitación máxima diaria areal en clima actual y en los dos escenarios de cambio climático y el porcentaje de cambio en la precipitación máxima diaria acumulada según los dos escenarios de emisión.

Los resultados obtenidos sobre los cambios en la precipitación máxima diaria acumulada muestran que en la Demarcación Hidrográfica del Duero, el porcentaje de cambio mayoritario se encuentra comprendido entre 20 y el 30% y el 30 y el 40% para ambos escenarios de emisiones. Estos cambios se producen especialmente en la margen izquierda, sobrepasando en numerosos casos el 40% de cambio. En la margen derecha, a pesar de algún tramo con cambios en torno al 10% (véase el escenario RCP 4.5 en cabecera de Demarcación), la mayoría de la red hídrica no sufre cambios

La selección de los tramos de ejemplo, se ha realizado en base a estos mapas de cambios porcentuales en la precipitación máxima diaria acumulada a lo largo de la red hídrica y una serie de criterios base (cambio en la precipitación máxima diaria acumulada mayor del 10%, posible riesgo urbano asociado y tamaño de cuenca inferior a 50 km²). Con estos condicionantes, se han seleccionado un total de 12 tramos de estudio, 5 para el RCP 4.5 y 7 para el RCP 8.5.

A partir del método racional modificado, el incremento en las precipitaciones se ha traducido en incremento de caudal para cada tramo, para obtener de esta forma los cambios porcentuales en los caudales. En la siguiente tabla se pueden observar tanto los cambios en la precipitación como en el caudal de las cuencas analizadas. Además, también se han valorado cualitativamente los cambios en ambas variables.

	CAMBIOS PORCENTUALES		CAMBIOS CUALITATIVOS	
	% Δ P	% Δ Q	Δ P	Δ Q
RCP 4.5				
Tramo 1 – Cabrillas	33%	53%	Alto	Medio
Tramo 2 – Puebla de Yeltes	33%	49%	Alto	Bajo
Tramo 3 – Miranda de Azán	36%	56%	Alto	Medio
Tramo 4 – Villela	33%	58%	Alto	Medio
Tramo 5 – Moncalvillo	25%	58%	Medio	Medio
RCP 8.5				
Tramo 6 – Balbilafuente	56%	109%	Muy Alto	Muy Alto
Tramo 7 – El Campillo	36%	120%	Alto	Muy Alto
Tramo 8 – San Miguel del Arroyo	40%	200%	Alto	Muy Alto
Tramo 9 – Villamediana	17%	31%	Bajo	Bajo
Tramo 10 – El Cubo de la Tierra del Vino	25%	43%	Medio	Bajo
Tramo 11 – Puenteadura	17%	38%	Bajo	Bajo
Tramo 12 – Fuentespreadas	24%	65%	Medio	Medio
Cambio en la precipitación			Cambio en el caudal	
10 – 20 % - Bajo			25 – 50 % - Bajo	
20 – 30 % - Medio			50 – 75 % - Medio	
30 – 40 % - Alto			75 – 100 % - Alto	
> 40 % - Muy Alto			> 100 % - Muy Alto	

Tabla 14. Cambios porcentuales en los valores de precipitación de cada escenario futuro con respecto a clima actual para cada tramo estudiado y su valoración cualitativa

Como se puede comprobar en la tabla anterior, la relación entre los incrementos de precipitación y de caudal no es equivalente, siendo esta relación por lo general exponencial.

De hecho, como consecuencia de que la relación precipitación-escorrentía no depende únicamente de la precipitación sobre la cuenca, sino que se encuentra condicionada además por otros factores (humedad antecedente o intensidad de la precipitación), estos resultados no pueden ser extrapolados espacialmente ni a zonas próximas ni a zonas de características similares. Es conveniente realizar los cálculos para cada tramo de interés de forma particular.

De igual forma, con respecto a las variaciones en el riesgo de inundación, es necesario analizar las características particulares de cada tramo. Por lo general, en aquellas zonas donde el cauce presente suficiente profundidad para desaguar los aumentos de caudal, es de esperar un aumento en el calado y de las velocidades. Esto, además, implicaría aumentos en la erosión del cauce y posibles desbordamientos puntuales.

Por otro lado, en las zonas donde el cauce es difuso o de poca profundidad y calado, los aumentos de caudal pueden favorecer incrementos en la extensión de la zona inundable y un posible aumento del riesgo de inundación al alcanzar bienes antes no afectados, entre otras consecuencias.

