

Fundación

AON

España

Barómetro de las Catástrofes en España 2023

21 de noviembre de 2024

ISBN 978-84-09-66635-5

Depósito Legal: M-24945-2024

© Fundación Aon España. Todos los derechos reservados

Índice

Carta del Presidente del Observatorio de Catástrofes.....	2
Pedro Tomey	
Resumen ejecutivo.....	4
Afi y Fundación Aon	
Motivación	11
Afi y Fundación Aon	
1. Coste asegurado de las catástrofes.....	12
Afi. Datos CCS, Agroseguro, UNESPA	
2. Impacto sobre el tejido productivo y el empleo.....	14
Afi	
3. Impacto de los desastres naturales en la cesta de la compra.....	18
Afi	
4. Coste humano de las catástrofes naturales.....	30
Victoria de Elizagarate (Doctora en Economía)	
5. Impacto en las infraestructuras críticas.....	40
Fernando Villar-Rosety y Leire Labaka (Tecnun-Universidad Navarra)	
6. La vulnerabilidad social frente a las catástrofes.....	50
Raquel Caro Carretero y Víctor Pérez Segura (Universidad Pontificia Comillas)	
7. Aplicaciones de IA en la prevención y respuesta de desastres...	68
Fernando Villar-Rosety y Leire Labaka (Tecnun-Universidad Navarra)	
8. Impacto de las catástrofes naturales en el patrimonio histórico y cultural español.....	82
Victoria de Elizagarate (Doctora en Economía)	
Conclusiones y recomendaciones.....	98

Bibliografía y Anexos disponibles en www.fundacionaon.es/informes

Carta del Presidente del Observatorio de Catástrofes

En el momento de escribir esta carta, la cifra de los fallecidos a causa de la DANA 2024 se eleva a 224 y hay una larga lista de desaparecidos. Esta catástrofe es la más mortífera en España desde las inundaciones de 1973 y apunta a ser la más costosa de los últimos 50 años, con daños materiales muy cuantiosos, afectando a más de 48.000 empresas y más de 10.000M€ de pérdidas estimadas, con más de 500km² afectados, 1.500 km de carretera, 99 de ferrocarril y 4.000 edificios dañados, según las primeras estimaciones. El Consorcio de Compensación de Seguros ha recibido ya más de 138.000 reclamaciones y Agroseguro estima que la DANA ha afectado a unas 25.500 hectáreas aseguradas. Quiero expresar todo mi apoyo a los damnificados, a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y de las Comunidades Autónomas afectadas, a los equipos de rescate que están actuando en la emergencia en este momento sin descanso, intensificando las tareas de búsqueda de los desaparecidos, arriesgando sus vidas por nuestra seguridad, y a los miles de **voluntarios**, que están ayudando en las labores de limpieza, donando comida, agua, ropa de abrigo..., un gran ejemplo de la solidaridad y generosidad de los españoles.

Publicamos el Barómetro de Catástrofes 2023 en una situación climática que continúa siendo irregular y cambiante, a la que se suman las guerras, los conflictos, la polarización política, la persistente crisis del coste de la vida y otros riesgos globales como la desinformación, la ciberinseguridad, la inflación, la migración involuntaria o la contaminación. Todos estos riesgos, y las catástrofes derivadas de fenómenos meteorológicos extremos, no solo están afectando a nuestra economía, sino a las personas, especialmente a las más desprotegidas, a la salud, al sector agroalimentario, a la disponibilidad de agua, a la biodiversidad... En definitiva, están desestabilizando el orden mundial y haciendo que las perspectivas económicas mundiales, y la española en particular, sufran un grave revés.

2023 volvió a ser un año en el que los peligros de la naturaleza recurrentes (caracterizados por impactos de menor intensidad pero más frecuentes, como las lluvias y el pedrisco, entre otros, o de persistencia continuada a lo largo del tiempo, como la sequía) predominaron a lo largo del ejercicio, situando el coste asegurado de las catástrofes naturales en España en 2.449M€; resultando en el peor año de la serie 2016-2023, con una cifra de daños un 63% superior a 2022 y un 58% superior al promedio histórico observado en este Barómetro.

Esto ha demostrado el potencial de peligrosidad en términos económicos de este tipo de fenómenos, con un coste económico total de 4.450M€, lo que desvela una brecha de protección del 45%, menor que la observada en 2022 (48,5%), pero que sin embargo arroja una tendencia estable en la serie con un promedio del 44,8%. En términos de coste humano, las catástrofes naturales en 2023 provocaron la muerte de 37 personas, siendo 49 la media del siglo.

Una vez más, el campo fue el sector de la economía que más sufrió las consecuencias de los desastres naturales en 2023, destacándose por su especial vulnerabilidad a los fenómenos meteorológicos extremos con un 50% de las pérdidas aseguradas por los daños ocasionados por la sequía, que afectaron a 1,5M de hectáreas de terreno cultivado, las lluvias y el pedrisco. Cabe destacar el impacto recurrente de los incendios forestales, que dejaron en 2023 al menos 89.000 hectáreas calcinadas en nuestro país, tan solo por detrás de Grecia e Italia.

En el panorama internacional, el coste económico de las catástrofes naturales en 2023 alcanzó los 380.000M\$, un 21,4% más que el año anterior, con un coste asegurado de tan solo 118.000M\$ (un 10,6% inferior al observado en 2022 según el estudio Climate and Catastrophe Insight de Aon). Esta brecha de protección del 69% alerta de la alta vulnerabilidad existente ante estos eventos a nivel global. No en vano 2023 fue el año con el mayor número de fallecimientos en este tipo de eventos desde 2010 (95.000).

El terremoto de Turquía y Siria, a pesar de acumular el 24% del coste económico total del año, arrojó una brecha de protección del 94%. Asimismo, en 2023 hubo grandes episodios de granizo (como el ocurrido en julio en Italia, con tamaños de pedrisco que alcanzaron los 19 centímetros de diámetro) y sequía, que también afectó al continente americano.

La primera mitad de 2024 ha dejado pérdidas económicas y aseguradas menores al promedio observado de los últimos 10 años, con un coste económico a final de junio de 117.000M\$ y asegurado de 58.000M\$, cifras que van a aumentar debido al Huracán Milton -el peor en los últimos 100 años en tocar Florida, que ha provocado la mayor evacuación de población residente de la historia en Estados Unidos- o a la DANA, un temporal devastador que ha arrasado gran parte del este y sur de España y que también supone un riesgo para la salud pública. Estas catástrofes subrayan la urgencia de concienciar a la ciudadanía de la necesidad de autoprotegerse, de identificar y gestionar mejor los riesgos, así como de la importancia de la preparación y la alerta temprana ante peligros de la naturaleza cada vez más frecuentes y dañinos. Al escribir estas líneas estamos en el momento del socorro, de estar con las víctimas y los afectados, pero a continuación llegará al momento de revisar protocolos y de definir más claramente quién, cómo y cuándo actuar ante el aviso y la emergencia. Y, por supuesto, llegará el momento de las responsabilidades.

En este informe analizamos el coste asegurado y no asegurado de las catástrofes ocurridas en España en 2023, incluyendo su impacto en el tejido productivo y el empleo y, por primera vez, en la cesta de la compra. Evaluamos también el coste humano, la vulnerabilidad social, el efecto en las infraestructuras críticas y en el patrimonio histórico-cultural. Además, el Barómetro 2023 contiene un capítulo monográfico dedicado a las herramientas de Inteligencia Artificial y su aplicación en la prevención y respuesta ante catástrofes. Asimismo, en el IX Simposium del Observatorio, donde presentamos este informe, el CEO del Canal de Isabel II abordará la gestión del agua en sequías e inundaciones.

La publicación de un nuevo Barómetro de Catástrofes confirma el rol del Observatorio como un ejemplo de colaboración público-privada y actor clave en el análisis, cuantificación y seguimiento continuo de los desastres que ocurren en España. También refuerza nuestro compromiso, enfocado en promover una mayor conciencia sobre la necesidad de invertir en prevención y autoprotección, de alertar y actuar de manera temprana y de seguir avanzando en los sistemas y fórmulas de las coberturas aseguradoras en la fase de recuperación, con especial atención a las personas más vulnerables que no pueden acceder a los seguros tradicionales.

La continuidad de estos informes periódicos, que vienen cuantificando el coste de las catástrofes desde 2016 y cuyos datos ya están disponibles en una herramienta Power BI en la web de la Fundación Aon, refleja que el Observatorio está activo y cumpliendo con nuestra misión de ofrecer soluciones prácticas a los efectos de las calamidades climáticas, favoreciendo que la industria del seguro, los gobiernos y la sociedad en general tomemos decisiones mejor informadas y logremos entre todos estrechar la brecha de aseguramiento.

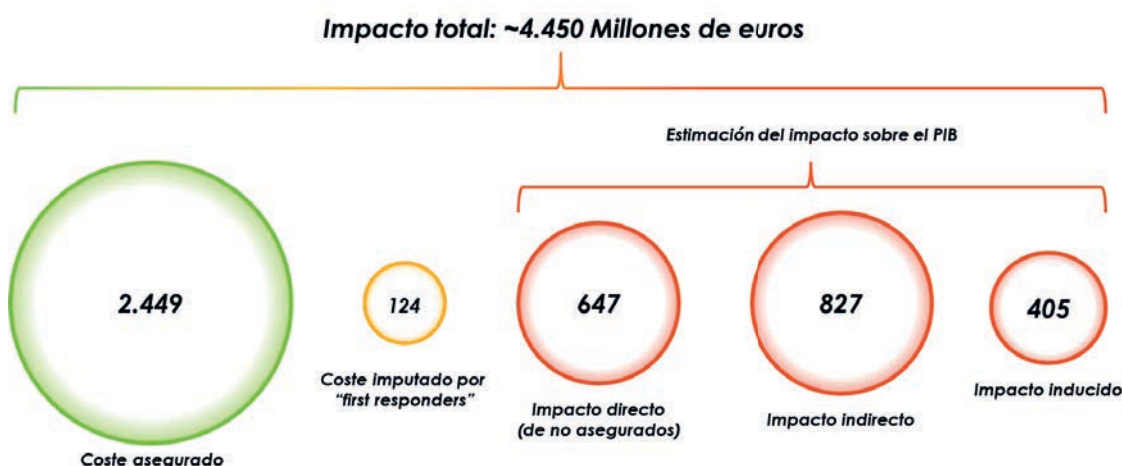
Quiero dar las gracias al Consorcio de Compensación de Seguros, Agroseguro, UNESPA, al Instituto de la Ingeniería de España, Afi, Aon Reinsurance Solutions, los first responders -Protección Civil, UME y Cruz Roja Española-, a la Coordinadora de nuestra Cátedra de Catástrofes, Victoria de Elizagarate, y a los departamentos de investigación de las Universidades de Navarra y Pontificia Comillas, así como a Tragsa, que desde esta edición también ha aportado datos y participado en la elaboración de este informe. Año a año, cada vez con más fuentes de información, nos vamos aproximando a conocer el coste de las catástrofes con una mayor precisión, y es que a partir de la cuantificación podremos estar más preparados y mitigar el impacto de futuros siniestros

Pedro Tomey
Presidente del Observatorio de Catástrofes
de la Fundación Aon España

Resumen ejecutivo

- Este informe pretende cuantificar los diversos impactos que tienen las catástrofes naturales en España desde un punto de vista económico, social, medioambiental y cultural. De esta forma, se da continuidad al trabajo realizado en los dos Barómetros de Catástrofes (2021 y 2022) y el informe sobre el Coste de las Catástrofes Naturales en España (2016-2020) de la Fundación Aon. La variedad de metodologías y temas abordados en este documento aportan una visión multifacética de los problemas generados por los desastres naturales y suponen un gran paso hacia la comprensión de su efecto en nuestro país.
- En conjunto, las estimaciones realizadas apuntan a que estos eventos, en 2023, tuvieron asociados unos costes económicos de cerca de 4.450 millones de euros, de los cuales la mitad estuvieron asegurados. Esta cifra supone un incremento muy significativo respecto a 2022, donde se alcanzó un coste de 2.900 millones.

Principales costes por desastres naturales en España en 2023



Fuente: Fundación Aon España

Coste asegurado de las catástrofes

- Las catástrofes naturales acontecidas en España durante el año 2023 implicaron un coste de 2.449 millones de euros para el tejido asegurador nacional. Más de la mitad de los costes asegurados (1.241) fueron cubiertos por Agroseguro, manifestando la especial vulnerabilidad del sector agrícola. La sequía (31%) y las tormentas, lluvias y pedrisco (29%) fueron los eventos que más daños provocaron a la agricultura española especialmente para los cultivos de cereales de invierno de la Submeseta Norte.
- Fuera del campo, las inundaciones provocaron el 80% de los daños asegurados, afectando mayoritariamente a viviendas (44%) e industrias (23%), ubicados en las provincias de Valencia, Tarragona y Badajoz.

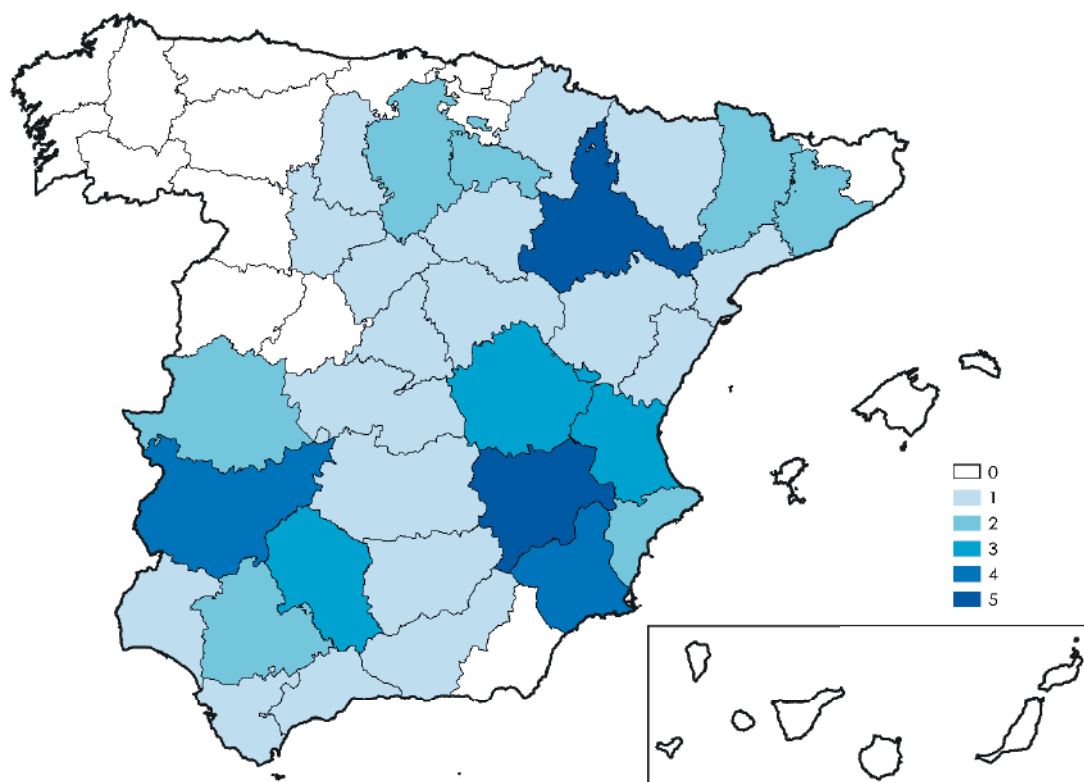
- Los diez principales eventos acumulan casi la mitad del total de los costes asegurados (1.139 millones de euros). Destacan la sequía en cultivos herbáceos, que afectó durante todo el año a las provincias cerealistas y que generaron 421 millones euros de coste acumulado. Otros eventos tuvieron un impacto agregado menor, pero elevado en base a su duración, como la DANA (depresión aislada en niveles altos) de Toledo y Madrid a principios de septiembre (166 millones de coste) o las inundaciones de Zaragoza durante julio (82 millones en indemnizaciones).

Eventos naturales que más daños observables (indemnizaciones abonadas) provocaron en España en 2023

Inicio	Duración	Evento	Coste asegurado (millones €)	Coste por día (millones €)	Provincias afectadas
01-ene	Todo el año	Sequía en Cultivos Herbáceos	421	1,2	Soria, Cuenca, Sevilla, Burgos, Lleida, Valladolid, Palencia, Guadalajara, Zaragoza, Segovia, Barcelona, Córdoba, Teruel, Huesca.
01-jun	4 meses	Pedriscos Estivales	206	1,7	Valencia, Murcia, Navarra, La Rioja, Albacete, Castellón, Zaragoza
02-sep	2 días	DANA	166	82,8	Toledo, Madrid
6 de julio	2 días	Inundación	82	40,9	Zaragoza
29-abr	1 mes	Pedriscos Primaverales	62	2,1	Murcia, Albacete, Burgos. Alicante, Valencia, Lleida, Badajoz
22-may	1 mes	Lluvias Mayo - Junio	55	1,8	Albacete, Cáceres, Ciudad Real, Badajoz, Murcia, Alicante, Cuenca, Zaragoza.
22-oct	2 días	DANA	50	25,2	Sevilla, Córdoba, Huelva, Cádiz
01-mar	3 meses	Mal Cuajado Marzo - Mayo	34	0,4	Murcia, Badajoz, Cáceres, La Rioja, Valencia.
01-ene	Todo el año	Sequía en Olivar	33	0,1	Jaén, Córdoba, Málaga, Granada.
01-ene	Todo el año	Sequía en vid	30	0,1	Barcelona, Tarragona, Badajoz, Cuenca, Albacete, Zaragoza.

