

SEGURIDAD HÍDRICA



JOAQUÍN MELGAREJO MORENO
M^a INMACULADA LÓPEZ ORTIZ
PATRICIA FERNÁNDEZ ARACIL

SEGURIDAD HÍDRICA

© los autores, 2023
© de esta edición: Universitat d'Alacant
ISBN: 978-84-1302-234-5

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual.

TABLA DE CONTENIDO

BLOQUE I - PLANIFICACIÓN

Consideraciones ambientales con relación a la aprobación del Plan Hidrológico del Tajo de Tercer Ciclo 2022-2027 y el Traspase Tajo-Segura José Navarro Pedreño.....	19
Planificación Hidrológica: información, participación y evaluación ambiental estratégica Ángel Ruiz de Apodaca Espinosa	39
Representación espacio-temporal del riesgo de inundación a partir de las indemnizaciones del seguro de riesgos extraordinarios Francisco Espejo Gil, Urko Elozegi Gurmendi.....	59
La desalación en la estrategia de seguridad hídrica. Implicaciones económicas y ambientales Alberto del Villar García.....	73
La desalación en la provincia de Almería: garantía para el abastecimiento y el regadío Francisco Javier Alcántara Pérez	93
Mejorar la resiliencia ante las inundaciones en la Vega Baja (España). Propuesta didáctica en bachillerato Ángela del Carmen Zaragoza, Álvaro-Francisco Morote, María Hernández Hernández.....	105
Resignificando la ciudad como biotopo humano Javier Eduardo Parada Rodríguez, Liliana Romero Guzmán, Jesús Enrique De Hoyos Martínez	117
Gestión del agua y saneamiento básico en una reserva de desarrollo sostenible: comunidad de Nossa Senhora do Livramento do Tupé, Brasil Antonio Jorge Barbosa da Silva Maria Claudia da Silva Antunes de Souza	133
Proposición de una metodología para estimar la erosión del suelo en viticultura mediante ISUM (Improved Stock Unearthing Method). Un caso en el viñedo leonés Antonio Jódar-Abellán, Marta García-Fernández, Susana García-Pisabarro, Jesús Rodrigo-Comino	141
Estimación de la disponibilidad y seguridad hídrica bajo escenarios de cambio climático en una cuenca hidrológica agro-forestal del sureste de España Antonio Jódar-Abellán, Dámaris Núñez-Gómez, Efraín Carrillo-López, Ryan T. Bailey, Pablo Melgarejo	151
Determinación del umbral de escorrentía y disponibilidad hídrica de la cuenca hidrográfica del río Jubones, Ecuador Paolo Brazales Cervantes, Seyed Babak Haji Seyed Asadollah, Antonio Jódar-Abellán.....	163
Análisis del umbral de escorrentía de la cuenca del río Obispo, en la provincia del Carchi (Ecuador) Pablo David Viera Ríos, Derdour Abdessamed, Antonio Jódar-Abellán.....	175
El acuífero del Peñón (Alicante): un pequeño acuífero kárstico Víctor Sala Sala, José Miguel Andreu Rodes, Miguel Fernández Mejuto, Ernesto García Sánchez.....	185

¿Se observan cambios en la precipitación que afecten al Acuífero del Ventós (provincia de Alicante)?

José Miguel Andreu Rodes, Igor Gómez Domenech, Miguel Fernández-Mejuto, Juan Bellot Abad197

Revisión de las políticas de modernización de regadíos en la Comunidad Valenciana. La estrategia valenciana de regadíos 2020-2040

David Sancho-Vila, Marta García-Mollá207

El impacto del proyecto europeo ARSINOE en la gestión del acuífero de la isla de El Hierro (Canarias)

Juan C. Santamarta, Noelia Cruz-Pérez, Joselin S. Rodríguez-Alcántara, Alejandro García-Gil, Miguel Á. Marazuela, Carlos Baquedano, Jesica Rodríguez Martín, Luis Fernando Martín Rodríguez 219

BLOQUE II - INFRAESTRUCTURAS

Reutilización de aguas regeneradas en la cuenca del seguro. Adaptación al reglamento (UE) 2020/741: retos y oportunidades

Sonia M. Hernández López, José Carlos González Martínez231

Caracterización hidrológica de los caudales ecológicos mínimos en España

Luis Garrote de Marcos 249

Sobrevvertido en presas de hormigón. Evaluación de las acciones hidrodinámicas

Luis G. Castillo Elsitdié, José M. Carrillo Sánchez, Juan T. García Bermejo 269

Consideraciones sobre la estimación de hidrogramas de rotura de presas

Luis Altarejos García 295

La seguridad de las infraestructuras hidráulicas

Francisco Javier Flores Montoya315

La ordenación del territorio y la planificación hidrológica al servicio de la seguridad hidráulica y energética

Francisco Javier Flores Montoya325

La evolución de los servicios urbanos del agua en Madrid: un servicio de alta calidad

Ignacio Lozano Colmenarejo345

BALTEN: el agua regenerada como garantía de suministro de agua de riego en Tenerife

Ana Sánchez Espadas, Jesús Rodríguez Martí363

El sector del agua urbana frente a las nuevas exigencias legislativas para mantener la seguridad hídrica

Carmen Hernández de Vega, Alicia Ayuso Solís381

El abastecimiento de la ciudad de Ávila: retos y soluciones científico-técnicas

José Luis Molina González, Jorge Mongil Manso 399

El Consorcio de Aguas de la Marina Baja: un ejemplo de economía circular en la garantía del abastecimiento urbano ante el reto continuo de las sequías

Jaime Berenguer Ponsoda409

Gestión activa de sistemas de abastecimiento mediante el empleo de sistemas multiagente (MAS) para la sostenibilidad

Carlos Calatayud Asensi, José Vicente Berná Martínez, Vicente Javier Macián Cervera, Lucía Arnau Muñoz439

La gestión municipal del ciclo urbano del agua digitalizado

Rosa Rozas Torrente, M^a José Moya Llamas, Arturo Trapote Jaime451

Microsectorización dinámica redes de distribución de agua	
Arturo Albaladejo Ruiz.....	463
Uso de compuertas en redes de drenaje para reducir inundaciones	
Leonardo Bayas-Jiménez	477
Detección y monitoreo de aguas superficiales en la región semiárida brasileña a partir de datos orbitales de sensores remotos	
Izaias de Souza Silva.....	487