Por ello, durante la fase de revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo que sucederá a la fase de revisión de la EPRI es conveniente analizar estos cambios en el riesgo de inundación.

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:

ARPSIs de origen fluvial

Después de la actualización y ampliación en la identificación de tramos potencialmente inundables la determinación de umbrales y el análisis pormenorizado de los resultados, se vio necesario añadir los nuevos tramos de ARPSIs que figuran en la siguiente tabla.

CÓDIGO ARPSI	DENOMINACIÓN ARPSI	CAUCE	CÓDIGO TRAMO	SITUACIÓN	LONGITUD (km)
ES020/0005	ÓRBIGO-TUERTO-DUERNA	Tuerto	03- 1800042-04	Castrillo de Cepeda	0,78
ES020/0008	BERNESGA-TORÍO-PORMA	Bernesga	04-1800025-07	La Pola de Gordón	1,87
ES020/0013	CARRIÓN	Carrión	05-1800005-06	Grijota	2,4
ES020/0013	CARRIÓN	Carrión	05-1800005-07	Palencia	7,91
ES020/0014	PISUERGA-ESGUEVA	Esgueva	06-1800016-02	Villanueva de los Infantes	0,53
ES020/0019	ARLANZA	Arlanza	07-1800009-13	Palacios de la Sierra	1,06
ES020/0021	DUERO-UCERO-ESCALOTE	Duero	08-1800001-03	Aranda de Duero (río Duero)	2,47
ES020/0021	DUERO-UCERO-ESCALOTE	Bañuelos	08-1800080-01	Aranda de Duero (río Bañuelos)	1,49
ES020/0022	ADAJA-ERESMA-CEGA	Cega	10-1800011-03	Pajares de Pedraza	0,47

En la siguiente tabla se incluye un resumen del conjunto de ARPSIs fluviales con el número de tramos y sus longitudes, tanto los identificados en la EPRI del 1º ciclo como los añadidos una vez realizada la revisión y actualización (2º ciclo). El listado completo de tramos se encuentra en el Anexo III.

CÓDIGO ARPSI	DENOMINACIÓN	Nº SUBTRAMOS	LONGITUD TOTAL (km)
ES020/0001	TÁMEGA - BUBAL	3	6,66
ES020/0002	ALISTE	3	1,75
ES020/0003	TERA-ALMUCERA	13	10,99
ES020/0004	ERÍA	3	3,02
ES020/0005	ÓRBIGO-TUERTO-DUERNA	17	29,38
ES020/0006	LUNA	2	19,05
ES020/0007	ÓRBIGO-OMANAS-LUNA	13	19,39
ES020/0008	BERNESGA-TORÍO-PORMA	23	50,66
ES020/0009	BENAVENTE-ÓRBIGO-ESLA	9	66,54

CÓDIGO ARPSI	DENOMINACIÓN	Nº SUBTRAMOS	LONGITUD TOTAL (km)
ES020/0010	ZAMORA-ESLA	5	11,68
ES020/0011	BAJO DUERO	12	29,22
ES020/0012	SEQUILLO	1	4,35
ES020/0013	CARRIÓN	9	39,20
ES020/0014	PISUERGA-ESGUEVA	7	26,33
ES020/0015	DUERO MEDIO-DURATÓN	3	10,62
ES020/0016	PISUERGA MEDIO	1	1,38
ES020/0017	ALTO PISUERGA	11	15,41
ES020/0018	ARLANZÓN	7	24,15
ES020/0019	ARLANZA	13	11,57
ES020/0020	ALTO DUERO	5	7,88
ES020/0021	DUERO-UCERO-ESCALOTE	11	13,53
ES020/0022	ADAJA-ERESMA-CEGA	16	29,50
ES020/0023	ALTO TORMES	8	5,68
ES020/0024	GUAREÑA-ZAPARDIEL	2	4,15
ES020/0025	BAJO TORMES	14	25,60
ES020/0026	ÁGUEDA-YELTES	5	5,52
TOTAL		216	473,21