Fuente: Fundación Aon España a partir de datos de CCS y Agroseguro

Provincias más afectadas por los 10 eventos con mayor coste asegurado



Fuente: Fundación Aon España a partir de datos de CCS y Agroseguro.

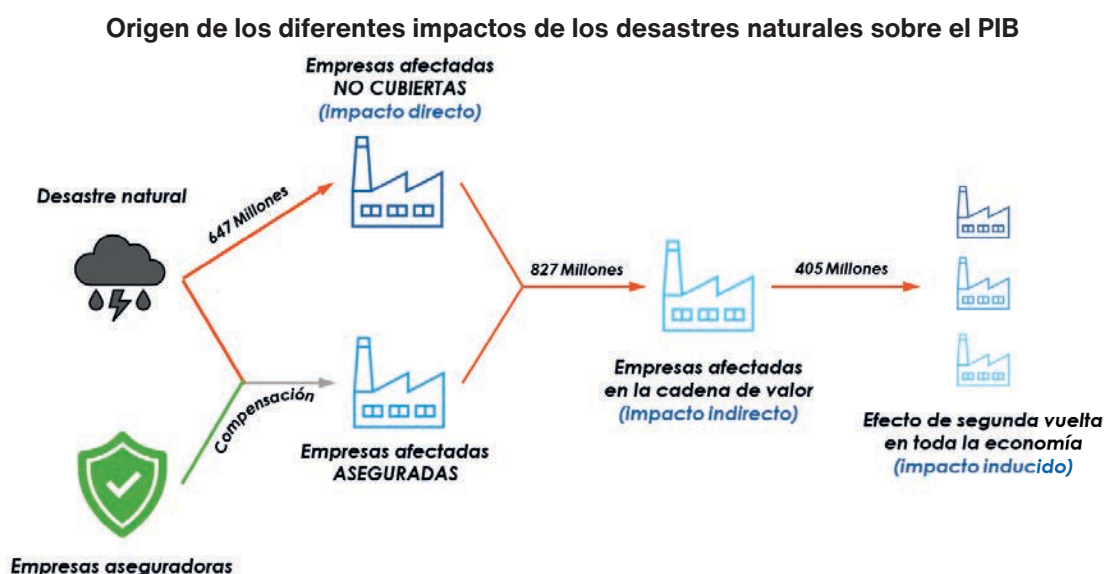
Nota: no hubo ningún evento entre el top 10 que afectase a Ceuta o Melilla

- Aunque el grueso del coste viene reflejado por las indemnizaciones del Consorcio de Compensación de Seguros, UNESPA y Agroseguro, cabe mencionar también los costes no asegurados asumidos por los *first responders* durante sus actuaciones para paliar los primeros impactos de las catástrofes, que ascendieron a 124 millones de euros en 2023. Estos datos provienen de Protección Civil, Unidad Militar de Emergencia y Cruz Roja, además de partidas específicas de los Presupuestos Generales del Estado, y a los que este año se les ha sumado el coste reportado por Tragsa.

Impacto sobre el tejido productivo y el empleo

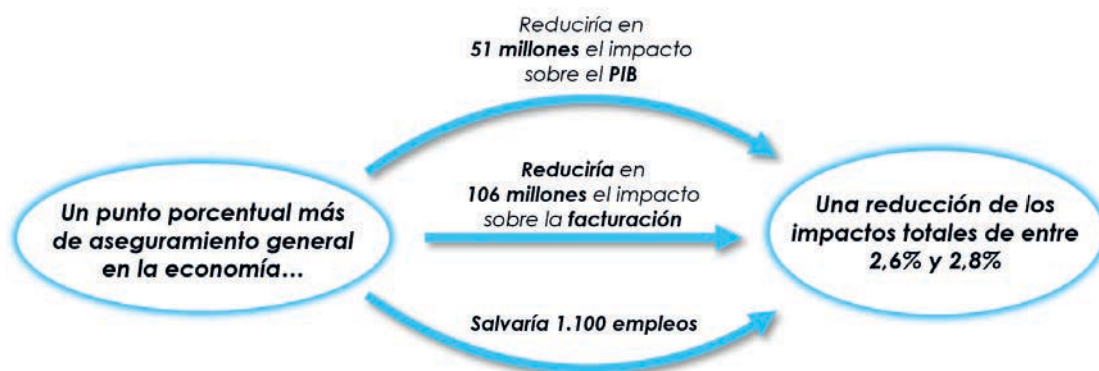
- Los eventos catastróficos acontecidos durante el año 2023 provocaron una contracción del PIB de cerca de 1.900 millones de euros.
- Las estimaciones realizadas a través de la metodología Input-Output apuntan a que los desastres naturales causaron un impacto de 650 millones de euros sobre las empresas directamente afectadas por los desastres y que carecían de seguro.
- Además de ese impacto directo, estos eventos catastróficos causaron una contracción adicional de 830 millones de euros en las empresas pertenecientes a la cadena de valor de aquellas directamente afectadas, tanto aseguradas como no aseguradas.

- La reducción de las rentas empresariales y salariales derivadas de los impactos directo e indirecto generaron un nuevo efecto en la economía, de naturaleza inducida, de una magnitud algo superior a los 400 millones de euros.
- En términos de empleo, los desastres naturales provocaron la pérdida de 38.600 puestos de trabajo equivalentes a jornada completa.
- Estas cifras suponen un incremento sustancial respecto a las cifras de 2022 (1.200 millones de impacto y 25.000 puestos de trabajo perdidos) y reflejan la severidad de las catástrofes en 2023.



Fuente: Fundación Aon España

El efecto de arrastre positivo del sector de la aseguración



Fuente: Fundación Aon España

Impacto de los desastres naturales en la cesta de la compra

- Este capítulo especial extiende el análisis del impacto económico, buscando entender cuáles han sido los impactos específicos de los desastres naturales sobre la cesta de la compra de alimentos, en un año muy adverso para el campo español.
- Combinando evidencia de primera mano (indemnizaciones de Agroseguro) y diversas fuentes del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se ha observado que los desastres naturales afectan a los rendimientos medios y producciones agrícolas de una manera clara. No obstante, las caídas en la producción observadas en 2023 parecen no trasladarse completamente al precio final de compra para el consumidor.
- Además de la heterogeneidad inherente (contexto inflacionista, variabilidad entre regiones, diferentes canales de compra, tipos de cultivo, etc.), una posible hipótesis de una falta de relación más directa entre el impacto de los desastres sobre la cesta de la compra es el papel atenuante del comercio exterior: los flujos comerciales compensan las variaciones de la producción nacional de alimentos.
- Se presentan además diferentes gradientes socioeconómicos, que inciden en que el impacto de las catástrofes naturales no es igual para toda la población. Las cestas de alimentos afectados de hogares con bajos ingresos o con niños en el hogar parecen haberse encarecido más que la media.

Coste humano de las catástrofes naturales

- La investigación sobre las pérdidas humanas ocasionadas por las catástrofes naturales ocurridas en 2023 tiene por objetivo mejorar la gestión del riesgo de desastres estudiando cómo afectan a las personas estos fenómenos naturales; asimismo, este estudio tiene como objetivo aprender de la experiencia, para poder desarrollar una mayor cultura del riesgo en la población.
- Las pérdidas humanas por catástrofes naturales en 2023 han sido de 37 fallecidos, cifra inferior al año anterior (45) y a la media del siglo (49).
- La fuente de información de la investigación son los registros oficiales de fallecidos de la “Base de Datos Nacional de Fallecidos por Riesgos Naturales”, del Ministerio del Interior, y por tanto, no son estimaciones estadísticas de fallecidos por catástrofes naturales.
- La investigación se aborda con dos enfoques: en primer lugar, estudiando las catástrofes naturales que ocasionan el mayor número de pérdidas humanas, y analizando el efecto diferente que ocasionan en hombres y mujeres; y en segundo lugar, desde una perspectiva territorial, se analizan las pérdidas humanas por catástrofes naturales en las Comunidades Autónomas.

Impacto de las catástrofes naturales en las infraestructuras críticas

- Este capítulo subraya que las infraestructuras críticas son indispensables para el funcionamiento económico y social, y su paralización puede generar pérdidas significativas. En este estudio, se distingue entre afecciones graves, que exigen reparaciones prolongadas y costosas, y otras más leves, que permiten un retorno rápido a la normalidad. El enfoque metodológico adoptado es innovador, ya que recopila información a partir de medios de comunicación utilizando inteligencia artificial generativa, lo que permite analizar de manera eficiente los incidentes relevantes y obtener una visión amplia del impacto en las infraestructuras.
- Los resultados destacan que los eventos meteorológicos más perjudiciales para las infraestructuras críticas son las borrascas, lluvias intensas, tempestades y temporales, que afectan principalmente al sector del transporte. Tanto el transporte ferroviario como el por carretera son particularmente vulnerables, con numerosas incidencias a lo largo del año, como la DANA de septiembre de 2024, que causó graves daños en carreteras de Toledo y la Comunidad de Madrid. Por otro lado, las infraestructuras de comunicación resultaron ser las menos afectadas, mientras que la producción eléctrica mostró una alta resistencia.
- En cuanto a la distribución geográfica de los impactos, se observa que las provincias costeras del norte y este de España son las más propensas a sufrir daños graves debido a su mayor exposición a fenómenos meteorológicos adversos. En cambio, las provincias del interior registran una menor incidencia de impactos significativos en sus infraestructuras críticas. Este análisis refuerza la importancia de tener en cuenta la ubicación geográfica en la planificación y gestión de emergencias, además de subrayar la necesidad de mejorar la resiliencia de las infraestructuras críticas ante los crecientes desafíos que plantean los desastres naturales.

La vulnerabilidad social frente a las catástrofes

- De la comparativa de índices de vulnerabilidad 2021-2023 en España se observa una disminución en la vulnerabilidad frente a fenómenos relacionados con el frío extremo, como los temporales de nieve, y las lluvias torrenciales, con una mejora general en la capacidad de adaptación y respuesta.
- Sin embargo, la vulnerabilidad frente a las olas de calor presenta una imagen más compleja. Aunque se ha registrado una ligera mejora en 2023 en comparación con 2022, el nivel de vulnerabilidad sigue siendo alto en muchas regiones, especialmente en el sur y el centro del país. Las áreas con vulnerabilidad baja siguen siendo limitadas, principalmente en el norte, indicando que la preocupación por las olas de calor sigue siendo significativa y que los cambios bruscos en las temperaturas siguen representando un desafío importante.
- El análisis del índice de Temperatura Aparente en España durante el verano confirma que las temperaturas extremas están marcadamente concentradas en el sur y centro del país, mientras que el norte y las Islas Canarias muestran una relativa moderación, aunque también se ven afectados por este fenómeno. Esta tendencia tiene importantes implicaciones para la

planificación territorial, la gestión de recursos y la salud pública, especialmente en un contexto de calentamiento global que exige respuestas urgentes y coordinadas para mitigar los impactos del calor extremo en la población.

Aplicaciones de Inteligencia Artificial para la prevención y respuesta de desastres

- Este capítulo especial presenta las aplicaciones de Inteligencia Artificial del área de aprendizaje automático que existen actualmente para prevenir y responder a los eventos catastróficos, clasificadas en mitigación, preparación y respuesta y especificando la tarea correspondiente que permite realizar cada una de ellas.
- Dentro de la fase de mitigación, se han identificado ocho herramientas y estudios científicos que permiten prevenir e identificar peligros y riesgos, predecir los posibles impactos y evaluar la vulnerabilidad y la resiliencia, y comparar diferentes estrategias de mitigación y resiliencia. Dentro de la fase de preparación se han expuesto cinco herramientas y sistemas para la predicción y alerta temprana que ayudan a anticipar y a responder más rápidamente a un evento y para planificar la ruta de evacuación más segura y eficiente. Finalmente, para la fase de respuesta, se han presentado cinco herramientas y estudios científicos que permiten evaluar los daños y planificar las acciones de respuesta utilizando imágenes de satélite, asignar recursos de salvamento y socorro, favorecer la colaboración inter-institucional, y extraer información acerca de la situación emocional de la ciudadanía.
- Como conclusión del estudio presentado se plantean retos y limitaciones que se deben abordar en los próximos años en relación a las aplicaciones de IA para la gestión de desastres.

Impacto de las catástrofes naturales en el patrimonio histórico español

- La investigación examina la categoría del bien cultural dañado, por su relevancia internacional, y según lo establecido en la legislación española, así como los recursos económicos destinados a su restauración y conservación.
- La metodología se desarrolla a partir de información facilitada por la UME, estudiando las intervenciones realizadas en las CCAA por fenómenos catastróficos, y por el Consorcio de Compensación de Seguros, sobre los episodios consecutivos de tempestad ciclónica atípica (TCA) ocurridos en otoño de 2023, que afectaron a treinta provincias. Además, se ha solicitado información “ad hoc” a los municipios, CCAA y organismos autónomos responsables, sobre los daños causados en el patrimonio histórico.
- Al contar con datos de 2022 y 2023, se han elaborado indicadores cuantitativos que facilitan la realización de comparaciones. Así, en 2023 se ha producido un incremento en el número de bienes dañados, tanto de titularidad estatal como autonómica. Los daños causados en el patrimonio histórico han necesitado un importante incremento de las subvenciones destinadas a su conservación y restauración, con una cuantía muy superior a la destinada en 2022.

Motivación

El objetivo de este tercer Barómetro consiste en analizar el impacto causado por catástrofes naturales sobre diversos ámbitos de la economía y la sociedad en España en 2023. Este documento da continuidad a la labor iniciada en 2021 cuando la Fundación Aon, en el marco de su Observatorio de Catástrofes, cuantificó el coste de estos fenómenos entre 2016 y 2020, y a las ediciones anteriores del Barómetro.

El informe aborda las repercusiones que las catástrofes naturales generan sobre otra serie de dimensiones más allá de su coste en términos de indemnizaciones del seguro, esto es, sobre la actividad económica y la generación de empleo, el coste en vidas humanas, las infraestructuras, el patrimonio histórico y la resiliencia de los territorios. Para ello, se ha contado con la colaboración de especialistas en diversas ramas de la ciencia, con el fin de estimar el impacto de las catástrofes de la manera más precisa posible, ampliando año a año el perímetro de estudio en términos cuantitativos.

El análisis de los efectos que las catástrofes naturales generan sobre la economía y la sociedad resulta de vital importancia, a la luz del incremento en la frecuencia y la intensidad de estos fenómenos como consecuencia del cambio climático. El informe “Riesgos Globales” elaborado por el Foro Económico Mundial para el 2024¹ reitera un año más la clasificación de los eventos climáticos extremos como uno de los riesgos con impactos más severos.

Contar con un diagnóstico preciso, así como con una cuantificación de los daños causados por las catástrofes en España que exceda el coste asegurado tiene varios propósitos a los que desde este Barómetro se quiere contribuir:

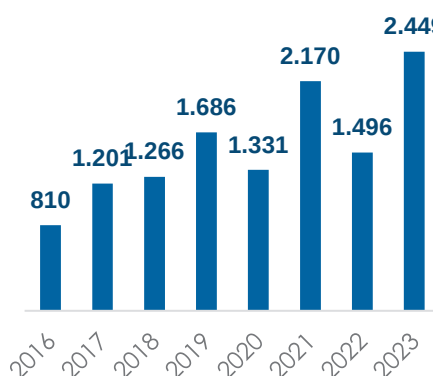
- I. Tener una imagen más fiel del coste real total de los eventos catastróficos en todos los ámbitos de la vida y la actividad económica, combinando fuentes de información complementarias.
- II. Evidenciar la oportunidad y la urgencia de intensificar las labores de prevención, mitigación y adaptación ante el evidente aumento de la frecuencia y la intensidad de las catástrofes naturales, la mayoría asociadas al cambio climático, como las olas de calor o los periodos de sequía.
- III. Concienciar a la población, a las empresas y a los hogares de la importancia de estar asegurado.
- IV. Visibilizar el esfuerzo que realizan numerosos agentes públicos y privados para mitigar los efectos más inmediatos de las catástrofes en España, en términos de aseguramiento, indemnizaciones, reparaciones y reconstrucciones.
- V. En definitiva, a que la sociedad española esté cada año mejor preparada y adaptada a las cada vez más frecuentes e intensas catástrofes naturales.

¹ WEF (2024) The Global Risks Report 2024: <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

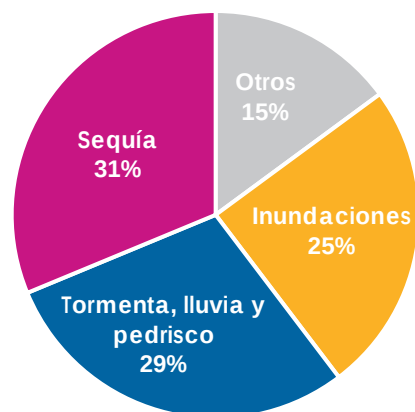
1. Coste asegurado de las catástrofes

Los desastres naturales traen asociadas importantes pérdidas materiales y económicas. Así, los costes asegurados derivados de catástrofes naturales acontecidas en 2023 en España ascendieron a 2.449 millones de euros. Esto representa un incremento significativo con respecto a 2022, superando al anómalo 2021. El pasado año no fue solo récord en cifras agregadas, ha sido también el peor año hasta la fecha para el campo español: el seguro agrario ha registrado indemnizaciones por valor de 1.241 millones de euros. Por su parte, los datos del Consorcio de Compensación de Seguros y UNESPA aunaron un total de 1.208 millones de euros en concepto de daños cubiertos.