BLOQUE III - EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y JURÍDICA

La inseguridad hídrica del informe del Consejo Nacional del Agua sobre el recorte del travase Tajo-Segura	
Miguel Ángel Blanes Climent.....	499
El necesario impulso a las centrales hidroeléctricas reversibles como contribución a la seguridad energética nacional: algunas cuestiones jurídicas	
Estanislao Arana García	511
Políticas públicas para la mitigación del impacto del cambio climático sobre los aprovechamientos energéticos	
Jesús Conde Antequera	529
La legislación contra el cambio climático y la transición a una economía descarbonizada desde una doble perspectiva: ambiental y social	
José Esteve Pardo.....	549
Huella hídrica y financiación sostenible	
Domingo Zarzo Martínez, Mercedes Calzada Garzón, Patricia Terrero Rodríguez.....	559
¿Estamos sobreestimando los recursos de agua regenerada? Una ducha fría con la realidad hidro-económica	
Julio Berbel, Esther Díaz-Cano, Alfonso Expósito	577
Taxonomía de los instrumentos económicos aplicados para la gestión sostenible del agua	
Nazaret M ^a Montilla López, Esther Díaz-Cano y Julio Berbel.....	597
Seguridad hídrica y objetivos del PNIEC desde una perspectiva jurídica	
José Antonio Blanco Moa	613
SIAGES: un innovador sistema integrado de apoyo a la gestión del agua	
Alberto Esteban Barrera García, Álvaro Rodríguez García, Ramón Bella Piñeiro, Jose Pablo Ormaechea, Luis José Ruiz Aznar, Abel Solera Solera et al., Manuel Argamasilla Ruiz, Lupicino García Ortiz.....	631
Crisis energética y equilibrio económico financiero en la contratación pública	
Esteban Arimany Lamoglia	643
Garantía del abastecimiento en el Sureste español: la Mancomunidad de los Canales del Taibilla	
Patricia Fernández Aracil, M ^a Inmaculada López Ortiz, Joaquín Melgarejo Moreno.....	655
La evaluación de impacto ambiental de proyectos hidráulicos ¿lo estamos haciendo bien?	
Carlos Martín Cantarino.....	677

La seguridad energética y el autoconsumo fotovoltaico como herramienta para la seguridad hídrica	
Marcos García-López, Joaquín Melgarejo	695
Seguridad hídrica y equilibrio ecológico en el parque natural «El Hondo»: visión histórico-jurídica	
Francisco José Abellán Contreras	709
Los trasvases en tiempos de seguridad hídrica	
Paul Villegas Vega	723
Vulnerabilidad e incidencia de la pobreza hídrica en Alicante	
Ricardo Abad Coloma	735
Asequibilidad al agua urbana y pobreza hídrica en ciudades del Norte global: el caso de Alicante	
Luis E. Zapana Churata, Rubén A. Villar Navascués, María Hernández Hernández, Antonio M. Rico Amorós	745
Políticas públicas de ayudas para la mejora, modernización e innovación en el regadío de la Región de Murcia	
Ramón Martínez Medina, Encarnación Gil Meseguer, José María Gómez-Gil, José María Gómez Espín	759
O reflexo das <i>fake news</i> frente a crise ambiental: uma reflexão necessária nos dias atuais	
Aline Hoffmann, Liton Lanes Pilau Sobrinho	773
Apontamentos sobre o pagamento por serviços ambientais	
André Luiz Anrain Trentini	783
Constitucionalismo das águas – o “aguar” das constituições	
Luciana Pelisser Gottardi Trentini	795
Uso sustentável da água: uma definição a partir dos conceitos de segurança hídrica, de eficiência e de sustentabilidade	
Ana Luisa Schmidt Ramos, Alexandre Morais da Rosa	805
O regime de responsabilidade penal pela poluição hídrica no Brasil	
Jefferson Zanini, Luiz Antônio Zanini Fornerolli	815
Segurança hídrica e seu tratamento jurídico no o regime de responsabilidade penal pela poluição hídrica no Brasil e na Espanha	
Leandro Katscharowski Aguiar	827
Debatendo os ODS com base na sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável.....	
Denise Schmitt Siqueira Garcia, Heloise Siqueira Garcia	837
A falta de efetividade no planejamento da segurança hídrica do Brasil	
Denise Schmitt Siqueira Garcia, Alexandre Waltrick Rates	851
Do constitucionalismo ao constitucionalismo global: por uma constituição mundial em defesa de bens fundamentais	
Vanessa Ramos Casagrande	863
A dessalinização da água como instrumento de segurança hídrica	
Anaxágora Alves Machado Rates	875
A canção dos oceanos	
Paola Fava Saikoski	885

Análise da lei de recursos hídricos à luz da responsabilidade do Brasil para com a sustentabilidade e a conscientização ambiental	
Adilor Danieli	895
Investigación sobre el río Amarillo en las dinastías Ming y Qing. Comentario sobre la Ley de protección del río Amarillo	
Yang Yang.....	907
Propuesta metodológica para la recolección del etnoconocimiento en la gestión del riesgo de desastre	
Isaleimi Quiguapumbo Valencia, Antonio Aledo Tur.....	919

BLOQUE IV - TECNOLOGÍAS

Nuevo sistema de riego con recuperación de agua y nutrientes	
Pablo Melgarejo, Dámaris Núñez-Gómez, Pilar Legua, Vicente Lidón, Agustín Conesa, Antonio Marhuenda, Juan José Martínez-Nicolás.....	933
Dinapsis: transformación digital para la gestión sostenible del agua y la salud ambiental	
María Tuesta San Miguel.....	953
Los contaminantes emergentes en la reforma de la directiva de aguas residuales	
Daniel Prats Rico.....	959
Fertirrigación y nuevas estrategias como garantía de seguridad hídrica en el regadío	
Alejandro Pérez Pastor y Elisa Pagán Rubio.....	985
La desalación y el hidrógeno	
Alejandro Zarzuela López.....	1005
Análisis regional de la reducción de boro en agua marina desalinizada para el riego agrícola en el sureste español	
Alberto Imbernón Mulero, José Francisco Maestre Valero, Saker Ben Abdallah, Victoriano Martínez Álvarez, Belén Gallego Elvira.....	1021
Impacto ambiental de la reducción del boro del agua de mar desalinizada para el riego en parcela	
Saker Ben Abdallah, Belén Gallego-Elvira, Alberto Imbernón-Mulero, Victoriano Martínez-Alvarez, José Francisco Maestre Valero.....	1031
Modelado cinético del consumo de CO₂ para la cepa Spirulina platensis	
Antonio F. Marcilla Gomis, Inmaculada Blasco López.....	1041
Empleo de filtro verde construido con residuos para reducir el contenido en fósforo en aguas de riego	
Teresa Rodríguez Espinosa, María Belén Almendro Candel, Ana Pérez Gimeno, Iliana Papamichael.....	1055
Tecnologías de oxidación avanzada para la degradación del fármaco carbamazepina: la ozonización	
María José Moya-Llamas, Marta Ferre Martínez, Elizabetha Domínguez Chabaliná, Arturo Trapote Jaime, Daniel Prats Rico.....	1067
Aprendizaje basado en proyectos colaborativos globales en formación profesional: banco de ensayos hidráulicos para la digitalización del agua	
Albert Canut Montalvã, Joaquín Martínez López, Maties Roma mayor, Antonio Oliva Sánchez.....	1079

Reutilización de agua para riego en la ciudad de Murcia. Proyecto LIFE CONQUER Eva Mena Gil, Simón Nevado Santos, Elena de Vicente Aguilar, Adriana Romero Lestido Benoît Fabien Claude Lefèvre.....	1091
Eliminación de microcontaminantes emergentes en lodos de depuradora mediante procesos de oxidación avanzada: peróxido de hidrógeno y ozono Clara Calvo Barahona, Adrián Rodríguez Montoya, María José Moya-Llamas, Arturo Trapote Jaume, Daniel Prats Rico.....	1103
Vigilancia y protección de las aguas superficiales mediante el proyecto WQeMS y los servicios del Copernicus Pablo Cascales de Paz, Eva Mena Gil, Isabel Hurtado Melgar, Laurent Pouget.....	1115
Tratamiento ecológico para la eutrofización y la anoxia en las masas de agua Ricardo Mateos-Aparicio Baixauli.....	1125
Modelado de descarga submarina de salmuera antes y después de la instalación de un difusor Silvano Porto Pereira, José Luís Sánchez-Lizaso, Paulo César Colonna Rosman. Ángel Loya, Iran Eduardo Lima Neto.....	1137
Las sequías en España en el siglo XXI: su influencia en la disminución y cierre de transferencias de agua del acueducto Tajo-Segura y de la conexión Negratín-Almanzora Encarnación Gil Meseguer, Ramón Martínez Medina, José María Gómez-Gil, José María Gómez Espín.....	1147