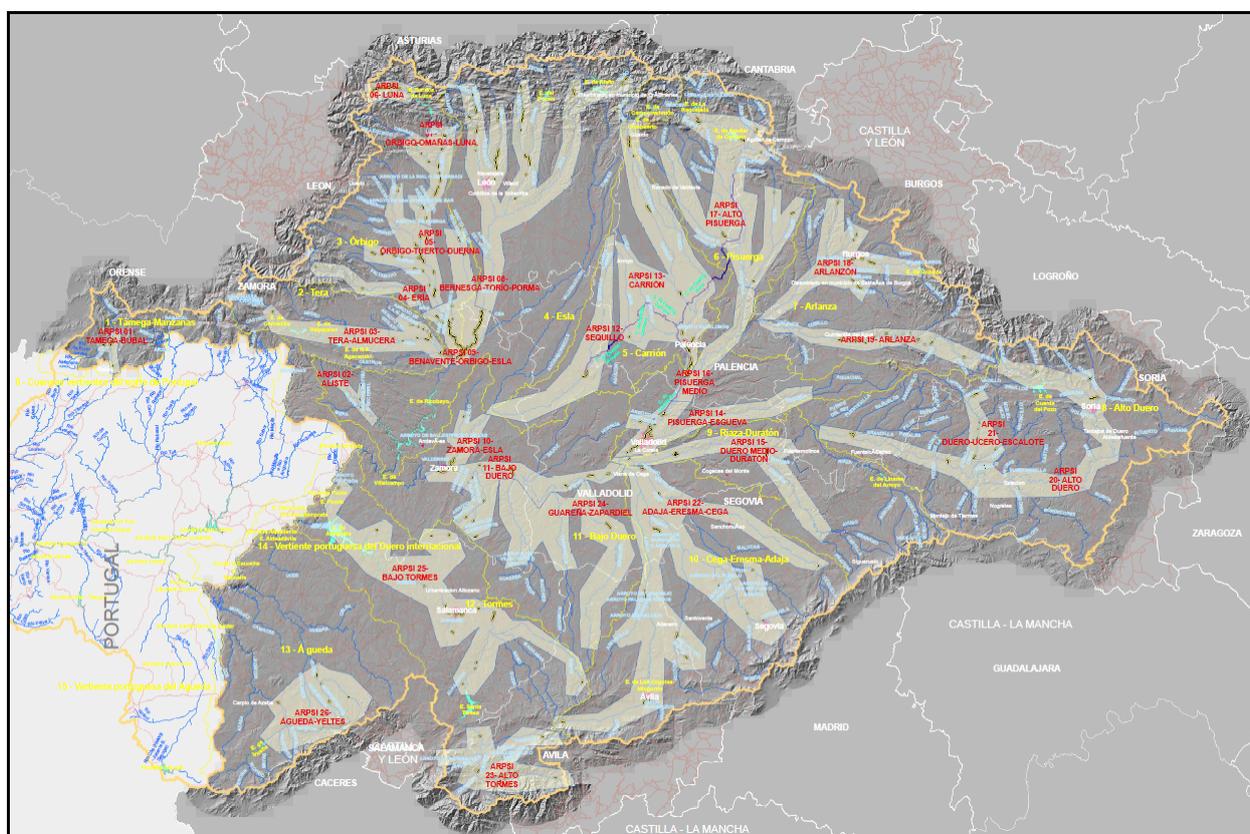


Figura 45. Mapa de la Demarcación Hidrográfica del Duero con identificación de las ÁRPSIs del 2º ciclo

ARPSIs de origen pluvial

Partiendo de la información disponible y con las conclusiones obtenidas en los estudios realizados en el apartado 3.2. de este documento se determinó no incluir ninguna ARPSI de origen pluvial en la Demarcación Hidrográfica del Duero.

6 Documentación y bibliografía

- MAGRAMA (2012). Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, 2007, DIRECTIVA 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
- Secretaria del Estado de Interior, 1995, Directriz Básica de planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008, Real Decreto 9/2008, por el que se modifica el REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO 2010, Real Decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.
- EXCIMAP, 2007, Handbook on good practices for flood mapping in Europe.
- FEMA, USA 2001, GUÍA 2: Understanding your risks: identifying hazards and estimating losses
- Plan de protección civil ante el riesgo de inundaciones en la comunidad autónoma de Castilla y León (INUNcyl).
- Plan especial de protección civil ante el riesgo de inundaciones en Galicia (Inungal).
- Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH)
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Documento Técnico VI del IPCC.
- Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones, CCS-MAPAMA (2017).

7 ANEXOS

Anexo I – Episodios históricos

Anexo II – Relación descriptiva de ARPSIs

Anexo III – Fichas ARPSIs

Anexo IV – Planos