**Daños totales cubiertos en 2023,
millones de euros**



**Distribución del coste asegurado por tipo
de evento en 2023**



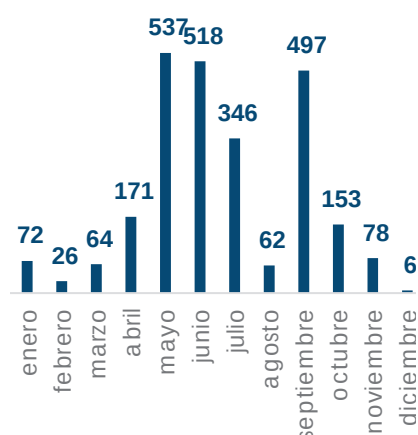
Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del Consorcio de Compensación de Seguros, Agroseguro

Mientras que en 2022 el tipo de evento más dañino fueron las heladas, en 2023 ocupa la primera posición la sequía, que agrupa el 31% del coste asegurado. Este evento por sí solo supone casi la mitad de todo el coste asegurado por Agroseguro. Unas sequías que se han extendido por gran parte de la geografía peninsular, afectando a los cereales de invierno en la meseta, la vid en el este y el olivar en el sur. En segundo lugar, se posicionan los eventos ciclónicos como las tormentas, lluvias y pedriscos con un 29%. Las inundaciones agrupan un cuarto del coste total, muy significativas por el daño efectuado sobre bienes, tanto personales como comerciales. El resto del coste se reparte entre diferentes eventos, la mayoría relacionados con los cultivos: heladas, mal cuajado o viento, entre los más prominentes.

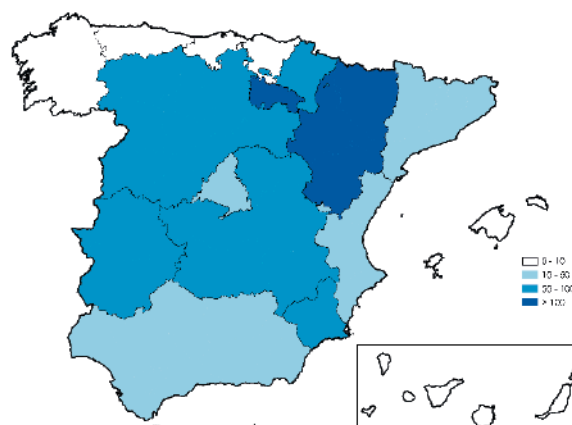
El final de la primavera y el verano fueron los meses más dañinos. Solo mayo, junio, julio y septiembre sumaron un coste de casi 1.900 millones de euros, un 73% del total. Una sequía combinada con altas temperaturas durante el periodo primaveral y estival son las principales causantes de la concentración del daño en dichos meses. Además, las lluvias de mayo y junio cayeron de forma abrupta (pedrisco e inundaciones), contribuyendo a aumentar el coste.

A nivel nacional, cada ciudadano ha soportado una media de 28 euros debido a las catástrofes naturales, frente a los 15 del año anterior. No obstante, los patrones territoriales no varían. Al igual que en 2022, Aragón fue la Comunidad Autónoma que acumuló más daños con relación a su población, con un importe de indemnizaciones de 117 euros por habitante (77 euros en 2022). Le siguen La Rioja, Castilla y León y Castilla-La Mancha, con un importe de indemnizaciones de 111, 89 y 82 euros por habitante, respectivamente. Las Comunidades más pobladas, como Andalucía, Cataluña, la Valenciana o Madrid, tienen un coste per cápita más bajo, pero agrupan el 36% del coste total. La cornisa cantábrica muestra un coste per cápita y total muy reducido, al ser Comunidades más protegidas de desastres naturales.

Distribución mensual del coste asegurado en 2023, millones de euros



Coste per cápita asegurado de las de las catástrofes naturales en España en 2023 euros por habitante



Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del CCS, Agroseguro

Además del coste reportado por UNESPA, CCS y Agroseguro, destacan, si bien no es una partida que pueda clasificarse como asegurada, los costes asumidos por los *first responders*. Las partidas específicas de Tragsa, Protección Civil, Unidad Militar de Emergencias, Cruz Roja Española y los Presupuestos Generales del Estado para contener los efectos iniciales de las catástrofes ascendieron a 123 millones de euros en 2023.

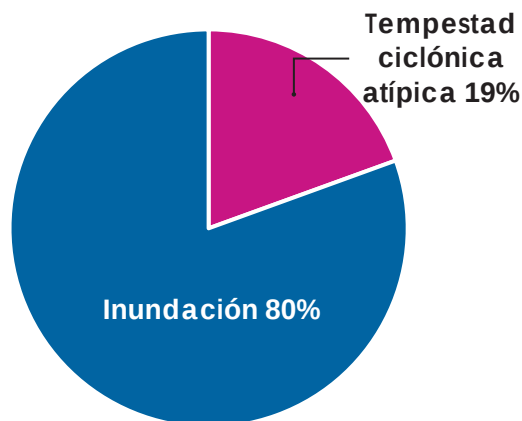
2. Impacto sobre el tejido productivo y el empleo

i) Resultados

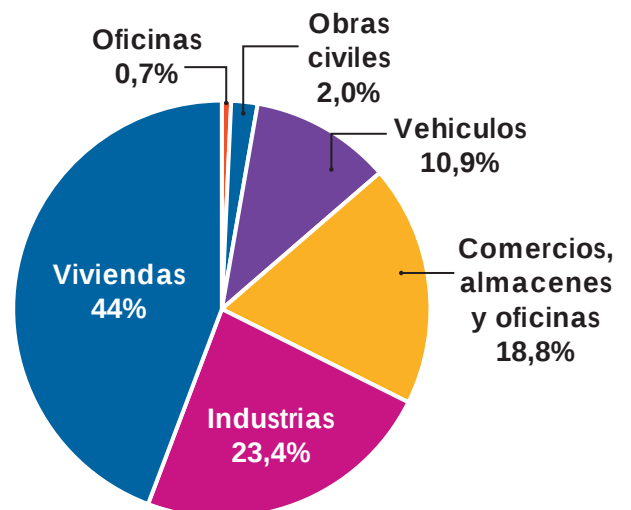
a. Impacto en bienes

En España hubo algo más de 1.000 millones de costes por indemnizaciones debido a catástrofes naturales en 2023. Únicamente el 41% de estos costes estarían asegurados (420 millones). Cuatro quintos de estas indemnizaciones por daños a bienes están provocados por inundaciones. El resto del coste recae en tempestades ciclónicas atípicas.

Origen de los costes de las catástrofes naturales sobre los bienes, 2023



Distribución de los costes de las catástrofes naturales en función del tipo de bien, 2023

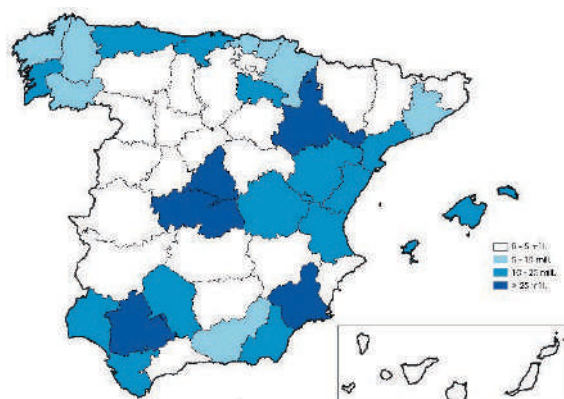


Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del CCS

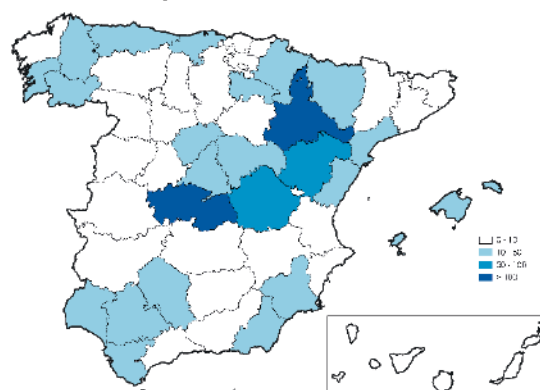
Los datos de bienes permiten la desagregación a nivel provincial, lo que permite ver las grandes diferencias a lo largo del territorio. El 58% de todo el coste en bienes se localizó en tres provincias: Toledo (260 millones de euros), Madrid (164 millones) y Zaragoza (167 millones). La DANA de septiembre en los dos primeros casos, y la inundación de Zaragoza capital de julio fueron los causantes de tal acumulación. Estos datos destacan el enorme impacto que un desastre natural puede llegar a tener si este se desata en zonas muy pobladas.

Si relativizamos el coste total en términos de coste por habitante, la prominencia de los desastres previamente comentados se acentúa aún más. En Toledo, el coste alcanzó los 370 euros por habitante y en Zaragoza superó los 170. Mientras que el año anterior el coste per cápita medio fue de 6 euros por habitante y se acumuló hacia la zona mediterránea, en 2023 este coste alcanzó los 22 euros por habitante, concentrándose en el interior peninsular.

Coste total estimado de las catástrofes naturales sobre los bienes en 2023, millones de euros



Coste per cápita estimado de las catástrofes naturales sobre los bienes en 2023, euros por habitante

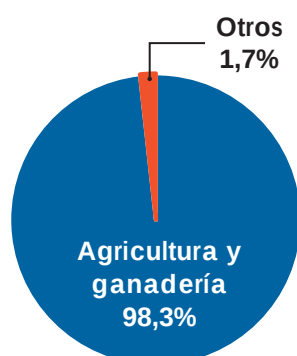


Fuente: Fundación Aon España, a partir de datos del CCS

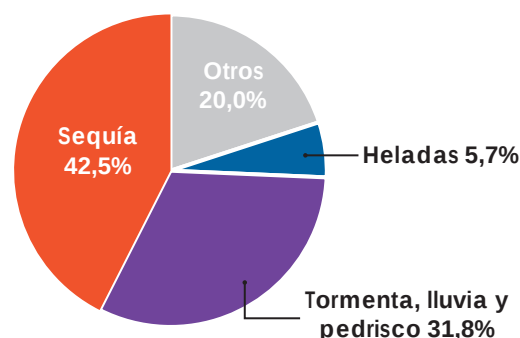
b. Impacto en rentas

Esta sección deja de lado el impacto de las catástrofes naturales sobre el stock de capital (bienes) y se centra en la impronta de estas sobre la actividad económica, en términos de facturación empresarial, PIB y empleo. Como en 2022, la mayoría de este impacto sobre las rentas se concentra en el sector agrícola y ganadero (98%). Si diferenciamos por tipo de evento, el mayor coste vino provocado por la sequía (42%). Los fenómenos pluviométricos adversos, junto con las heladas, suman más de un tercio del coste. El quinto restante se reparte entre una miríada de tipologías, relacionadas con los diferentes cultivos del campo español. Aunque la sequía ha capitalizado gran parte de la atención mediática y es el evento más catastrófico de 2023, la agricultura ha sufrido múltiples tipologías de desastres, según los datos récord de Agroseguro. Otros sectores también sufren estos desastres, pero no se trasladan a su capacidad productiva tan directamente, por no depender tanto del clima. Sin embargo, en el sector agroalimentario, la parada productiva es casi total cuando existen estos desastres, afectando inmediatamente al empleo y al valor añadido que generan. Los daños en sectores no agrícolas se recogen más en el análisis de bienes anterior.

Distribución sectorial del impacto de las catástrofes naturales sobre las rentas



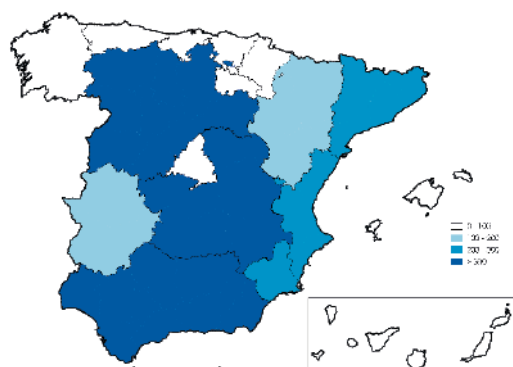
Distribución del impacto de las catástrofes naturales por tipo de evento



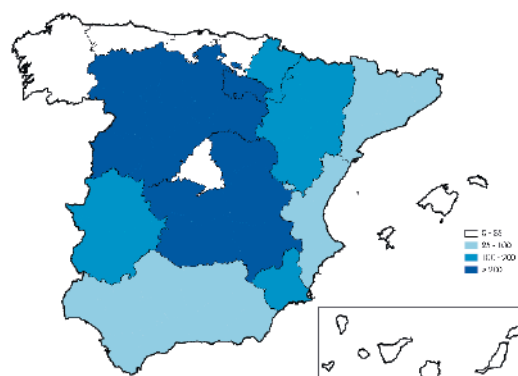
Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del CCS y Agroseguro

Por Comunidades Autónomas, el coste sobre las rentas refleja unos mapas distintos a los elaborados para el coste sobre los bienes. Andalucía, Castilla-La Mancha y Castilla y León agrupan la mitad de todo el coste de las catástrofes, con 1.275 millones de euros. Pasando el coste a términos per cápita, vemos que las dos Castillas, junto con La Rioja, perdieron más de 200 euros por habitante. Al igual que en bienes, el incremento de la media es muy significativo: si en 2022 se perdieron 31 euros por habitante en rentas debido a los desastres naturales, en 2023 esta cifra escaló hasta los 53 euros.

Coste total estimado de las catástrofes naturales sobre las rentas, millones de euros



Coste per cápita estimado de las catástrofes naturales sobre las rentas, euros por habitante



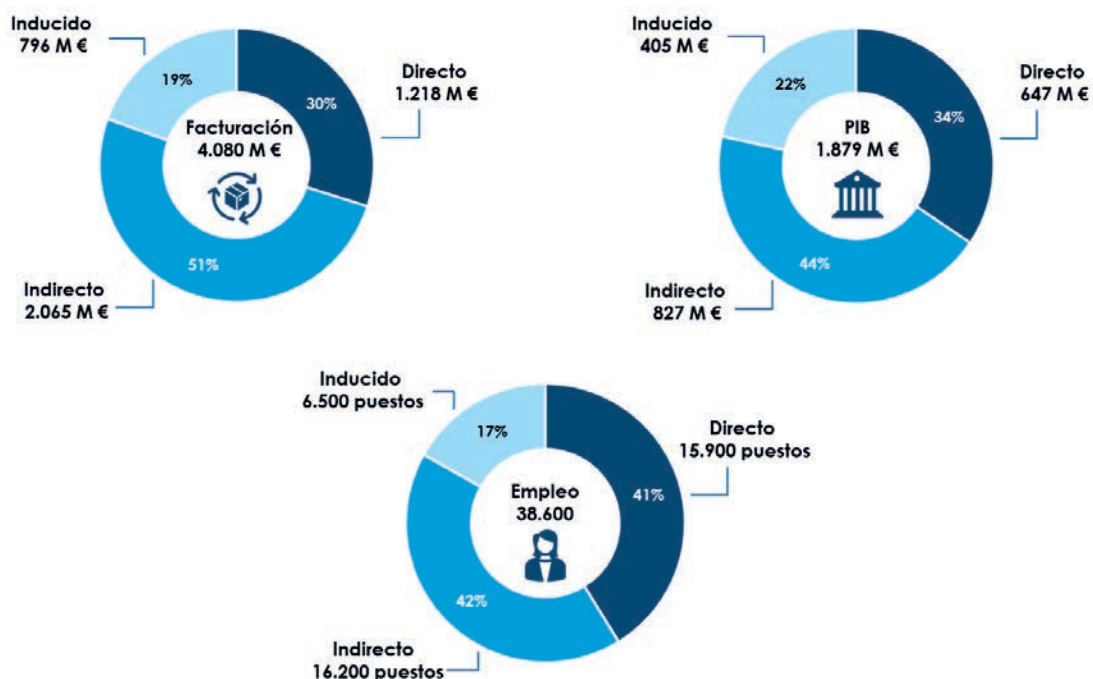
Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del CCS y Agroseguro

Este impacto en rentas se puede desagregar gracias a la metodología de Input-Output descrita anteriormente. En 2023, las empresas afectadas no cubiertas perdieron 1.220 millones de euros a consecuencia de las catástrofes naturales. Este impacto directo repercutió en el resto de los sectores, al suministrar menos productos a las empresas afectadas, en un total de 2.065 millones (impacto indirecto). La contracción por el impacto directo e indirecto indujo en la economía una nueva pérdida de casi 800 millones de forma agregada. Entre los tres impactos, las empresas españolas dejaron de facturar 4.080 millones en 2023, un impacto superior a los 3.210 millones en 2021, en el que tuvo lugar la Tormenta Filomena y la erupción del volcán de la Palma.

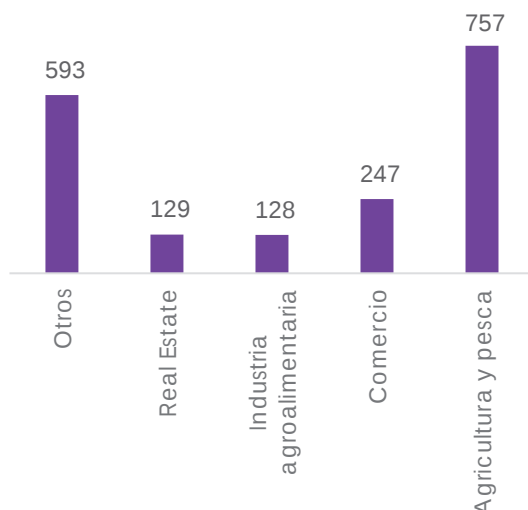
Esta caída en la facturación tuvo claras consecuencias para la economía. El PIB cayó en 1.880 millones, repartidos entre 650 de impacto directo, 830 de indirecto y 400 de inducido, lo que representa un 0,13% del PIB Español en 2023, un impacto ligeramente mayor al de 2022. Los sectores más afectados fueron el de agricultura y pesca, que perdió 770 millones, un 2,1% del peso de este sector en el PIB nacional. Le siguen a mucha distancia el sector del comercio (al por menor y al por mayor), industria agroalimentaria y sector inmobiliario. El resto de los sectores se repartieron el resto de la pérdida, que ascendió a 600 millones.