Representación espacio-temporal del riesgo de inundación a partir de las indemnizaciones del seguro de riesgos extraordinarios

Francisco Espejo Gil
fespejo@consorseguros.es

Urko Elozegi Gurmendi
uelosegi@consorseguros.es

Consorcio de Compensación de Seguros, España

RESUMEN

Esta contribución pretende utilizar los datos de siniestralidad del seguro de riesgos extraordinarios por causa de inundación entre 1996 y 2022 y los datos de valores asegurados, ambos con resolución código postal, para hacer un análisis del riesgo de inundación en España, tanto espacial, con resolución de código postal, y también agregado por demarcación hidrográfica, como de la estacionalidad de esas inundaciones a partir de la estación en la que se abonan, de media, mayor porcentaje de indemnizaciones en cada código postal.

1.INTRODUCCIÓN

El seguro es una de las fuentes de información más detalladas y exactas que se puede utilizar para hacer análisis del riesgo de inundación. El problema que se presenta de forma general es la disponibilidad de estos datos, normalmente dispersos entre las decenas o los centenares de las aseguradoras que suelen operar en un mercado dado. Otro problema es la propia disponibilidad y la demanda (y contratación) de este producto. El caso general en la gran mayoría de las jurisdicciones es una contratación separada y voluntaria de pólizas específicas para inundación. Cabe suponer que las personas que desean contratarlo son aquellas que están más expuestas al peligro, por lo que se suele presentar un problema de selección adversa que se traduce en un coste elevado de las primas y, por tanto, una menor penetración de este seguro, con lo que los datos son no solo dispersos sino sesgados y relativamente escasos.

Algunos pocos países disponen de mecanismos regulatorios del mercado asegurador que facilitan la mutualización de determinados riesgos, eliminando así el problema de la selección adversa, reduciendo el coste de las primas y maximizando la penetración del seguro de inundación. Uno de esos países es España, en el que es obligatorio extender la cobertura de casi todos los seguros de bienes a una serie de “riesgos extraordinarios”, entre los que se incluye la

inundación. Para este seguro de riesgos extraordinarios se aplica un recargo a las pólizas que se contratan con cualquier aseguradora privada que opere en el mercado español y que sirve para que una aseguradora pública, el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), indemnice los daños por inundación en todos los bienes asegurados. De esta forma, en España existe una situación comparativamente mucho mejor para el estudio del riesgo de inundación a partir de los datos de daños asegurados porque:

- a. La inmensa mayoría de los bienes asegurados están automáticamente asegurados contra el riesgo de inundación, eliminando la brecha de protección presente en otros países de nuestro entorno.
- b. Las indemnizaciones por este peligro son responsabilidad de una sola entidad, el Consorcio de Compensación de Seguros, que dispone de una larga serie de datos detallados de indemnizaciones por este peligro.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. Objetivos

Entre los objetivos de este trabajo figura una mejor descripción del peligro de inundación, con resolución de código postal, a partir de las indemnizaciones del CCS, poniéndolo en relación con el valor de la exposición asegurada, y realizando además una estacionalización del peligro para todo el territorio español a partir de estos datos de daños asegurados.

Sobre el valor de la exposición asegurada, un cambio normativo aplicado en 2019 implica que todas las entidades aseguradoras deban informar al CCS a partir del Sistema de Información de Recargos (SIR) de todos los capitales asegurados por tipo de riesgo expuesto (viviendas y comunidades de vecinos; comercios, industrias e infraestructuras; automóviles, etc.) con resolución de código postal. Tras unos años para depurar el sistema de información y los propios datos, el CCS ha publicado estos datos expuestos a fecha 31 de diciembre de 2021 (Figura 1).

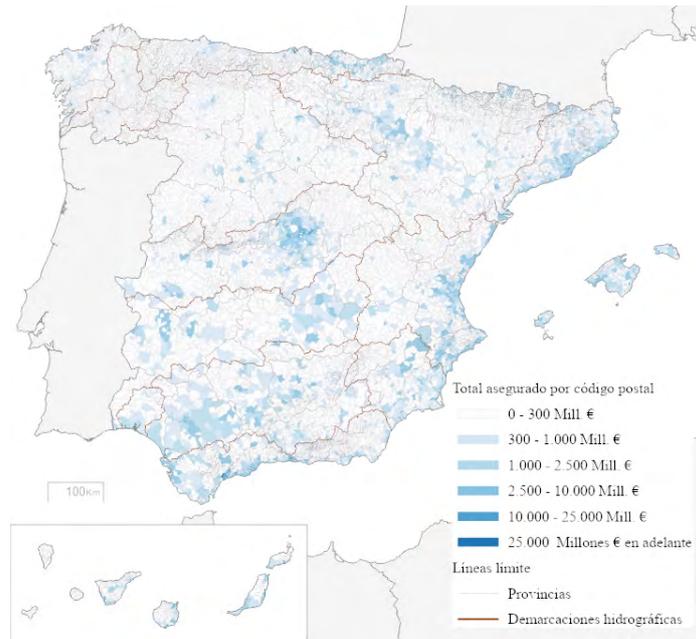


Figura 1. Capitales asegurados en daños a los bienes por código postal a 31-12-2021.
Fuente: CCS. Elaboración propia.

El CCS dispone de información detallada, igualmente con resolución de código postal, de las indemnizaciones que realiza en concepto de riesgos extraordinarios. Esta información está digitalizada y revisada desde 1996 hasta 2022, lo que permite hacer una representación de, en este caso, las indemnizaciones por inundación con resolución de código postal medias en este periodo de 27 años (Figura 2).

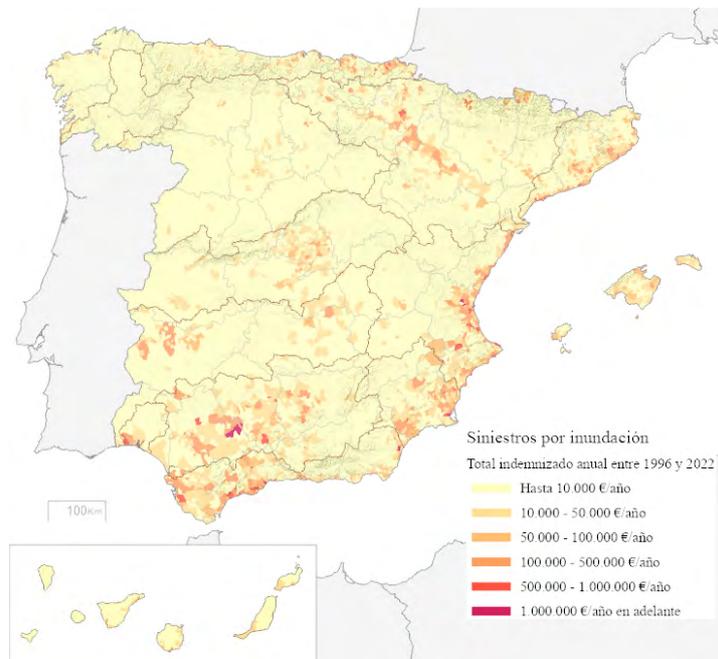


Figura 2. Siniestros por inundación. Indemnización media anual por código postal entre 1996 y 2022.
Fuente: CCS. Elaboración propia.

2.2. Metodología

La metodología ha consistido en el análisis de la componente geográfica de datos de indemnizaciones y exposición de forma combinada. Estas dos informaciones provienen de distintos sistemas de información dentro del CCS y muestran distintas estructuras y características en origen.

2.2.1. Determinación de las componentes geográficas de análisis

La relación entre los datos y el territorio en el que se da el peligro de inundación revela diversas características según la escala o detalle con el que son observadas.

Entre los objetivos del CCS se encuentra la promoción de la prevención y la reducción de riesgos, mediante la colaboración con otras instituciones y la realización de actividades que contribuyan a minimizar los efectos de los eventos catastróficos.

Las características de la información obrante en el CCS permiten, por un lado, incrementar el nivel de escala a código postal para poder detectar detalles imperceptibles a nivel municipal¹ y, por otro lado, analizar la información a nivel de demarcación hidrográfica, útil para la gestión del peligro de inundación a nivel nacional.

El código postal establecido en España permite un análisis de área pequeña que aporta una significativa mejora del análisis a nivel municipal, especialmente en municipios altamente poblados, permitiendo una segmentación más precisa de la información y un entendimiento más profundo de las características y necesidades de diferentes áreas dentro de estos municipios. Además, el análisis por código postal permite una gran compatibilidad para examinar actividades económicas y comerciales que se desarrollan por áreas, pudiendo también ser empleados en la elaboración de estudios de mercado (Serenó 2009), anonimizando la información y cumpliendo con las regulaciones de protección de datos personales.

En España las demarcaciones hidrográficas son ámbitos definidos en el Real Decreto 125/2007, establecidos de acuerdo con las características de las cuencas hidrográficas y sus correspondientes recursos hídricos que se gestionan desde los organismos de cuenca para la gestión del agua a nivel nacional. Estas propiedades permiten que sean utilizadas para un análisis de área grande que aporta contexto especialmente útil para la toma de decisiones.

2.2.2. Transformación y modelado del dato

Relacionar datos de indemnizaciones, exposición, código postal y demarcación hidrográfica exige aplicar transformaciones a cada una de las cuatro fuentes de forma individualizada para en último término proceder a la unión, agregación y cálculo de variables de análisis. Se han realizado chequeos de datos nulos, vacíos, repeticiones y formatos irregulares para los dos orígenes, además de estacionalizar climatológicamente cada registro de fecha, identificando, por meses completos, la primavera (marzo, abril, mayo), el verano (junio, julio, agosto), el otoño (septiembre, octubre, noviembre) y el invierno (diciembre, enero, febrero).

¹ Al vincular los códigos postales con información sobre empresas y establecimientos, se pueden identificar los sectores más prominentes, como restaurantes, tiendas minoristas, servicios de salud, entre otros. Esto es especialmente relevante en municipios altamente poblados, donde la diversidad y la concentración de actividades económicas pueden variar considerablemente de un área a otra. El análisis por código postal facilita la comprensión de las dinámicas económicas locales y ayuda a los planificadores y tomadores de decisiones a implementar estrategias más eficaces para impulsar el desarrollo y la calidad de vida en cada zona específica del municipio.

En esta fase de transformaciones la última etapa ha sido unificar los campos según el esquema utilizado en el diccionario de datos de la distribución estimacion_bienes_asegurados_por_codigo_postal (CCS, 2023), logrando un conjunto de datos de análisis de siniestros causados tanto para inundación como para eventos hidrometeorológicos y por todos los fenómenos naturales considerados dentro de los Riesgos Extraordinarios, con un nivel de completitud del 99,81 %. Adicionalmente se realizan procesos de verificación de la anonimización, normalización, y mejora de la información que posibilite la combinación con otras fuentes de datos de carácter oficial que permitan un análisis íntegro y homogéneo para todo el ámbito de actuación del CCS.

2.2.3. Mejora de la calidad del dato

El CCS cuenta con datos históricos de las indemnizaciones compensadas que se remontan a los inicios de la actividad de la entidad. Sin embargo, la evolución de las tecnologías de la información y la continua mejora de la calidad de los datos obliga a seleccionar un histórico que permita un óptimo tratamiento de estos. Así, el CCS determina que los datos desde 1996 cuentan ya con la calidad óptima para su análisis con técnicas modernas, estableciendo ciertas consideraciones para una mejor interpretación de los mismos.

Los conjuntos de datos de indemnizaciones y exposición del CCS cuentan, entre otros datos territoriales, con la variable ‘código postal’. Al ser este un dato normalmente aportado por las personas que contratan un seguro o solicitan una indemnización por siniestro, ocasionalmente se dan casos en los que el usuario indica el código postal que cree correcto, pero este resulta inexacto. La base de datos cuenta con expedientes no directamente asignables a códigos postales existentes. Es el caso de los códigos que teniendo los dos primeros dígitos (que identifican la provincia), terminan en triple cero (‘000’), como por ejemplo ‘01000’, ‘05000’, ‘11000’, ‘16000’, ‘35000’, ‘36000’, ‘38000’, ‘42000’, ‘44000’ los cuales no son códigos postales válidos según el sistema de codificación postal español actual. Identificando estos casos como errores de escritura, proponemos la aplicación de un proceso de normalización de códigos postales que implica identificarlos con el código postal correcto “más cercano” para la ubicación en cuestión. El criterio a aplicar será que en esos casos el más cercano es el que termina en ‘1’. Esto permite que cerca de los 5.392 millones de euros que suman todas las indemnizaciones por inundación en España en la serie entre 1996 y 2022 sean asignados y correctamente distribuidos en el territorio, territorializando hasta un 5,91% del total de estos datos y dotando al conjunto de datos de una robustez estadística completa.

2.2.4. Evaluación de la asignación de demarcaciones hidrográficas

La relación de los datos con las demarcaciones hidrográficas se realiza por geoprocésamiento basado en la coincidencia de localización de los centroides de los códigos postales agregables en cada demarcación hidrográfica. Este proceso está condicionado por las características topológicas de los recintos de código postal, que se presenta con casos de polígonos múltiples, y límites de recintos no coincidentes con los límites de las demarcaciones.

Una vez aplicados los geoprocésamientos para relacionar ambos conjuntos, se contabilizan hasta 4.780 expedientes de inundación no asignables a demarcación hidrográfica cuyo coste total sumado es de 10,34 Millones de €, dato que representa una proporción del 0.19% frente al coste total de todas las inundaciones. Dicha proporción entra dentro del intervalo de confianza esperable en una muestra aleatoria² por lo que podemos considerar que la muestra es de buena calidad, y sigue siendo estadísticamente representativa.