A nivel de empleo, se perdieron 38.600 puestos de trabajo en España en 2023 a consecuencia de las catástrofes naturales (15.000 más que en 2021). 15.900 por causas directas, 16.200 por el impacto indirecto y 6.500 por el inducido. El sector más afectado fue de nuevo el de agricultura y pesca, con más de 19.000 puestos perdidos, seguido por el sector comercial con 7.000. El resto de los sectores agruparon un aumento del desempleo de 14.000 personas. En resumen, 2023 no solo ha sido el año récord en costes asegurados, también en el impacto de las catástrofes naturales sobre la economía.

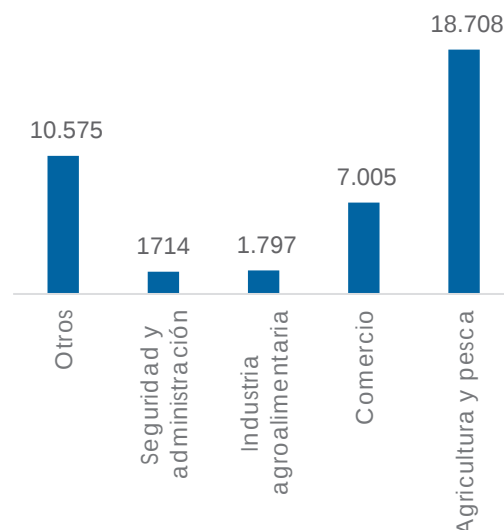
Impacto económico y social de las catástrofes naturales en 2023



Sectores más afectados por el impacto de las catástrofes naturales, millones de euros, 2023



Sectores más afectados por el impacto de las catástrofes naturales, empleos, 2023



Fuente: Fundación Aon España a partir de datos del CCS y Agroseguro

Esta metodología permite ver qué le pasaría a la economía si el grado de aseguramiento de las empresas ante desastres naturales aumentara en un punto porcentual. Los impactos totales sobre las tres variables se verían reducidos entre un 2,6% y un 2,8%. En términos absolutos, las magnitudes se han incrementado significativamente: 106 menos de impacto sobre la facturación (70 en 2022), 51 millones menos sobre el PIB (35 en 2022), además de salvarse 1.100 empleos (700 en 2022). De esta manera, no solo vemos el efecto positivo de arrastre que genera el sector del seguro sobre la economía, sino la importancia capital de estar asegurado, aún más en años críticos como lo fue 2023.

3. Impacto de los desastres naturales en la cesta de la compra

i) Motivación

Este capítulo especial extiende el análisis del impacto económico del anterior epígrafe para entender cuáles han sido los impactos específicos de los desastres sobre la cesta de la compra de alimentos.

2023 ha sido un año crítico para el campo español, provocado por un clima muy adverso. Según el “Informe sobre el estado del clima en España” de la AEMET, 2023 destacó por muy cálido, especialmente durante la primavera (momento de floración de muchos cultivos, como el olivar) y el verano. Además, las precipitaciones fueron escasas en media (especialmente en el tercio sur peninsular y la vertiente mediterránea). La combinación de las altas temperaturas y la baja precipitación han acrecentado el estrés hídrico que lleva sufriendo nuestro país desde hace tres años. Ello se refleja en los datos de Agroseguro, que ha registrado indemnizaciones récord a los agricultores, por valor de 1.240 millones de euros. Dado que estas compensaciones económicas suponen el 98% del impacto sobre las rentas, ello ha propiciado a su vez unas pérdidas en facturación, PIB y empleos también récord, como se ha visto en el anterior capítulo. La amalgama de desastres, donde el más prominente fue la sequía (aunque también destacan el pedrisco, heladas, lluvias torrenciales, viento, etc.) ha afectado a todos los cultivos y áreas geográficas de nuestro país.

El análisis de cómo el clima afecta a la economía es un campo de estudio académico relativamente extendido. La mayoría de artículos encuentra efectos negativos y persistentes de los desastres naturales sobre los precios, debido a caídas en las producciones agrícolas (Dhifaoui et al., 2023; Kabundi et al., 2022; Mukherjee & Ouattara, 2022; Stevanovic et al., 2016). Dichos efectos se encuentran a nivel global, pero son más acentuados entre los países en desarrollo, ya que sus cadenas de suministro son más deficientes, y las caídas en las producciones nacionales no son del todo compensadas con importaciones desde el exterior.

En los países desarrollados este tipo de análisis es menos común, aunque los artículos realizados siguen encontrando efectos palpables. Por ejemplo, Beirne et al., (2021) modelizan la relación entre los desastres naturales y la evolución de los precios en el área euro, encontrando un efecto positivo, especialmente en los precios de la alimentación y bebidas no alcohólicas. En un reciente artículo (Borralló et al., 2024), analistas del Banco de España observan que los eventos de El Niño y La Niña tienen impactos significativos en los precios de compra de la Unión Europea.

Para el particular de España no existen análisis científicos específicos que exploren en detalle las relaciones comentadas entre clima y economía, aunque los análisis a nivel de Unión Europea (Beirne et al., 2021; y Borralló et al., 2024) muestran parte de sus resultados para distintos países, entre los que se encuentra España. A nivel nacional, es llamativo, por ejemplo, que el Informe de Consumo Alimentario de 2023, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, no mencione el clima o los desastres naturales, ni siquiera en el apartado de aspectos coyunturales que pueden afectar al consumo.

Dadas las características especiales de 2023 y la falta de estudios para nuestro país, hace muy pertinente analizar cuáles han sido los efectos de esta acumulación de siniestros sobre los precios de la cesta de la compra. El objetivo es aprender de lo ocurrido en 2023 para extraer conclusiones de cara al futuro, más

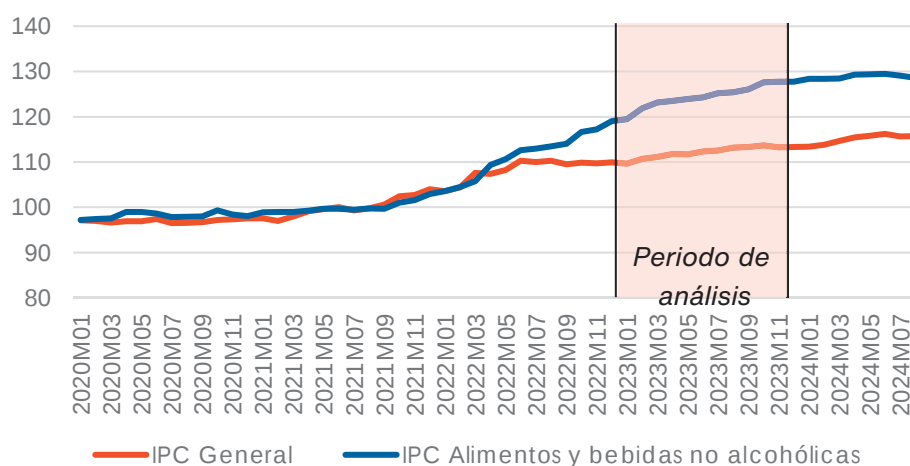
aún, sabiendo que las proyecciones climáticas señalan hacia el incremento en el número e intensidad de los desastres naturales. Para España, según el IPCC y la AEMET, las olas de calor aumentarán su duración, habrá más días cálidos, menos precipitación en el sur, más evapotranspiración, etc.: en definitiva, un clima más arduo e impredecible para los cultivos, con consecuencias para el mundo rural y también el urbano.

ii) Datos

Establecer una conexión entre los desastres naturales que afectan al sector primario y las variaciones en la cesta de la compra final de los españoles es una tarea compleja. En primer lugar, el clima varía a lo largo de la geografía (más aún en una tan diversa como la española), y por lo tanto los impactos de las catástrofes son heterogéneos por cultivos y áreas.

En segundo lugar, estamos estudiando el efecto de los desastres naturales en un contexto inflacionario. Los precios en España se habían mantenido relativamente estables desde la crisis de 2008 hasta 2021, cuando los desequilibrios generados por el Covid en las rutas comerciales globales, además de un contexto geopolítico complicado (Guerra de Ucrania), presionaron los precios al alza, primero de la energía para posteriormente trasladarse al resto de la economía. Por subgrupos, los alimentos y bebidas no alcohólicas han experimentado una de las mayores subidas de precios. Mientras que el IPC general ha moderado su crecimiento desde mitad de 2022, el precio de los alimentos ha seguido aumentando incluso hasta la primera parte de 2024. En este capítulo asumimos que el incremento en el IPC de los alimentos hasta 2023 vino dado por los mayores costes de la energía y la guerra de Ucrania. Sin embargo, tras 2023, se entiende que los precios habrían estado más influenciados por desastres naturales.

Evolución mensual del Índice de Precios de Consumo, general y de alimentos y bebidas no alcohólicas (Base 100 = 2021)



Fuente: Fundación Aon a partir del INE

Todo ello dificulta el objetivo de medir el impacto de los desastres naturales en la cesta de la compra. Para su consecución, este capítulo recurre a varias fuentes de datos, que ofrecen desagregaciones para diferentes tipos de cultivos.

- Agroseguro

Del seguro agrario se obtienen los datos de indemnizaciones y superficie siniestrada, por grupo de cultivo (i.e. cereales de invierno, oleaginosas, cítricos, etc.) y tipo de desastre que las causaron (i.e. sequía, pedrisco, heladas, lluvias). De todas las partidas disponibles para las que se dispone de esta desagregación, se han seleccionado las que tuvieron un importe de indemnización superior a 10 millones de euros². Esto supone cerca de un 90% de todo el volumen asegurado por Agroseguro en 2023.

Comentar que la variable utilizada en el análisis no es la del dato bruto del total de indemnizaciones, sino el de superficie siniestrada sobre el total de superficie utilizada para cada cultivo. Esto se hace para tener en cuenta que las indemnizaciones más elevadas pueden estar simplemente explicadas por una mayor presencia de ese cultivo en el campo español y no por la severidad de los desastres. El dato de la superficie total cultivada se obtiene de las fuentes de datos del Ministerio de Agricultura.

Cultivos más afectados por las catástrofes considerados en el análisis, 2023

Grupo de cultivo	Principales riesgos sufridos	Dato bruto: Total indemnización (millones de euros)	Dato relativizado: Superficie siniestrada sobre el total
Cereales de invierno	Sequía y pedrisco	405	39%
Cítricos	Pedrisco y heladas	81	10%
Uva	Sequía y heladas	85	10%
Melocotón	Pedrisco y mal cuajado	55	11%
Aceituna	Sequía	36	2%
Ajo	Lluvia	27	78%
Oleaginosas	Sequía	30	30%
Leguminosas	Sequía	24	63%
Albaricoque	Mal cuajado	24	32%
Cereza	Lluvia	14	14%
Tomate	Lluvia	22	52%

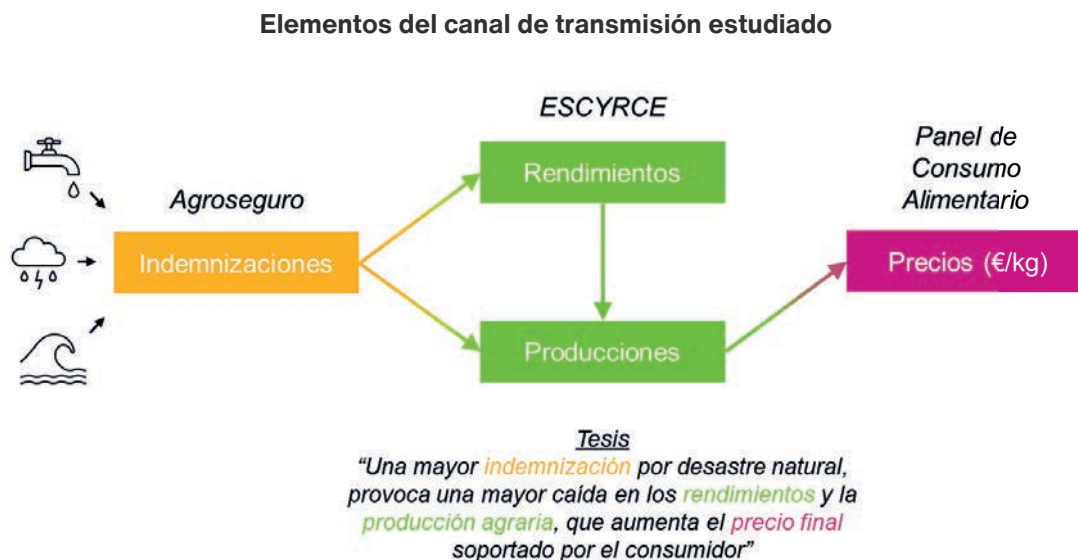
Fuente: Fundación Aon a partir de Agroseguro y ESCYRCE

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, del que se utilizan dos fuentes de datos
 - o ESCYRCE: la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos, iniciada en 1990, toma información georreferenciada “a pie de parcela”, a través de la que se obtienen los rendimientos medios por hectárea y tipo de cultivo, tanto en secano como regadío, así como la producción final por cultivo.
 - o Panel de consumo alimentario: 12.500 hogares proporcionan datos diarios de consumo, gasto y precios pormenorizados en esta encuesta, que tiene como objetivo conocer la demanda directa de alimentos de los españoles. Esta estadística pública no solo proporciona datos a nivel agregado de todos los hogares, sino que permite su descomposición en diferentes grupos socioeconómicos.

² Aunque el caqui cumple con estas condiciones, no se ha tenido en cuenta en el análisis por no disponer de registros para este cultivo en el resto de fuentes de datos utilizadas.

iii) El impacto a nivel general

Este epígrafe pretende analizar cómo los desastres naturales afectan al consumidor final. El canal que se pretende estudiar es el representado en la siguiente figura.



Fuente: Fundación Aon España

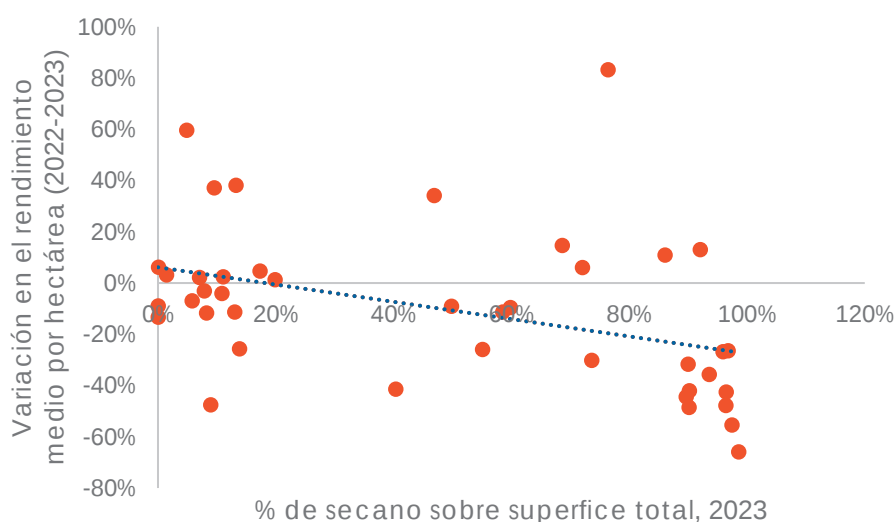
De forma previa, se estudian las variaciones de cada uno de los bloques por separado, para después pasar a analizar el conjunto de la cadena (Indemnizaciones → Rendimientos y producciones agrarias → Precios en la cesta de la compra).

a. Variación de rendimientos agrarios

La producción total agraria en España se ha reducido un 9,1% entre 2022 y 2023. En ese mismo periodo, el rendimiento medio por hectárea cayó un 11,7%³. Este rendimiento medio se puede desglosar por tipo de cultivo, donde vemos que el tipo de irrigación juega un papel clave: **a mayor porcentaje de seco, mayor fue la caída en el rendimiento.** Esta relación negativa se observa en la línea de tendencia punteada. Lógicamente, los cultivos de regadío soportan mejor la sequía, el principal evento catastrófico de 2023, y solo se verían azotados por vientos, lluvias, pedriscos o heladas.

³ La diferencia entre estas dos cifras radica en que la segunda agrupa los cultivos sin ponderar por el peso que tiene cada uno sobre el global de producción agrícola. Los cultivos considerados son: Aguacate, Ajo, Albaricoquero, Alcachofa, Algodón, Almendro, Arroz, Avellano, Avena, Berenjena, Calabacín, Cebada 2 carreras, Cebada 6 carreras, Cebolla, Centeno, Cereza y guindo, Ciruelo, Colza, Esparrago, Fresa y fresón, Garbanzo, Girasol, Guisantes secos, Guisantes verdes, Habas secas, Habas verdes, Judías secas, Judías verdes, Lentejas, Limonero, Maíz, Maíz dulce, Maíz forrajero, Mandarino, Manzano, Melocotonero y nectarinas, Melón, Naranja, Olivar de aceituna de almazara, Olivar de aceituna de mesa, Olivar doble aptitud (mesa y almazara), Patata, Pepino, Peral, Pimiento, Platanera, Pomelo, Praderas polifitas, Prados naturales (en regadío), Prados naturales (en seco), Quinoa, Remolacha azucarera, Sandía, Tomate, Tomate industria, Trigo blando, Trigo duro, Viñedo de uva de mesa blanca con semilla, Viñedo de uva de mesa blanca sin semilla, Viñedo de uva de mesa roja con semilla, Viñedo de uva de mesa roja sin semilla, Viñedo de uva de transformación, Yeros, Zanahoria.