² El nivel de significancia (alpha) utilizado en la evaluación es el 0.05 sugerido por Wasserstein y Lazar (2016).

2.2.5. Geodatos resultantes

Como resultado de la unión y agregación de todas las tablas preprocesadas se obtienen tablas de información alfanumérica por código postal y por demarcación hidrográfica compatibles para unir con sus respectivas capas de geometrías, con los siguientes campos de atributos:

codigo_postal, demarcación hidrográfica, numero_siniestros, coste_total, coste_promedio, coste_viviendas, coste_vehiculos, coste_resto, numero_de_polizas, total_capitales, capitales_viviendas, capitales_vehículos, capitales_resto, coste_primavera, coste_verano, coste_otoño, coste_invierno, estación_máxima, proporción_maxima, tasa_siniestralidad.

3. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DEL PELIGRO DE INUNDACIÓN

Como resultado de la división entre la media anual de la siniestralidad en el periodo entre 1996 y 2022 y el total expuesto (en diciembre de 2021) y, es posible obtener una representación sintética del peligro de inundación a partir de los datos de daños asegurados para todo el territorio nacional por código postal (Figura 3).

Este cociente, entre la siniestralidad media anual (en euros) y la exposición (en millones de euros) es lo que hemos denominado tasa de siniestralidad. Para una representación más clara, hemos hecho una división visualmente llamativa entre aquellos códigos postales en los que la indemnización es superior a 50 euros/año por cada millón asegurado. Dado que a partir de este umbral los daños aumentan casi exponencialmente, se han representado también dos categorías especiales, en tonos de magenta, de aquellos códigos postales que presentan siniestralidades anuales medias superiores a 500 y 1000 euros por cada millón asegurado, claramente correspondientes con las localizaciones donde el riesgo de inundación es muy alto o extremadamente alto.

De norte a sur, esta representación define claramente unas zonas de alta siniestralidad en las Rías Bajas de Galicia. Mayor extensión tienen los códigos postales con siniestralidad alta en ambas vertientes de la Cordillera Cantábrica. En el lado norte, se trata de valles con una alta exposición por los que discurren cursos fluviales con una limitada capacidad de regulación. Quizá sea más sorprendente la aparición de códigos postales con un elevado riesgo de inundación en la vertiente sur de esta cordillera, que responden a un patrón que también se produce en otras zonas de montaña, como los Pirineos y los sistemas Béticos (incluyendo a las Islas Baleares) y Penibéticos: se trata de pequeños núcleos de población, por lo general, pero muy expuestos al riesgo de inundación por el desbordamiento de cursos cortos, con poco tiempo de respuesta y con poca o ninguna regulación disponible.

lo que significa que hay al menos un 95% de confianza en que el intervalo de confianza contiene la proporción real de la población.

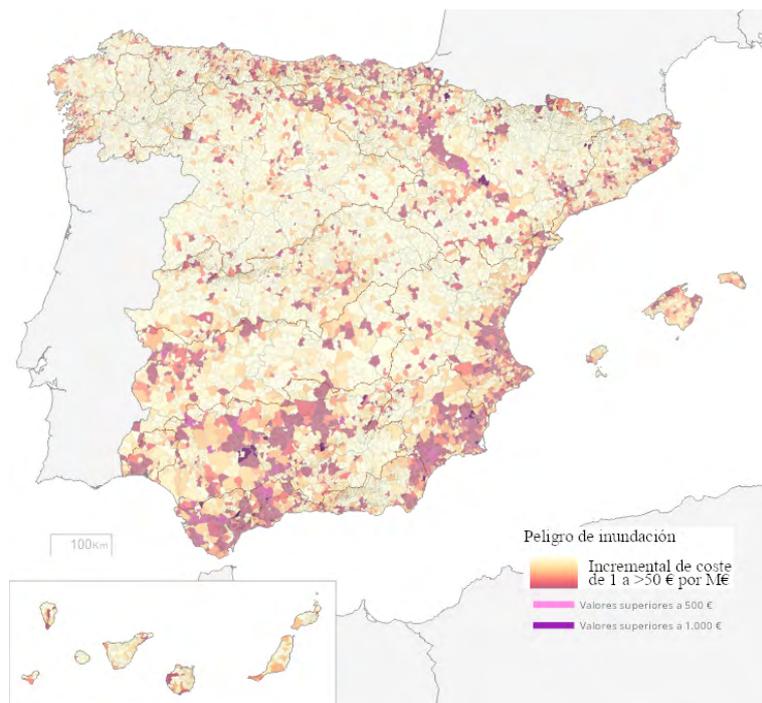


Figura 3. Representación del peligro de inundación por código postal en España a partir de la tasa de siniestralidad (euros/año indemnizados por cada Millón € asegurado). Siniestralidad anual 1996 - 2022 / Exposición 2021. Fuente: CCS. Elaboración propia.

Otras zonas de alta siniestralidad relativa se presentan a lo largo de los colectores principales, y aquí destacamos al Ebro, al Guadiana en la provincia de Badajoz y en el Guadalquivir en su tramo medio, incluyendo aquí también los tramos medios y bajos del Genil. Por último, las zonas donde convergen los factores de proximidad al mar, elevados gradientes con cursos cortos y, en la zona mediterránea, frecuentemente discontinuos, y una alta exposición son zonas de alta siniestralidad. Aquí podemos citar a los tramos finales de la cuenca del Tinto y Piedras y a secciones de la costa atlántica de Cádiz y al tramo entre el estrecho de Gibraltar y la costa granadina. Igualmente, existe un continuo de códigos postales con un nivel alto de indemnizaciones sobre el capital asegurado desde el Cabo de Gata hasta el Delta del Ebro. De forma discontinua, estas zonas se prolongan por el resto de la costa catalana.

En la costa cantábrica esta misma situación se presenta en el sector más oriental.

Con respecto a los códigos postales con un nivel de peligro muy alto y extremadamente alto, que hemos definido aquí como los que reciben más de 500 y 1.000 euros (a valores de 31 de diciembre de 2021) de indemnización media anual por cada millón de euros asegurados, suponen el prácticamente el 1 % sobre el total (en términos absolutos, se trata de 68 y 37 códigos postales, respectivamente). La distribución del número de códigos postales por intervalo de tasa de siniestralidad se representa en la Figura 4. El 60 % de los códigos postales tienen una tasa de siniestralidad inferior a 10 euros indemnizados al año por cada millón de euros asegurado. En general, aquellos CP que tienen unas tasas de siniestralidad extremadamente alta responden al caso de capitales asegurados muy bajos que han tenido algunas siniestralidades importantes. Los CP de tasa de siniestralidad alta son más significativos y se localizan en la subcuenca del Guadalentín, en las proximidades de la Serranía de Ronda y Grazalema y en la cuenca del Mar

Menor y la Vega Baja del Segura (Figura 5). De forma más dispersa, también están a lo largo del eje del Ebro y en otras localizaciones de las Béticas y el Cantábrico Oriental.

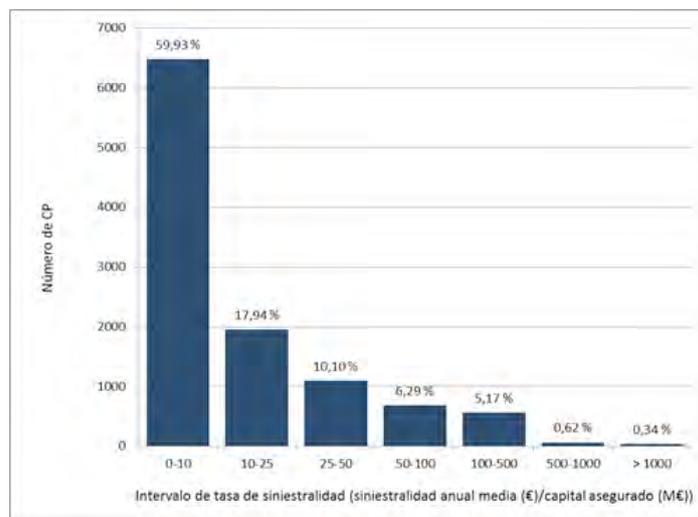


Figura 4. Distribución de intervalos de tasa de siniestralidad por código postal, para todos los códigos postales españoles analizados. Fuente. CCS. Elaboración propia.

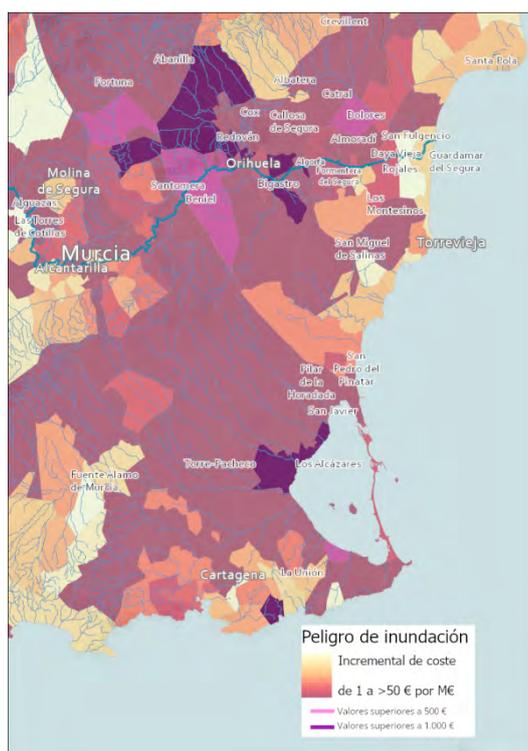


Figura 5. Detalle de la representación de la tasa de siniestralidad por inundación en la cuenca del Mar Menor y la Vega Baja del Segura. Fuente. CCS. Elaboración propia.

4. REPRESENTACIÓN DEL PELIGRO DE INUNDACIÓN POR DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

Con los condicionantes, comentados en la sección de Metodología, que tiene adscribir una delimitación funcional, como es el código postal, con otra física, las cuencas hidrográficas, hemos sintetizado esta información: capital asegurado, daños indemnizados y tasa de siniestralidad para todas las demarcaciones hidrográficas españolas. Los resultados se visualizan, respectivamente, en las Figuras 6, 7 y 8.

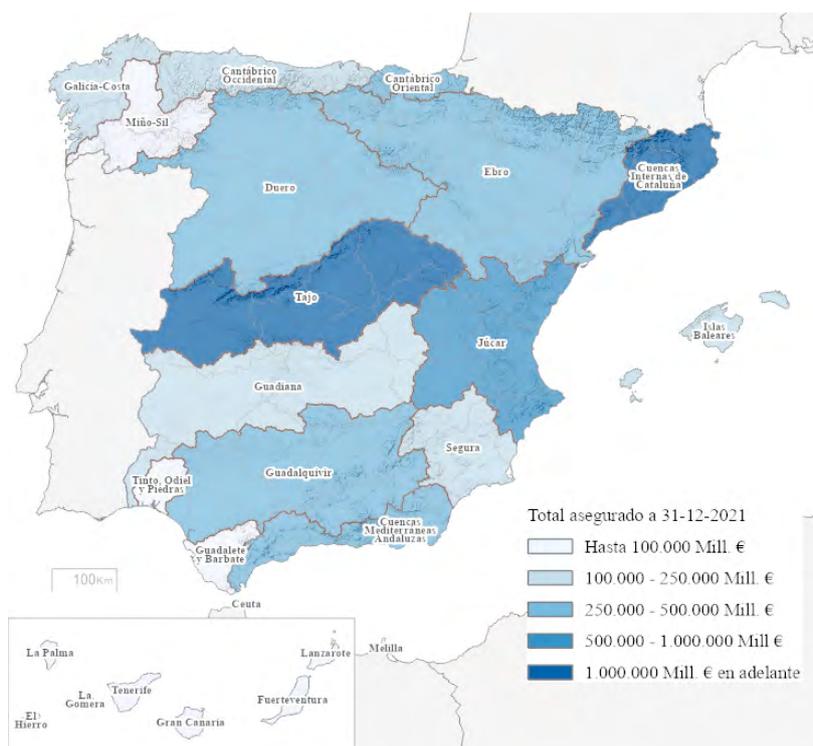


Figura 6. Valor asegurado total (en diciembre de 2021) por demarcación hidrográfica.
Fuente: CCS. Elaboración propia.

De forma nada sorprendente, las demarcaciones hidrográficas con mayor capital asegurado son aquellas donde están las dos áreas metropolitanas más importantes del país: Tago (Madrid) y Cuencas Internas de Cataluña (Barcelona).

La representación espacial por demarcación hidrográfica de los daños indemnizados por inundación tiene una clara tendencia a acumularse en las cuencas mediterráneas: Segura, Júcar, Cuencas Internas de Cataluña, Ebro y Cuencas Mediterráneas Andaluzas, aunque también el Guadalquivir y el Cantábrico Oriental presentan indemnizaciones medias relativamente altas.

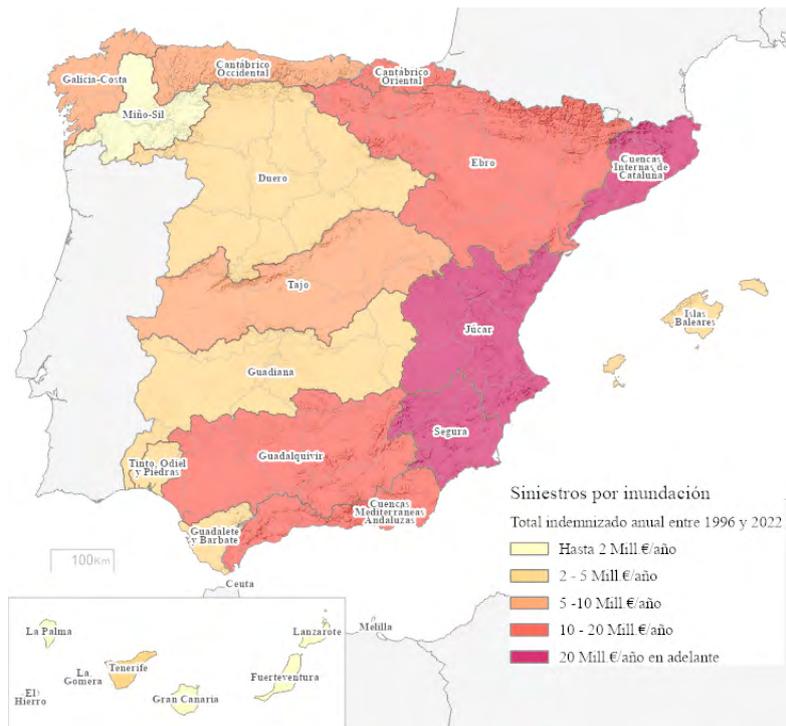


Figura 7. Indemnizaciones medias anuales por inundación según demarcación hidrográfica en el periodo 1996-2022. Fuente: CCS. Elaboración propia.