Relación entre variación en el rendimiento y la superficie total dedicada a secano



Fuente: Fundación Aon España a partir de ESCYRCE

Nota: se tienen en cuenta los cultivos con más de 10.000 hectáreas

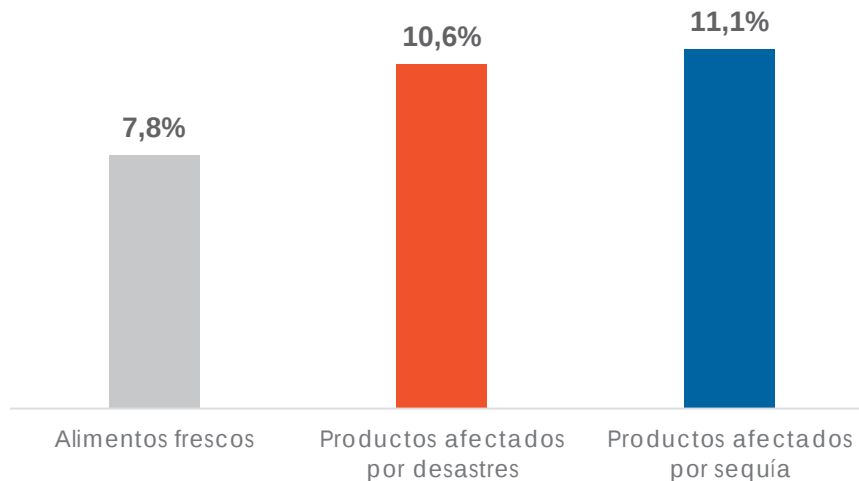
b. Variación en la cesta de la compra

La cesta de la compra general en España se habría encarecido un 10% entre 2022 y 2023, como se desprende de la figura inicial sobre la evolución del IPC. Esto supone un gasto per cápita de 150 euros más, que, de forma agregada para todos los españoles, suponen más de 7.200 millones de euros. No obstante, este grupo comprende carnes, pescados y, en general, alimentos que no están afectados tan directamente por los desastres naturales. En particular, **los alimentos frescos se encarecieron un 7,8%, un incremento algo menor que en la cesta general.**

¿Qué ha ocurrido con los alimentos de la cesta de la compra que más se han visto afectados en origen por los desastres naturales? Para ello se han seleccionado aquellos productos de la cesta que están relacionados con los cultivos afectados. Por ejemplo, en el caso del grupo de cereales de invierno, se han escogido los productos de pan, cereales o galletas; en el caso de la aceituna, tanto el aceite de oliva como la aceituna de mesa, etc. **En total, los productos analizados suponen un 17% del volumen total de la cesta de la compra de los españoles, y un 16% de todo lo que gastan.**

En media, **los precios de aquellos productos que utilizan cultivos afectados por desastres se habrían incrementado un 10,6%**, lo que supondría un gasto per cápita extra de 18,2 euros respecto a 2023. Dicho de otro modo, **los españoles gastaron más de 870 millones de euros en los productos más afectados en origen por los desastres, mientras el volumen de compras se mantenía estable.** No obstante, toda esta subida no tiene por qué estar provocada por los desastres. Adicionalmente, aquellos alimentos afectados por la sequía se han encarecido un 11,1%, señalando un posible efecto diferencial de esta catástrofe respecto al resto de eventos. **Los porcentajes comentados son significativamente superiores al de la cesta de referencia (de alimentos frescos), cuyo precio se incrementó un 7,8%.**

Variaciones en los precios de diferentes cestas de la compra

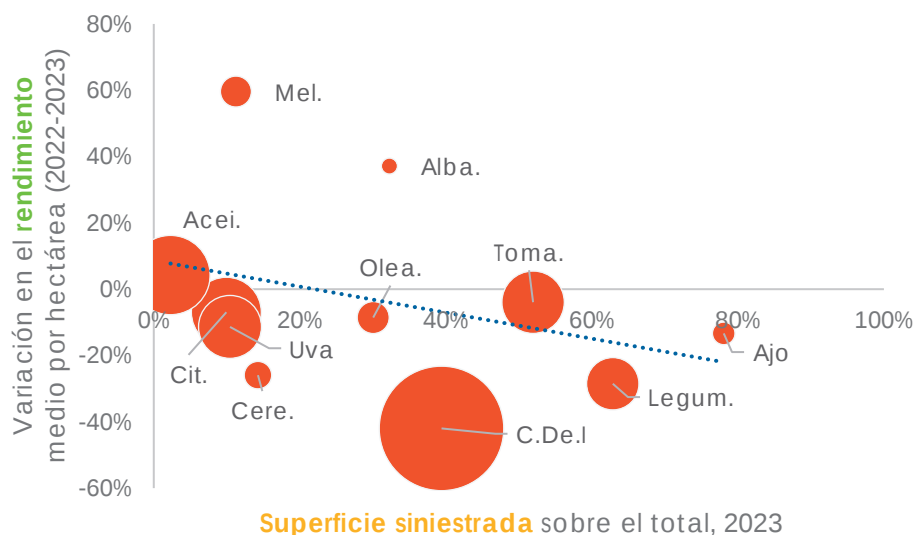


Fuente: Fundación Aon España a partir de Panel de Consumo Alimentario

c. El impacto en la cadena en su conjunto

Graficando conjuntamente los rendimientos y la superficie siniestrada sobre el total de la superficie utilizada para ese cultivo, **se observa una ligera tendencia negativa: aquellos cultivos más afectados han experimentado una mayor caída en el rendimiento medio por hectárea**. Esta relación está determinada en gran parte por el peso de los cereales de invierno, unos cultivos que ha acaparado el mayor volumen de indemnizaciones (44% del total de Agroseguro) y ha sufrido el mayor desplome en el rendimiento (-42% entre 2022 y 2023), debido a la sequía en un cultivo eminentemente de secano. Frutales como el melocotón o el albaricoque, pese a haber padecido también eventos catastróficos, los han soportado mejor, y muestran incrementos en el rendimiento. Al contrario que los cereales, estos son cultivos de regadío: más de un 90% de su superficie cultivada está irrigada. En el caso de la aceituna, apenas hay variación en el rendimiento, dato más negativo de lo que parece, pues supone no recuperar en 2023 la abrupta caída que hubo en la campaña de 2022 (-52% en la producción con respecto a 2021).

Relación entre indemnizaciones por desastre natural y rendimientos agrícolas

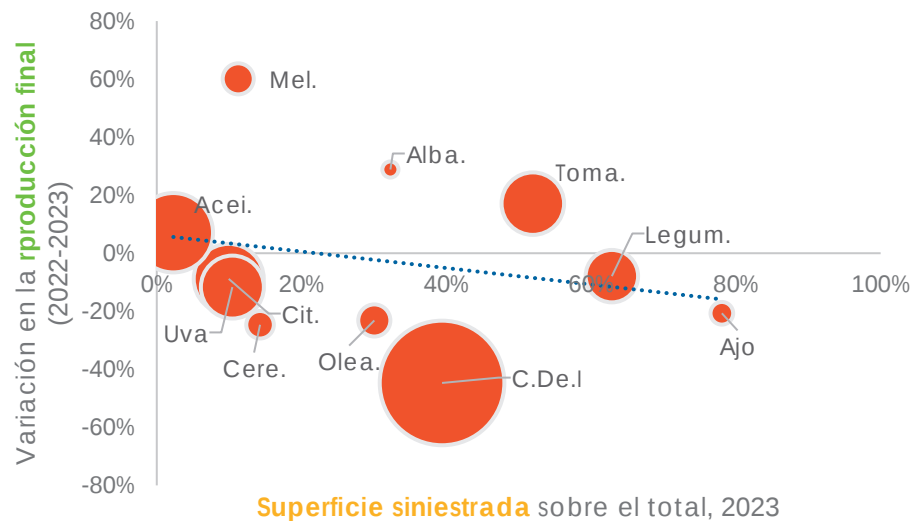


Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro y ESCYRCE

Nota: el tamaño de las bolas viene determinado por el peso del grupo de cultivo en el global del gasto de la cesta de la compra. A mayor tamaño, mayor porcentaje representa dicho cultivo sobre el total de la cesta. Las abreviaturas para esta y las siguientes figuras indican: Aceitunas (Acei.), Albaricoques (Alba.), Cereales de Invierno (C.De.I.), Cerezas (Cere.), Cítricos (Cit.), Legumbres (Legum.), Melocotones (Mel.), Oleaginosas (Olea.).

De manera similar, a mayor superficie siniestrada, mayor es la caída en la producción final. No obstante, cultivos como el melocotón, el albaricoque o el tomate incrementan su producción pese a la incidencia de los desastres naturales. Esto puede deberse a sus características. Los dos primeros cultivos mencionados son eminentemente de regadío. Mientras, el tomate tiene mucha superficie cultivada en invernadero, que posiblemente no se haya visto afectada por los desastres y es la que más rendimiento medio tiene, en comparación con el tomate al aire libre.

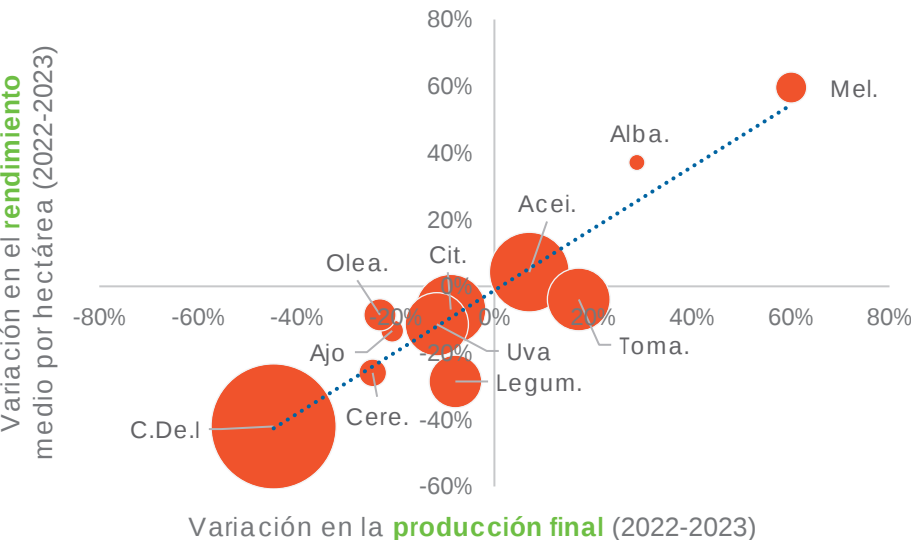
Variaciones entre indemnizaciones por desastre natural y producciones agrícolas



Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro y ESCYRCE

En general, vemos que **la relación entre los rendimientos medios y la producción final es fuerte**. Solo los tomates muestran una relación singular, el rendimiento medio ha caído ligeramente, pero la producción final se ha incrementado.

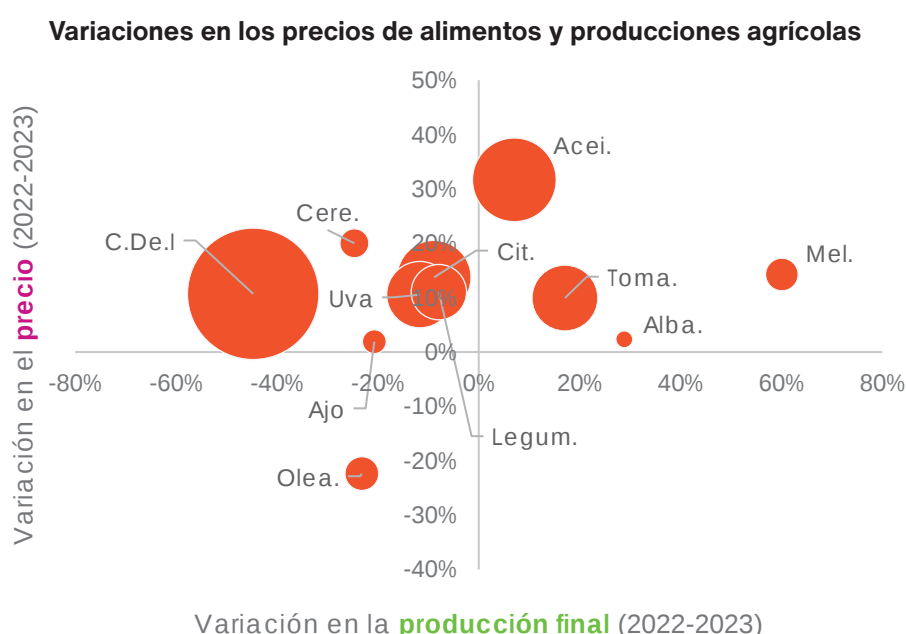
Variaciones entre rendimientos medios y producciones agrícolas



Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro y ESCYRCE

El siguiente paso en la cadena de transmisión planteada anteriormente conlleva observar la relación entre la variación en la producción y la variación en los precios. **Teóricamente, esperaríamos que una menor oferta puesta en el mercado (caída en la producción) haría elevar los precios finales para el consumidor.** En el gráfico de abajo, esta asociación se localizaría en el cuadrante superior izquierdo. Aquí encontramos la mayoría de cultivos.

No obstante, hay un grupo significativo para el que se encuentran crecimientos de la producción y subidas de precios. Son cultivos muy específicos, como el aceite, que pese a incrementar la producción final, no ha recuperado los niveles de 2021, y su precio ha vuelto a incrementarse más de un 30%, lo que puede justificar a su vez la caída de los precios en el aceite de girasol (oleaginosas). Además, esta relación atípica puede estar justificada dentro de contextos inflacionarios, como en el que se encontraba España durante 2022 y 2023.

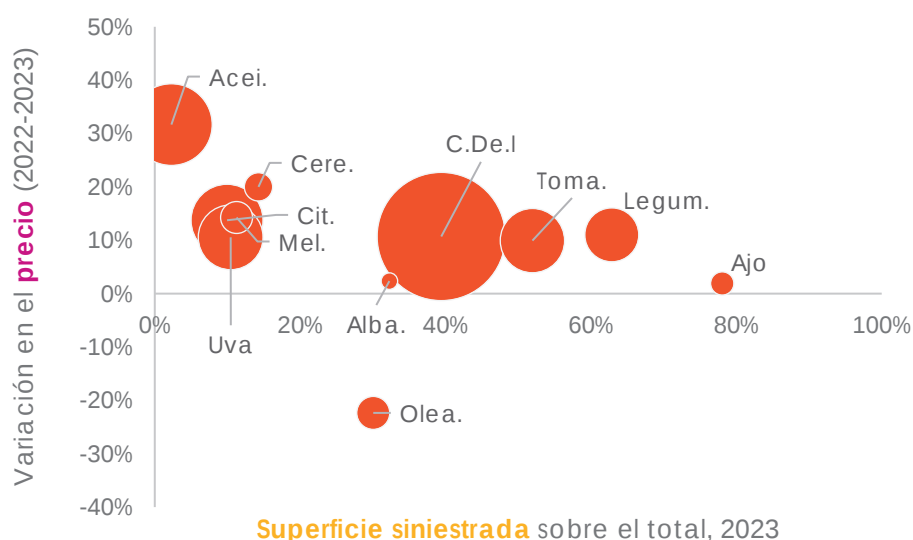


Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro, ESCYRCE y Panel de Consumo Alimentario

Por último, ¿existe relación entre el principio y el final de la cadena? Es decir, ¿existe una asociación entre la superficie siniestrada sobre el total y la variación en el precio? **Se observa que, pese que a los grupos analizados muestran incrementos en los precios (la mayoría por encima del 7,8% registrado para la cesta de alimentos frescos), la mayor intensidad de los desastres no parece ir acompañada de un incremento superior en los precios.**

En el siguiente gráfico se muestra la relación entre ambas variables. Obsérvese de nuevo las reacciones atípicas comentadas anteriormente de las aceitunas y las oleaginosas.

Porcentaje de superficie siniestrada y variaciones en los precios de alimentos



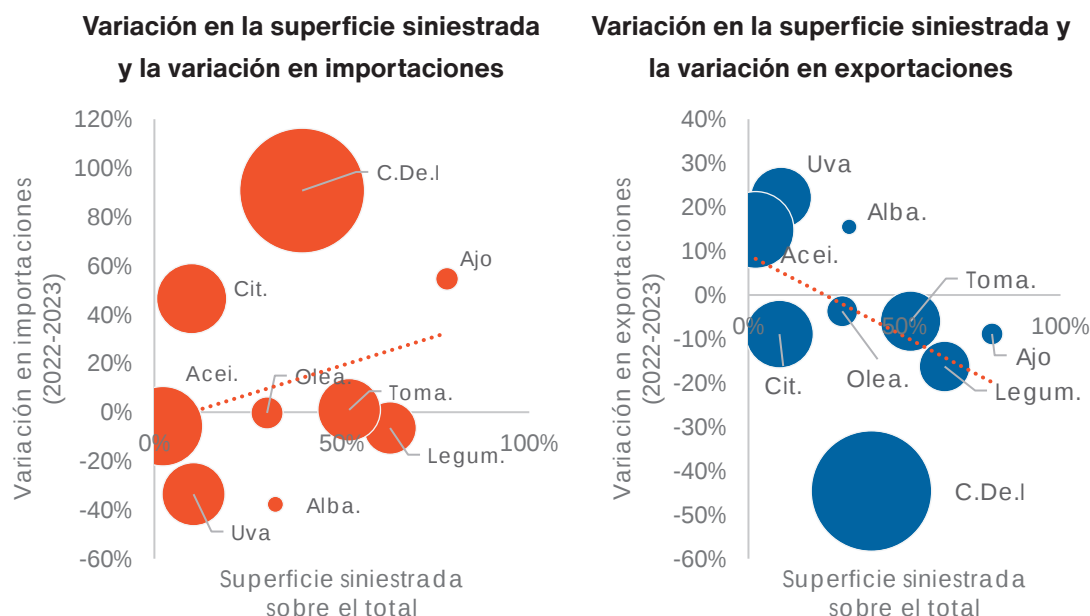
Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro, ESCYRCE y Panel de Consumo Alimentario

d. El canal del comercio exterior

Hasta ahora, el análisis que se ha considerado tiene lugar en una “economía cerrada”, es decir, un país donde no existe comercio exterior. No obstante, **las importaciones y exportaciones de productos primarios podrían estar detrás de la falta de relación entre las indemnizaciones y rendimientos de algunos cultivos y los precios finales de sus productos.** Por ello, este epígrafe analiza el posible canal de estabilización del comercio exterior sobre los precios.