Por demarcaciones hidrográficas, la tasa de siniestralidad es especialmente alta en la cuenca del Segura, y alta en la del Júcar, Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Tinto, Odiel y Piedras y Cantábrico Oriental. El resto de demarcaciones se mantiene en valores medios y destacan por su baja tasa de siniestralidad las demarcaciones del Tajo y la isla de La Palma.

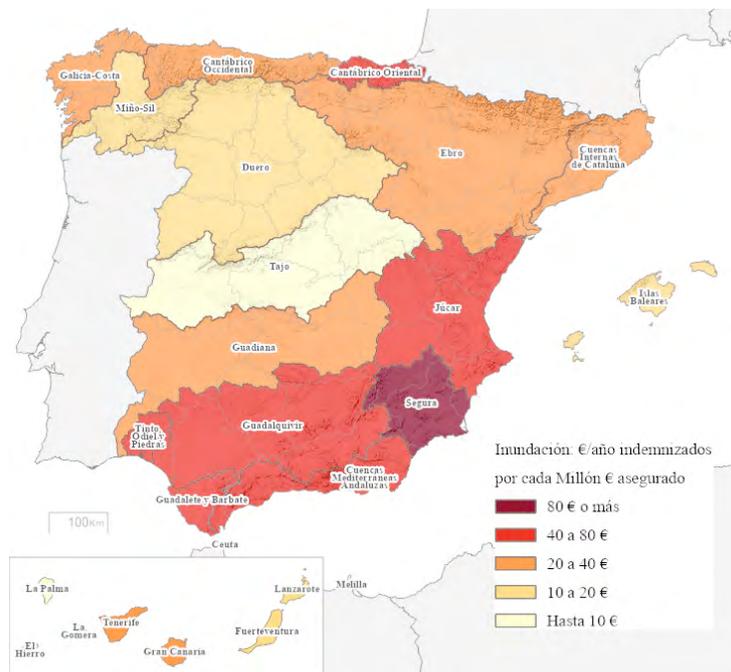


Figura 8. Tasa de siniestralidad media (indemnizaciones medias anuales por cada millón de euros asegurados) por demarcación hidrográfica. Fuente: CCS. Elaboración propia.

5. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA ESTACIONALIDAD DEL PELIGRO DE INUNDACIÓN

La Figura 9 representa, con intensidades de color creciente según más predominante sea sobre el total de las indemnizaciones, la estación del año del código postal en el que el CCS indemniza proporcionalmente más daños por inundación a lo largo de la serie 1996-2022. Nótese que esta representación no se refiere necesariamente a la estación en la que se acumulan más precipitaciones, sino a la estación en la que las características de la misma, su intensidad y/o su persistencia, producen inundaciones y sus consecuentes daños.

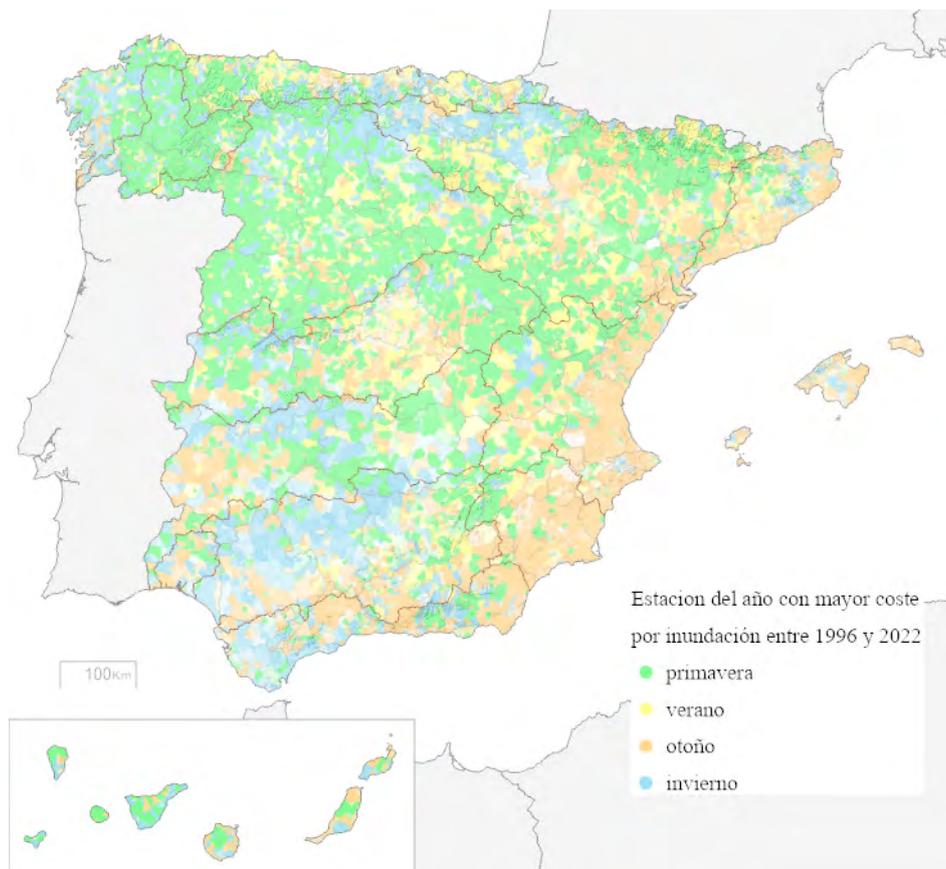


Figura 9. Estacionalidad del riesgo de inundación a partir de la estación que tiene mayor proporción de indemnizaciones para cada código postal. Fuente: CCS. Elaboración propia.

Se puede observar cómo los máximos invernales se dan en la práctica totalidad de los códigos postales de la cuenca del Guadalquivir y en buena parte de las cuencas al sur del Sistema Penibético. Los máximos invernales son también relevantes en los Montes de Toledo, el Alto Tajo y el sur del Sistema Central. Más al norte, también dominan los máximos invernales por área pequeña en las rías gallegas y en la Cordillera Cantábrica, particularmente en su cara sur, así como en el Alto Ebro, extendido hacia las subcuencas navarras tributarias de este colector. De forma más aislada, también aparecen máximos invernales en puntos del Pirineo Central y oriental, extendiéndose por la Cordillera Prelitoral de Cataluña, así como en la Sierra de Aitana, en Alicante, la Sierra de la Tramuntana de Mallorca y buena parte de la isla de Ibiza. Igualmente, en Canarias, se dan los mayores daños por inundación en invierno en el sur de todas las islas. Se trata de los efectos de las depresiones invernales que suelen implicar flujos del suroeste

cargados de humedad que producen grandes acumulaciones de precipitación con intensidades moderadas. En el caso del Alto Ebro, otras cuencas del sur de la cordillera cantábrica y, de forma más local, en los Pirineos y zonas próximas, los procesos de innivación y fusión también pueden jugar un papel importante en los procesos de inundación.