Para compensar la caída de los rendimientos y producciones provocadas por los desastres naturales, los intermediarios de la cadena de alimentación pueden haberse apoyado más en producciones exteriores, aumentando las importaciones de alimentos. Análogamente, la falta de producción podría haber empujado a la baja las exportaciones: la falta de oferta habría incrementado el precio de los productos españoles en el mercado internacional, empujando a los compradores hacia productos de otros orígenes.

La evidencia apunta a que lo ocurrido fue precisamente esto. **Entre el 2023 y 2022, las importaciones de alimentos crecieron un 18,4%, mientras que las exportaciones disminuyeron un -12,8%.** Cifras que alertan sobre el deterioro de la posición competitiva del sector primario español en el exterior, que contrastan con el buen desempeño del comercio general de bienes: las importaciones cayeron un 5,9% y las exportaciones se mantuvieron estables (-0,3%). Más específicamente, los datos de comercio exterior reflejan que los cultivos afectados sufrieron variaciones significativas. Es especial las importaciones de cereales de invierno se duplicaron entre 2022 y 2023, mientras que sus exportaciones se hundían un 60%. Aunque las relaciones no sean claras, **el tamaño de las variaciones indica que los flujos comerciales pueden haber jugado un papel importante en la determinación del precio final para los consumidores**, lo que explicaría la falta de asociación entre la superficie siniestrada y dichos precios. Esta explicación es consistente con el artículo de Borrallo et al. (2024), donde se observa cómo los flujos comerciales exteriores afectan a la estabilidad de los precios de los alimentos en el mercado interno.



Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro, Datacomex y Panel de Consumo Alimentario

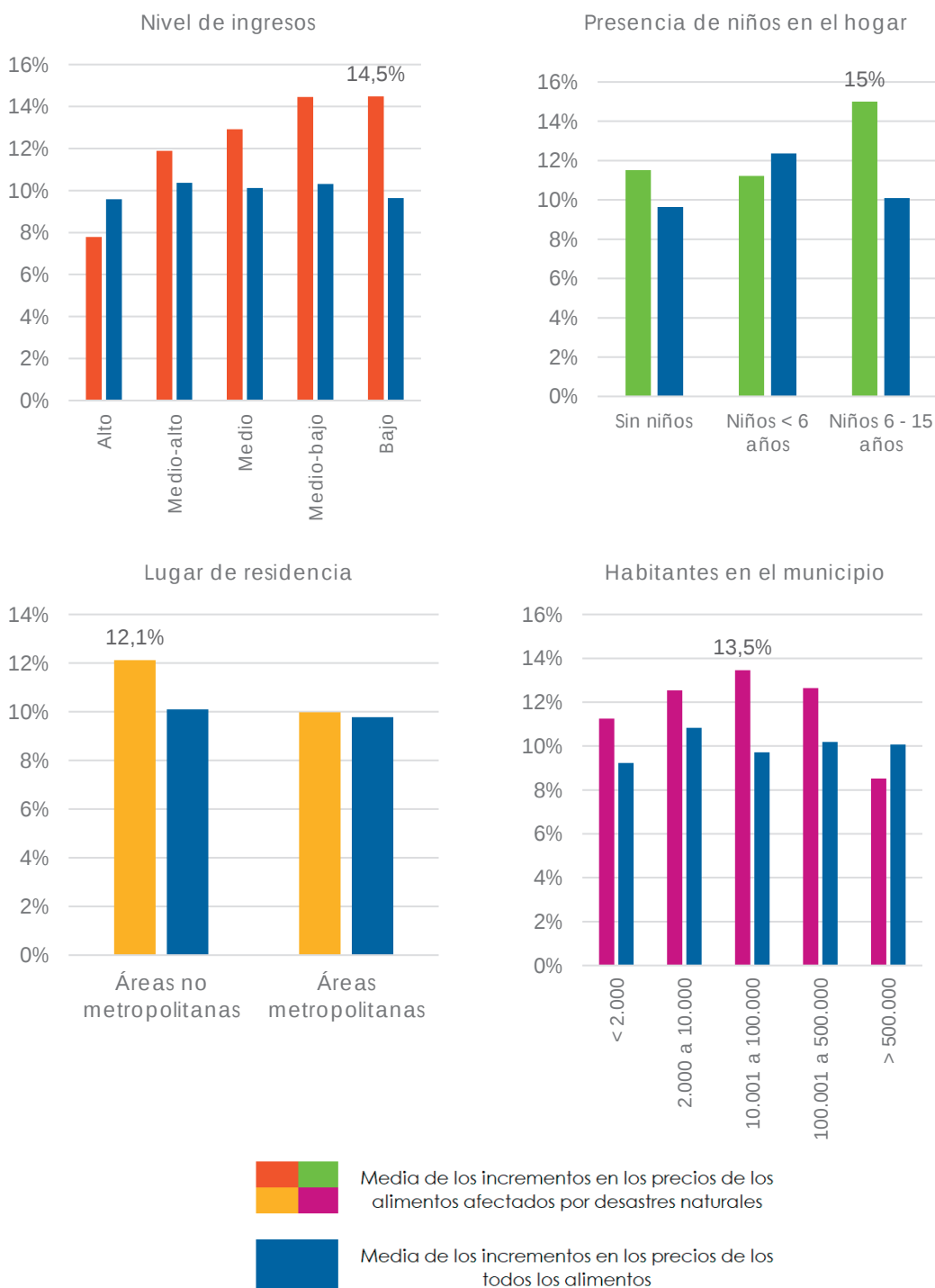
iv) Las diferentes cestas de los hogares españoles

Una vez estudiadas las relaciones a nivel nacional, este epígrafe pasa a analizar la elevada heterogeneidad en el impacto a nivel socioeconómico. La cercanía al campo, el tamaño del municipio de residencia o la composición del hogar son algunos de los elementos que influyen en los productos adquiridos por cada consumidor.

Los siguientes gráficos presentan la idea de que **las cestas de la compra generales (en azul) se han mantenido similares para los diferentes grupos socioeconómicos**. No obstante, **se observan gradientes significativos para los precios de aquellos productos afectados por los desastres naturales**. Las diferencias más claras se observan por:

- Nivel de ingresos: los precios a los que compraron los hogares con ingresos bajos se incrementaron un 14,5% frente al 7,8% de los hogares con ingresos altos. Conforme menores son los ingresos, mayor es el incremento de los precios.
- Presencia de niños en el hogar: mientras que la cesta general fue más costosa para las familias con niños menores (menos de 6 años), el incremento en los precios de los productos afectados por desastres fue más significativo (15%) para las familias con niños entre 6 y 15 años.
- Lugar de residencia: aquellas familias que viven fuera de áreas metropolitanas han visto incrementarse los precios un 2% más que aquellos hogares dentro de áreas metropolitanas.
- Por número de habitantes del municipio: los hogares en localidades de tamaño mediano (de entre 10.000 y 1000.000 habitantes) son los que más han visto incrementar su cesta de productos afectados por desastres naturales. En este gradiente, los menos golpeados parecen ser los habitantes de ciudades muy grandes (más de 500.000), donde los productos podrían haber sido más caros desde el inicio.

Impacto de los desastres naturales sobre la cesta de la compra, variaciones entre 2022 y 2023, por grupos socioeconómicos



Fuente: Fundación Aon España a partir de Agroseguro y Panel de Consumo Alimentario

v) Conclusiones y recomendaciones

El presente capítulo recopila evidencia de primera mano (indemnizaciones de Agroseguro) y la combina con fuentes de datos públicas para determinar si los desastres naturales que afectaron al sector primario en 2023 se trasladaron a la cesta de la compra. Los resultados, heterogéneos por grupo de cultivo, muestran asociaciones clave que permiten extraer una serie de ideas, expuestas a continuación:

- **Los desastres naturales afectan a los rendimientos medios y producciones agrícolas de una manera clara.** No obstante, las caídas en la producción observadas en 2023 **parecen no trasladarse completamente al precio final de compra para el consumidor.**
- Además de la heterogeneidad inherente (contexto inflacionista, variabilidad entre regiones, diferentes canales de compra, etc.), una posible hipótesis de una falta de relación más directa entre el impacto de los desastres sobre la cesta de la compra es **el papel atenuante del comercio exterior: los flujos comerciales compensan las variaciones de la producción nacional de alimentos.** Pese a ello, esta estabilización no vendría sin costes:
 - o la balanza comercial del sector primario se resiente, al incrementarse las importaciones y reducirse las exportaciones de productos para la alimentación,
 - o el consumidor compra un producto que a priori puede ser de peor calidad (transporte en cámaras frigoríficas, menor control sobre el proceso de cultivo), y a unos precios que presumiblemente pueden ser más caros, y
 - o los alimentos que se comercian desde orígenes lejanos tienen un impacto considerable para el medioambiente, dado que el transporte de largas distancias es altamente contaminante.
- Los gradientes socioeconómicos presentados inciden además en que **el impacto de las catástrofes naturales no es igual para toda la población.** Las cestas de alimentos afectados de hogares con bajos ingresos o con niños en el hogar parecen haberse encarecido más que la media. Si, como ocurre usualmente, los desastres naturales suelen golpear a aquellas personas más desfavorecidas por estar menos preparadas y tener menos recursos para recuperarse, las catástrofes también parecen afectar más a estos grupos a través de los precios de la cesta de la compra.
- Es importante señalar que los cultivos de regadío aguantan mejor los periodos de sequía que sufre nuestro país, por lo que es natural que cada vez más agricultores recurran a irrigar sus cultivos. Estos sistemas suponen, no obstante, una presión adicional sobre los escasos recursos hídricos. **Avanzar en la mejora de los sistemas de riego, más inteligentes y eficientes, es avanzar hacia una mayor resiliencia climática y seguridad alimentaria.**
- Por último, concluir que, especialmente para el caso español, es necesario más investigación sobre la relación del clima y los precios de compra de los consumidores finales, con análisis que cubran un mayor periodo temporal, o más variables de impacto de los desastres naturales, más allá de las indemnizaciones o superficie siniestrada.

4. Coste humano de las catástrofes naturales

i) Aprendiendo de las catástrofes que causan pérdidas humanas, ¿qué nos enseña esta experiencia?, ¿es posible lograr una mayor cultura del riesgo?

Los desastres naturales encadenan año tras año la pérdida de vidas humanas y es ineludible para la sociedad aprender de esta situación: conocer mejor los riesgos que tienen para las personas, al tiempo que se promueven acciones para mejorar la capacidad de respuesta ante estos fenómenos naturales. En muchas ocasiones se repiten con cierta frecuencia, afectando con mayor intensidad a determinadas zonas del territorio, como ocurre con las cada vez más frecuentes olas de calor. Las temperaturas extremas son la segunda causa de muerte a nivel mundial, después de los terremotos.

El número de fallecidos por catástrofes naturales a nivel mundial ha sido de 95.000 personas, una cifra muy superior a la media del siglo XXI (71.430 fallecidos), debido a los terremotos de Turquía y Siria. También a nivel mundial se ha registrado un elevado número de fallecidos por altas temperaturas, y en España este año se ha considerado como extremadamente cálido.

Predecir las olas de calor resulta muy difícil (Aon, 2024), ya que cada vez son más frecuentes e intensas, pero ¿se podrían haber evitado estas pérdidas humanas? Con esta pregunta se trata de poner de manifiesto la importancia de la gestión del riesgo de desastres, entendiéndola como el poder disponer de recursos y de capacidades para afrontar los riesgos. Desde este enfoque, las medidas de autoprotección, recogidas en la Ley 17/2015 del Sistema nacional de Protección Civil, hacen referencia a las acciones de autoprotección que debemos desplegar los ciudadanos ante los riesgos, así como la autoprotección corporativa para dar respuesta a las emergencias que puedan surgir ante las catástrofes.

ii) Objetivos y metodología

Para comprender cómo han afectado los desastres naturales a las personas y poder desarrollar una mejor gestión del riesgo de desastres, se aborda este análisis con los siguientes objetivos y metodología:

a. **Objetivos de la investigación**

1. Examinar las características de los desastres naturales que han causado pérdidas humanas en 2023, realizando comparaciones con los ocurridos en años precedentes con el fin de comprender estos fenómenos y aportar un conocimiento que sirva para mejorar la capacidad para hacer frente a los desastres naturales y reducir las pérdidas humanas que año tras año ocasionan.
2. Analizar la cuantía de las pérdidas humanas, según el tipo de desastre natural, así como estudiar las diferencias que los citados fenómenos ocasionan según el género de los fallecidos.
3. Estudiar el impacto de las pérdidas humanas en el territorio para obtener un conocimiento cuantitativo desde un enfoque espacial, a partir de la consideración de que los desastres naturales y el territorio interactúan; y poniendo en valor las acciones que pueden desplegar tanto el sector público como el privado y el voluntariado desde el territorio en el que actúan.

Para lograr estos objetivos, se desarrolla la siguiente metodología de investigación, exponiendo en primer lugar la fuente de información de los datos obtenidos, que es el punto de partida de la investigación, como se expone a continuación.

b. La fuente de información de la investigación: los registros oficiales de fallecidos por riesgos naturales en España del Ministerio del Interior

Los datos relativos a la cuantía de las pérdidas humanas ocasionadas por catástrofes naturales en España durante el año 2023 son los registros oficiales facilitados por el Ministerio del Interior del Gobierno de España. Con relación a los fallecidos por riesgos naturales en España, se expone que estos proceden de la Base de Datos Nacional de Fallecidos por Riesgos Naturales, gestionada por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, que registra esta información desde 1990. La información se obtiene de diferentes fuentes, en particular de las comunicaciones de las unidades de protección civil de las delegaciones y subdelegaciones de Gobierno y de los Centros 112 de las Comunidades Autónomas al CENEM. La información de fallecidos por golpe de calor es contrastada con el Ministerio de Sanidad, que facilita los datos anuales de los fallecimientos acontecidos durante la campaña de verano en la que está vigente el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud del 1 de junio hasta el 15 de septiembre (Anuario Estadístico, Ministerio del Interior, 2021).

Los datos del registro de fallecidos de la Dirección General de Protección Civil es una fuente de información con una metodología diferente a la utilizada por el Instituto de Salud Carlos III (2023) cuando señala en el Informe MoMo que este *“ofrece estimaciones diarias de exceso de mortalidad por todas las causas y la mortalidad atribuible al exceso o defecto de temperatura”*. La diferencia es que la metodología del Informe MoMo es una estimación de la mortalidad, y en esta investigación se utilizan datos reales de una fuente de información oficial como es el Ministerio del Interior. Con todo, se realiza el análisis de los datos obtenidos y se comparan con los de años precedentes, transmitiendo los resultados del análisis de forma rápida y comprensible y utilizando diferentes representaciones gráficas para su visualización.

iii) La cuantía total de las pérdidas humanas por desastres naturales en España desde el inicio del S.XXI (2000-2023): estudio comparativo

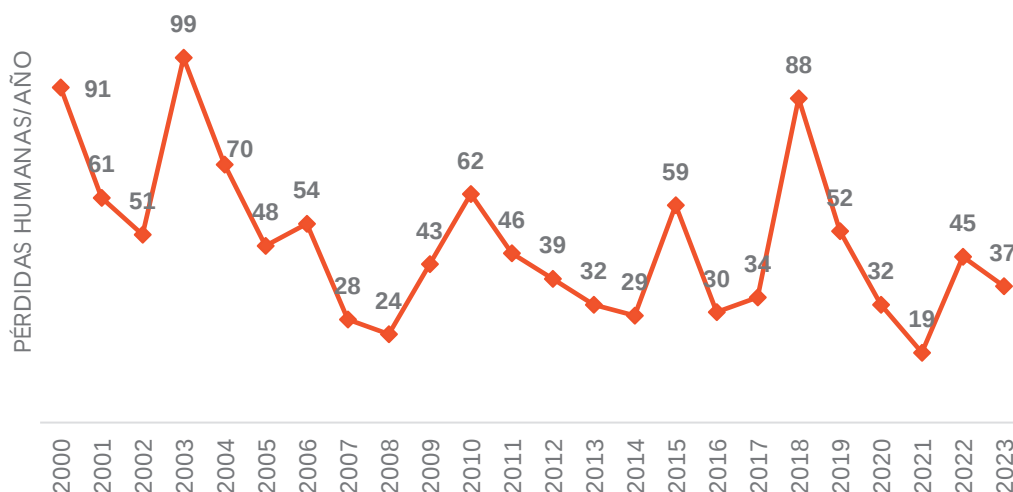
Como señala Aon (2024), 2023 ha sido un año mortífero, ocasionando 95.000 fallecidos, cifra muy superior a la del año anterior (31.300). Siendo el 62% de estas elevadas muertes atribuibles al terremoto de Turquía y Siria.

En España se han registrado 37 fallecidos en 2023, cifra inferior a la media desde el comienzo del siglo XXI (49). Este descenso tiene un comportamiento diferente a lo ocurrido a nivel mundial, donde el número de muertes ha sido muy superior a la media del siglo.