Los máximos primaverales se dan en extensas áreas del interior y norte de Galicia, Asturias, la Meseta Norte, el Sistema Ibérico y sus estribaciones más occidentales, así como en grandes secciones del Pirineo y Prepirineo. Se trata de inundaciones desencadenadas tanto por depresiones frías como por procesos convectivos extensos, generalmente de mesoscala, favorecidos por depresiones aisladas en niveles altos, que en esta estación afectan relativamente más a las zonas más occidentales.

Los máximos estivales están más localizados pero presentan un patrón espacial reconocible: centro de la Meseta Sur (Madrid y Toledo); Sistema Ibérico (extensas áreas de las provincias de Teruel, Zaragoza y La Rioja); zonas en la transición entre la Depresión del Ebro y el Prepirineo y también, de forma aislada, en el interior de la Meseta Norte. Se trata de inundaciones producidas por procesos convectivos estivales, localizados e intensos. El ejemplo más destacable de la diferencia entre máxima acumulación de precipitación y máximos daños por inundación se presenta en el litoral cantábrico, donde los mayores daños por inundación, generados también por procesos convectivos, se dan por lo general en verano.

Los máximos otoñales se marcan claramente: desde las zonas más altas del Sistema Penibético se prolongan por el litoral mediterráneo desde Almería hasta Girona, incluyendo también las zonas más orientales de las Baleares. En el norte de las Islas Canarias también predominan los máximos otoñales. En el caso peninsular y balear es un claro reflejo de las depresiones aisladas en niveles altos que, conjuntamente con unas temperaturas muy altas de la superficie del Mediterráneo, favorecen intensas precipitaciones en la zona.

Sin embargo, al observar la estacionalidad de los costes por siniestros de inundación agregada por demarcaciones hidrográficas (Figura 10), la incidencia de la primavera que dominaba la visión en buena parte de los códigos postales considerados individualmente deja de ser relevante, con excepción de la isla de Tenerife. Los máximos estivales predominan en las demarcaciones de Cantábrico Occidental y Oriental, y también en la cuenca del Duero, aunque en esta demarcación los daños por inundación se reparten de forma muy homogénea entre las cuatro estaciones del año. Los datos agregados revelan al otoño como la estación del año con mayor afección en las demarcaciones. Los máximos otoñales son especialmente importantes en las cuencas del Segura, Júcar, Cuencas Internas de Cataluña y Tinto, Odiel y Piedras y las ciudades de Ceuta y Melilla. Tajo, Guadiana, Galicia-Costa y las islas orientales de Canarias completan las demarcaciones con predominio del otoño. Finalmente, el invierno se presenta como estación del año más predominantes en Miño-Sil, Guadalquivir, Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Ebro y las islas más occidentales de Canarias, La Palma y El Hierro.

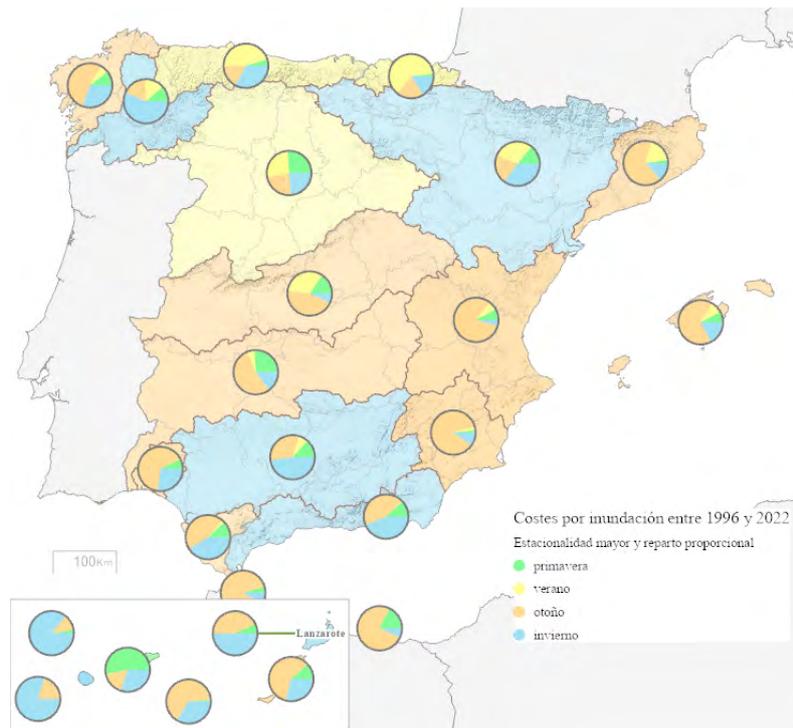


Figura 10. Estacionalidad del riesgo de inundación a partir de la estación que tiene mayor proporción de indemnizaciones agregando la información por demarcaciones hidrográficas. Fuente: CCS. Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

Hemos utilizado en este trabajo información meramente económica, daños indemnizados y capital asegurado, que nos ha servido para poder obtener información sobre procesos físicos y geográficos: estacionalidad de las precipitaciones más intensas que provocan inundaciones y la disposición de la exposición en relación con las características de la red de drenaje (y su ocupación) y de las características de la precipitación.

En definitiva, tal y como decíamos al principio, se pone en valor la utilidad de la información de siniestralidad y exposición asegurada del Consorcio de Compensación de Seguros como herramienta para el diagnóstico del riesgo de inundación y la toma de decisiones encaminadas a su reducción.

REFERENCIAS

- Consorcio de Compensación de Seguros, CCS. (2023). *Estimación de los capitales asegurados en daños a los bienes por código postal y clase de riesgo*. Consunto de datos. <https://www.conorseguros.es/web/ambitos-de-actividad/seguros-de-riesgos-extraordinarios/mas-informacion/estadistica>
- Consorcio de Compensación de Seguros, CCS. (2023). *Información sobre las indemnizaciones. Tramitaciones de RREE abiertas a 31-12-2022*.
- Instituto Geográfico Nacional (2023). *Provincias. Información geográfica de referencia. Límites municipales, provinciales y autonómicos. Límites y Unidades Administrativas. Fecha 09/06/2023*. Centro de Descargas CNIG. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=02131>
- Instituto Geográfico Nacional (2023). *Cartociudad Recintos de códigos postales. Periodo 2013*. WFS de Cartociudad.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). *Demarcaciones Hidrográficas. Demarcaciones hidrográficas (ámbitos terrestre y marino). Periodo enero de 2022*. Formato Shapefile. Servicio de Descarga INSPIRE https://www.mapama.gob.es/app/descargas/descargafichero.aspx?f=Demarcaciones_a_terrestre_marino.zip
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). *Límites cartográficos de las Confederaciones Hidrográficas*. Servicio de Descarga INSPIRE. https://www.mapama.gob.es/app/descargas/descargafichero.aspx?f=limites_cartograficos_de_las_confederaciones_hidrograficas.zip
- Wasserstein, R. L., & Lazar, N. L. (2016). The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, 70(2), 129-133, <https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>
- Sereno, A. (2009). La información geográfica en España: especial referencia a la cartografía catastral. *CT Catastro*, 67(50). <http://www.catastro.minhap.gob.es/documentos/publicaciones/ct/ct67/3.pdf>