Siendo la pérdida de vidas humanas un daño irreparable, el descenso en la cifra de fallecidos respecto a 2022 podría ser la consecuencia de una mayor “cultura de autoprotección” de la población, por la mejora de las medidas de prevención y por el desarrollo de los sistemas de alerta.

El siguiente gráfico muestra la evolución de la cuantía de las pérdidas humanas desde el inicio del siglo XXI en España.

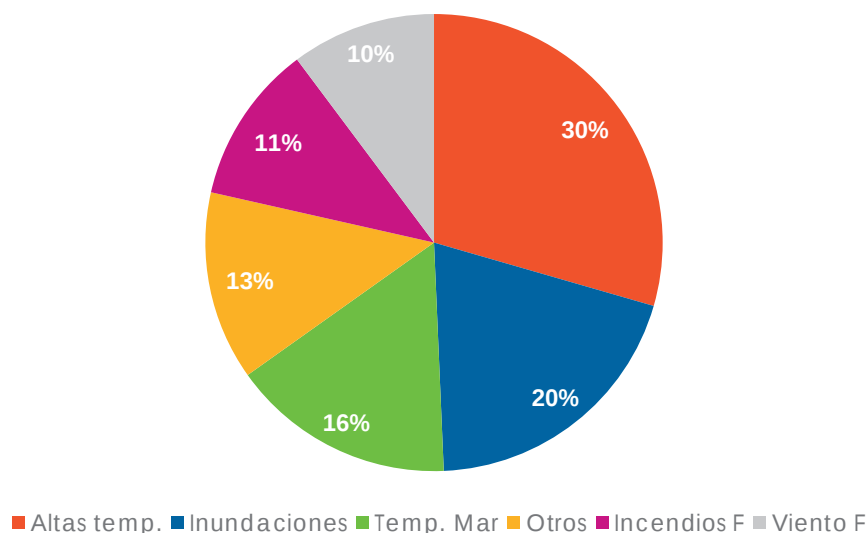
Evolución de la cuantía de pérdidas humanas por desastres naturales desde el inicio S.XXI



Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior (2024)

A continuación, se analiza la pérdida de vidas humanas con cada uno de los desastres naturales ocurridos en 2023. Desde el año 2000 al 2023, la primera causa de muerte son las altas temperaturas, con el 30% de los fallecidos. En segundo lugar, las inundaciones, con el 20% de fallecidos. En tercer lugar, los temporales marinos, con el 16% de fallecidos. En cuarto lugar, los vientos fuertes, con el 10% de fallecidos. Estos cuatro eventos concentran el 75% de los fallecidos desde el comienzo del siglo.

Porcentaje de fallecidos por desastres naturales desde el inicio S.XXI (2000-2023)



Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior (2022, 2024)

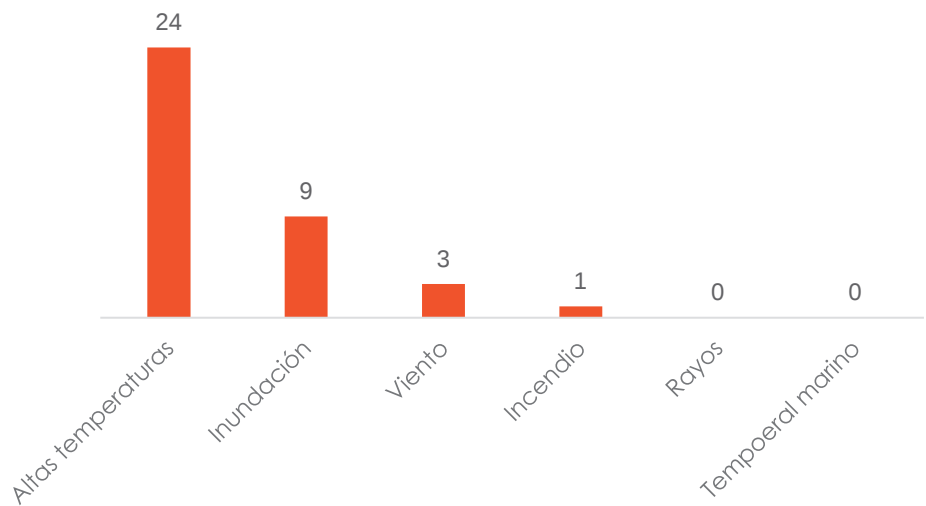
iv) Clasificación y análisis de las pérdidas humanas en 2023

Las altas temperaturas han ocasionado 24 fallecidos, que representan el 65% de las muertes ocasionadas por los desastres naturales ocurridos en 2023. Es la primera causa de muerte en España, como consecuencia de que el año 2023 ha sido el segundo año más caluroso desde 1961, por detrás tan solo de 2022, que resultó 0,2°C más cálido que 2023, siendo considerado un año extremadamente cálido en España, como señala AEMET (2023).

En los meses de julio y agosto, hubo cuatro olas de calor. La primera y la segunda en el mes de julio, y la tercera y la cuarta, en el mes de agosto, siendo las olas de calor del mes de agosto las más intensas, con

temperaturas de 40°C en gran parte del territorio. Las temperaturas más altas se registraron en Valencia (aeropuerto) en agosto, con 46,8°C. Las Islas Canarias también registraron tres olas de calor, siendo la primera durante el mes de agosto y la tercera en el mes de octubre (AEMET, 2024). Las pérdidas humanas por altas temperaturas en 2023 han aumentado un 20% con respecto a 2022.

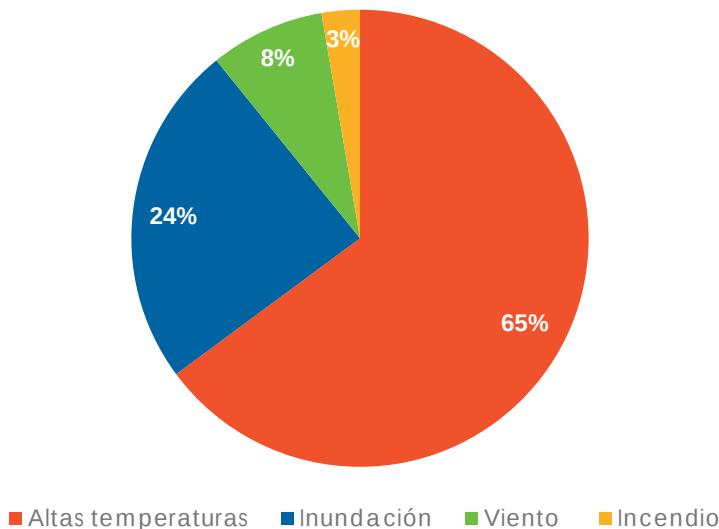
Pérdidas humanas por diferentes causas de desastres naturales. Valores absolutos. Año 2023



Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior (2024)

Las inundaciones ocasionaron 9 fallecidos y representan el 24% de las muertes ocasionadas por los desastres naturales, la segunda causa de muerte. Los fuertes vientos ocasionaron 3 fallecidos y representan el 8%, la tercera causa de muerte. Los incendios ocasionaron un fallecido, representan el 3%, la cuarta causa de muerte. La pérdida de esta vida humana fue consecuencia de los 28 incendios ocurridos, con intervenciones de la UME, que ocasionaron 64 heridos y 22.361 personas evacuadas (Protección Civil, 2023). El esfuerzo realizado ante la magnitud de unos incendios que pueden ser letales ha ocasionado la muerte de una persona, siendo inferior a la media del periodo 2000-2023 (5 fallecidos).

Porcentaje (%) de pérdidas humanas ocasionadas por diferentes desastres naturales. Año 2023



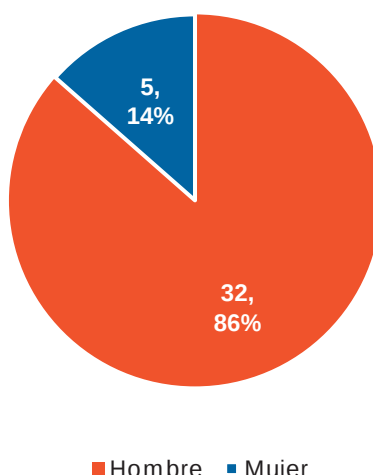
Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior (2024)

Durante el año 2023 no se han registrado pérdidas humanas por temporales marinos, ni por tormentas y rayos, fenómenos que ocasionaron pérdidas humanas en años anteriores.

v) Clasificación y análisis de las pérdidas humanas según género

Para comprender los riesgos a los que se expone una sociedad por catástrofes naturales, es necesario profundizar en cómo afectan a las personas. Para ello, se analizan las pérdidas humanas mediante una segmentación por género. El 86% de los fallecidos por desastres naturales en 2023 han sido hombres, frente a un 14% de mujeres. En valores absolutos, las pérdidas humanas han sido 32 hombres y 5 mujeres, inferiores a los fallecidos en 2022.

Pérdidas humanas por género en valor absoluto y porcentaje. Año 2023

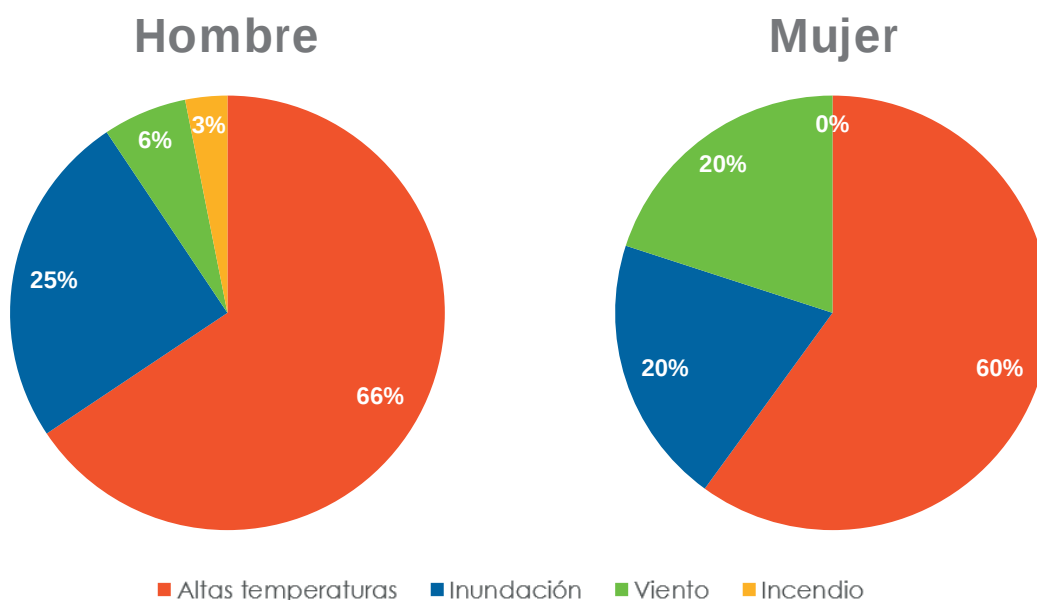


Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior, (2024)

En los tres años consecutivos en los que el Barómetro realiza el análisis del coste humano de los desastres naturales, se verifica que el porcentaje de hombres fallecidos sobre el total de muertes anuales ha sido significativamente superior al porcentaje de mujeres fallecidas.

Para conocer mejor los riesgos y poder reducir su impacto, a continuación, se expone cómo los distintos desastres naturales afectan de manera diferente a mujeres y hombres.

Pérdidas humanas según tipo de desastre natural y género. Año 2023



Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior, (2024)

La primera causa de mortalidad por desastres naturales en las mujeres han sido las altas temperaturas, con un 60% de las muertes ocasionadas. La segunda causa de mortalidad en las mujeres han sido las inundaciones, con un 20% de pérdidas humanas, y el viento fuerte, con un 20%. No han causado pérdidas humanas en mujeres los temporales marinos, las tormentas y rayos ni los incendios.

La primera causa de mortalidad en hombres han sido las altas temperaturas, con el 66% de los fallecidos en 2023. La segunda causa de mortalidad en hombres han sido las inundaciones, con el 25% de los fallecidos. La tercera causa de mortalidad han sido los vientos fuertes, con el 6% de los fallecidos y, por último, la cuarta causa de mortalidad en hombres han sido los incendios forestales, con un 3%. No se han registrado fallecidos por temporal marino ni tormentas y rayos.

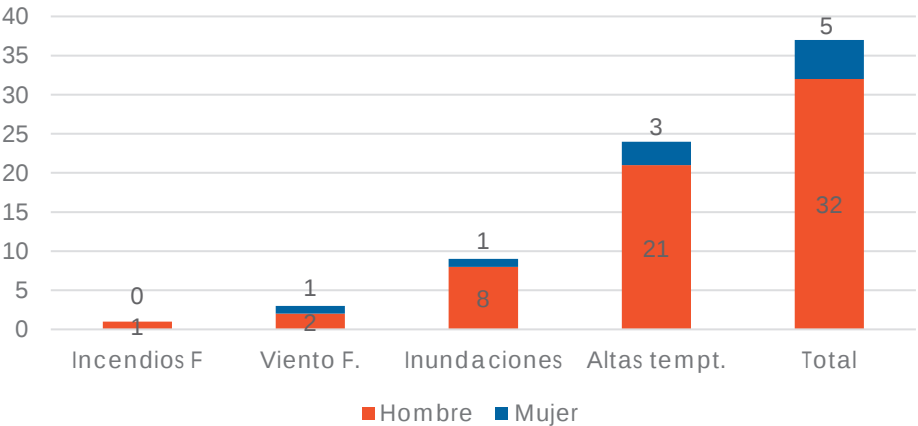
a. Las pérdidas humanas por catástrofes naturales según género: estudio comparativo

El análisis comparativo entre diferentes años en los que los desastres naturales han causado pérdidas humanas permite comprender cómo afectan a las personas para poder mejorar las medidas de protección ante estos fenómenos. En este examen, 2023 ha registrado un menor número de pérdidas humanas (37 fallecidos) respecto a 2022 (45). Sin embargo, el análisis de las pérdidas humanas según género, en valores absolutos, muestra el crecimiento de la mortalidad por altas temperaturas en los hombres (21 fallecidos en 2023 frente a 14 en 2022). El número de mujeres fallecidas por altas temperaturas en 2023 se ha reducido a la mitad (3 fallecidas frente a 6 en 2022). El incremento del número de muertes por calor es una demostración de la exposición a las altas temperaturas registradas en 2022 y 2023, los más calurosos desde 1961, con una situación climatológica muy diferente a la del verano de 2021.

El segundo desastre natural con mayor impacto en España son las inundaciones, ya que el calentamiento global terrestre da lugar al calentamiento global marino y a fuertes tormentas. En el estudio comparativo de las pérdidas humanas por inundaciones, vemos un impacto diferente en hombres y en mujeres. Las inundaciones de 2023 ocasionaron 8 fallecidos hombres, respecto a los 4 en 2022. Sin embargo, en 2023 se registró una mujer fallecida, igual que en 2022.

Es relevante señalar que las pérdidas humanas por inundaciones en 2023 representan el 24% de las pérdidas humanas, un porcentaje superior a la media del periodo 2000-2023, que es del 20%.

Pérdidas humanas por desastres naturales según género. Valores absolutos. Año 2023



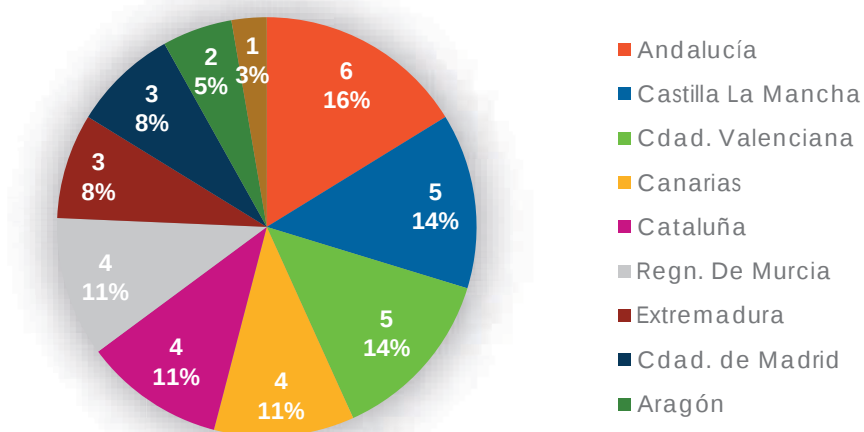
Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior, (2023)

vi) Las pérdidas humanas en las Comunidades Autónomas: una visión espacial del impacto de los desastres en el territorio

Los desastres naturales tienen impacto en el territorio, pero la gestión del riesgo de catástrofes puede reducir dicho riesgo en el territorio (Dauphiné, Provitolo, 2023). Con este enfoque, es necesario conocer el impacto de los desastres en pérdidas humanas en las diferentes Comunidades Autónomas.

En 2023 las catástrofes han afectado a 10 Comunidades Autónomas que representan el 58,8% del total. Las que suman mayores pérdidas humanas son: Andalucía, con 6 fallecidos (16%); Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana, con 5 fallecidos cada una (14%); la Región de Murcia, Canarias y Cataluña, con 4 fallecidos cada una (11%); la Comunidad de Madrid y Extremadura, con 3 fallecidos cada una (8%); Aragón, con 2 fallecidos (5%); y en último lugar con 1 fallecido, Castilla y León (2%).

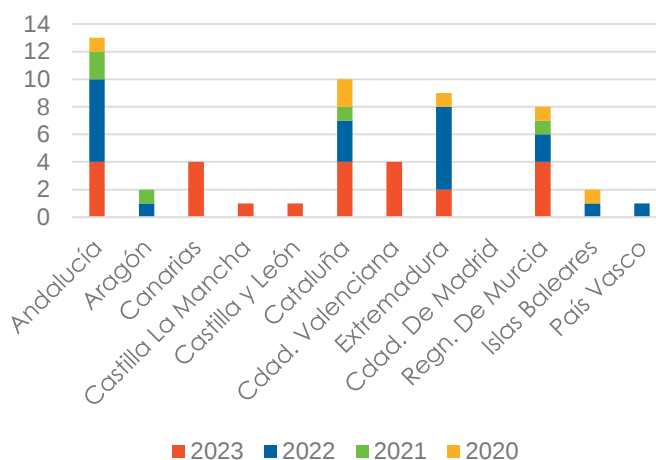
Valor absoluto y porcentaje de pérdidas humanas (%) por desastres naturales según CC.AA. Año 2023



Fuente: Fundación Aon en base a datos del Ministerio del Interior (2024)

Estos datos guardan relación con lo señalado por AEMET (2023): “Se observaron anomalías térmicas cercanas a +2 °C en la mayor parte de Andalucía, Región de Murcia, sur de Extremadura, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Cataluña, Asturias, Cantabria y noreste de Castilla y León. En el resto de la España peninsular las anomalías se situaron alrededor de +1 °C. En Baleares y Canarias estuvieron comprendidas entre +1 °C y +2 °C, con un verano muy cálido y extremadamente cálido respectivamente”. Andalucía, Cataluña y Región de Murcia son las únicas CCAA que han registrado pérdidas humanas por altas temperaturas consecutivamente entre 2020 y 2023.

Pérdidas humanas por altas temperaturas por desastres en las CCAA. Años (2020-2023)



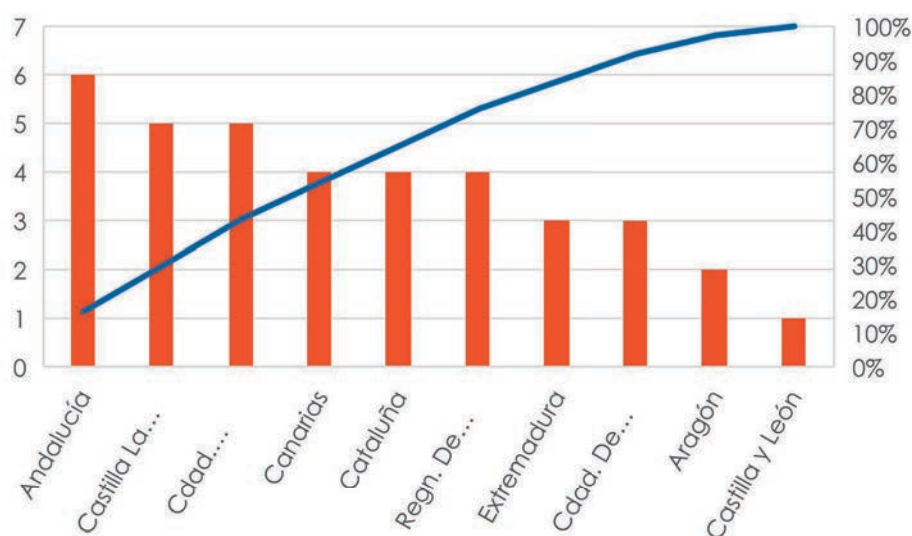
Fuente: Fundación Aon en base a datos del Ministerio del Interior (2020-2024)

a. Concentración (%) de pérdidas humanas por desastres naturales en las Comunidades Autónomas: estudio comparativo años 2022-2023

Para profundizar en la comprensión del impacto territorial de las catástrofes y su efecto en pérdida de vidas humanas, se estudia a continuación, por medio de la técnica del diagrama de Pareto (la regla del 80/20), el porcentaje de las pérdidas humanas en las CCAA, como expresión de la regla del 80/20. Con este análisis se estudian las pérdidas humanas como consecuencia de todos los tipos de catástrofes ocurridas en 2023, con el objetivo de mostrar que el impacto de las catástrofes en una mayor extensión del territorio, involucrando a un mayor número de CCAA, tiene consecuencias en la gestión del riesgo de desastres en la medida en que será necesario disponer de mayor cantidad de recursos materiales y físicos para la protección de las personas y para poder reducir el riesgo.

En el siguiente gráfico se muestran las pérdidas humanas ocurridas en las Comunidades Autónomas en valores absolutos, y mediante la curva (color azul) se representa el porcentaje acumulado de dichas pérdidas. Con esta técnica se comprueba mediante la curva que Andalucía, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Canarias, Cataluña y Región de Murcia concentran el 80% de las pérdidas humanas. El 20% restante se alcanza en Extremadura, Comunidad de Madrid, Aragón y Castilla y León.

Concentración (%) de pérdidas humanas por CC.AA. Año 2023 (Diagrama de Pareto)

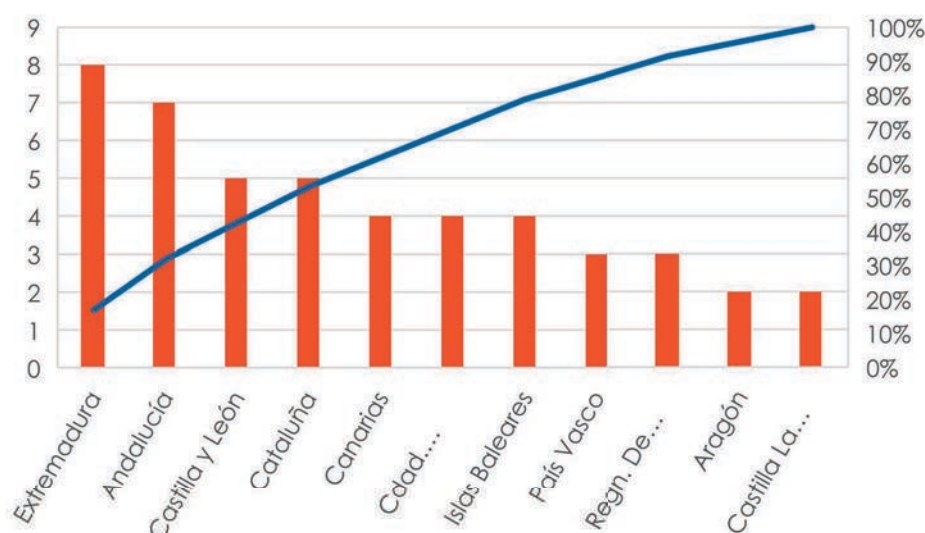


Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior, (2024)

Realizando la comparación con 2022, aunque en dicho año hubo más pérdidas humanas, la situación es similar respecto al número de CCAA afectadas, ya que cinco concentraban el 60% de las pérdidas humanas y seis, el 80%. En cuanto a 2021 (Fundación Aon España, 2022), año con el menor número de pérdidas humanas desde el comienzo del siglo, se mostraba una situación muy diferente, ya que el 70% de las pérdidas humanas se concentraron en solo tres Comunidades.

Con este análisis se explica cómo hay Comunidades Autónomas que encadenan en años sucesivos las mayores pérdidas humanas, como se muestra en los estudios realizados por el Barómetro de Catástrofes de los años 2021, 2022 y 2023. Andalucía se encuentra en primer lugar por número de pérdidas humanas durante los tres años consecutivos. Cataluña se encuentra durante estos tres años entre el grupo que concentra más del 70% de las pérdidas humanas. Cantabria, La Rioja y las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla no han registrado ninguna pérdida humana por catástrofes naturales en estos tres años consecutivos.

Concentración (%) de pérdidas humanas por CC.AA. Año 2022 (Diagrama de Pareto)

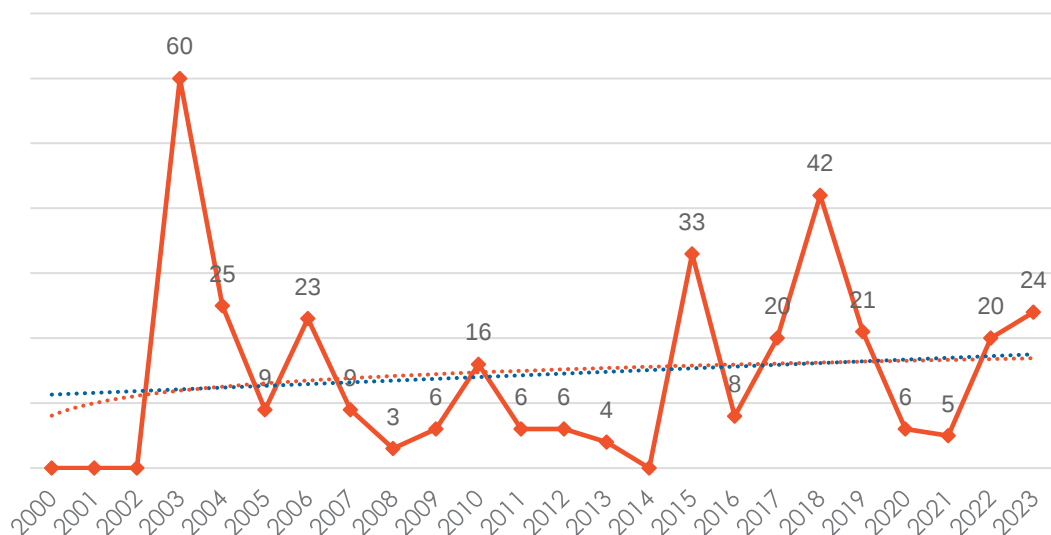


Fuente: Fundación Aon España en base a datos del Ministerio del Interior (2023)

vii) Las pérdidas humanas por olas de calor: estudio comparativo. Años 2000 y 2023

A continuación, se muestran los valores absolutos de las pérdidas humanas en el periodo 2000-2023, así como la representación en escala logarítmica y lineal de la evolución de la mortalidad por altas temperaturas. La representación gráfica en escala logarítmica mide en el eje de ordenadas (Y) las variaciones porcentuales (%) de las pérdidas humanas por altas temperaturas, a diferencia de lo que ocurre con la representación gráfica lineal, que mide en ordenadas (Y) valores absolutos. En el siguiente gráfico, la función logarítmica de las pérdidas humanas por altas temperaturas está representada por una línea de puntos (color rojo) y muestra que en 2000-2002 la función de las pérdidas humanas por altas temperaturas (en el eje de ordenadas) discurre por debajo de la función lineal (línea de puntos color azul). Entre 2003 y 2015, la función logarítmica discurre por encima de la lineal, e indica que en el eje de ordenadas (Y) se ha producido un crecimiento mayor en (%) de pérdidas humanas por altas temperaturas que en valor absoluto. Entre 2015 y 2018, ambas funciones coinciden: continúa el crecimiento en valor absoluto, pero con una variación porcentual (%) menor que en la etapa anterior. Entre 2019 y 2023, el crecimiento de la función lineal discurre por encima de la logarítmica: continúa el crecimiento de las pérdidas humanas por altas temperaturas en valor absoluto, aunque con menor variación porcentual (%).

Evolución de las pérdidas humanas por altas temperaturas en España. Años (2000-2023)



Fuente: Fundación Aon España en base a Ministerio del Interior (2000-2024)

viii) Conclusiones

Para contribuir a mejorar la gestión del riesgo de desastres es necesario conocer los desastres naturales que afectan a un territorio, la frecuencia con que se repiten y la vulnerabilidad de las personas que pueden verse dañadas. Aprender de la experiencia que causa la pérdida de vidas humanas es un pilar sobre el que se puede construir una cultura del riesgo que sirva a la sociedad para comprender la vulnerabilidad de las personas ante las catástrofes y sirva para reducir las pérdidas humanas. Con esta perspectiva se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Las catástrofes han causado 37 fallecidos, una cifra inferior a la media del siglo. Esta tendencia es diferente a lo sucedido a nivel mundial, donde la mortalidad por desastres naturales ha sido en 2023 superior a la media del siglo.
2. El mayor número de fallecidos (24) se ha debido a las altas temperaturas. La segunda causa de muerte han sido las inundaciones, con 9 fallecidos; la tercera, los vientos fuertes, con 3 fallecidos. La primera causa de muerte en 2023 son las altas temperaturas, como en 2022.
3. Los desastres naturales han causado un 86% de muertes en hombres, respecto a un 14% en mujeres; siendo en valores absolutos 32 fallecidos hombres respecto a 5 fallecidas mujeres. El porcentaje de fallecidos hombres ha crecido respecto al año anterior y ha disminuido el de mujeres, pero el impacto de los desastres naturales muestra una clara diferencia por género.
4. La primera causa de muerte en los hombres (66%) y en las mujeres (60%) han sido las altas temperaturas. La segunda causa de muerte en hombres (25%) y en mujeres (20%) han sido las inundaciones. La tercera causa de muerte en hombres (3%) son los incendios y en el caso de las mujeres (20%), los vientos fuertes.
5. Los desastres naturales afectan al territorio, pero también el territorio puede interactuar con los desastres naturales por medio de una eficaz gestión del riesgo de desastres.
6. Andalucía es la Comunidad Autónoma con mayor porcentaje de pérdidas humanas (16%). En segundo lugar, la Comunidad Valenciana y la Comunidad de Castilla-La Mancha (14%). En tercer lugar, Canarias, Cataluña y Región de Murcia (11%). En cuarto lugar, la Comunidad de Madrid y Extremadura (8%). En quinto lugar, Aragón (5%). Y en último lugar, Castilla y León (2%).
7. En 2023 el 80% de las pérdidas humanas se concentran en seis Comunidades Autónomas: Andalucía, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Canarias, Cataluña y Región de Murcia. El 20% restante, en cuatro: Extremadura, Comunidad de Madrid, Aragón y Castilla -León. El análisis de la extensión del impacto de las catástrofes en el territorio pone de manifiesto la importancia de poder disponer de recursos físicos y humanos para poder dar respuesta a los diferentes eventos.
8. El análisis territorial del impacto de las catástrofes muestra también que Andalucía se encuentra en primer lugar, por número de pérdidas humanas, durante tres años consecutivos (2021, 2022, 2023). Además, Cataluña se encuentra durante tres años consecutivos en el grupo de Comunidades Autónomas que concentran más del 70% de las pérdidas humanas. Cantabria, La Rioja y las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla no han registrado ninguna pérdida humana por catástrofes naturales en estos tres años consecutivos.

5. Impacto de las catástrofes naturales en las infraestructuras críticas

i) Introducción

Las infraestructuras críticas proporcionan servicios básicos a la sociedad y permiten el despliegue de otros servicios. Según lo definen el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea en su Directiva 2022/2557 relativa a la resiliencia de las entidades críticas, estas infraestructuras son aquellas "indispensables para mantener las funciones sociales o las actividades económicas vitales". Por lo tanto, son esenciales para el funcionamiento normal de la sociedad, y su paralización o mal funcionamiento puede provocar pérdidas directas e indirectas.

Dada su diversa naturaleza, no siempre es inmediato definir la gravedad de las afecciones para cada infraestructura. Hay dos tipos de afecciones: las que requieren una reparación costosa en tiempo y dinero para restablecer el servicio y las que son temporales y permiten un retorno a la normalidad o casi normalidad en el plazo de unas horas. Al evaluar el impacto, se considera el número de personas afectadas y la posibilidad de sustitución por otra alternativa (por ejemplo, un tramo de autovía afectado por una carretera comarcal más o menos paralela). Por ello, se comentarán afecciones muy graves, describiendo el tiempo y el coste de reparación, y otras menos graves en las que se observarán tendencias, relaciones o distribuciones geográficas. Es de destacar que, en estos casos menos graves, aunque de forma temporal, las infraestructuras quedan igualmente inutilizadas o con sus funciones muy mermadas, con el gran impacto que ello conlleva.

Para llevar a cabo este estudio, se han recabado datos a partir de medios de comunicación, basándonos en la premisa de que los incidentes que afectan el funcionamiento o la integridad de una infraestructura crítica suelen ser destacados en las noticias. Este enfoque busca superar la dificultad inherente de acceder a datos directos de las partes involucradas. Dada la diversidad de entidades responsables de las infraestructuras críticas, que abarcan desde empresas hasta organismos públicos a nivel nacional, autonómico, municipal y provincial, que tienden a proteger celosamente su información, esta estrategia se presenta como una alternativa efectiva para obtener información relevante y actualizada.

En la Tabla 1 se muestran los sectores y subsectores, extraídos de la directiva antes citada, que se analizan en este estudio.

Tabla 1: Tipos de infraestructuras críticas analizadas en el estudio

Sectores	Subsectores
Energía	Electricidad (distribución)
	Electricidad (producción)
Transporte	Aéreo
	Marítimo
	Ferroviario
	Carretera
Sanidad	Centros de atención
Agua potable	Suministro de agua potable
Aguas residuales	Alcantarillado y tratamiento
Infraestructura digital	Torres de comunicación y di
	Cableado

En este capítulo se describe en primer lugar la metodología utilizada para la construcción de la base de datos y el análisis posterior de los eventos catastróficos y su efecto sobre las infraestructuras críticas. A continuación, se realiza un análisis exhaustivo de la DANA ocurrida los días 3 y 4 de septiembre, considerado el evento más significativo del periodo estudiado. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos agregados, proporcionando una visión global de los patrones y tendencias identificados. Finalmente, se exponen las conclusiones principales que resumen los hallazgos más relevantes del estudio.

ii) Metodología

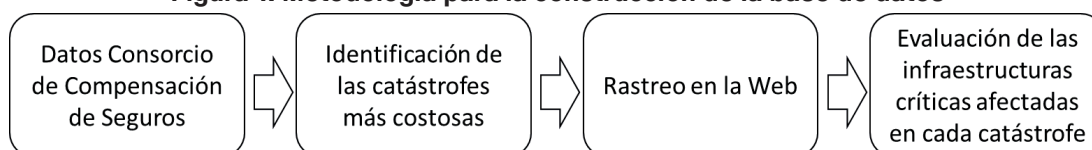
La gran cantidad de gestores y la reticencia a compartir información sobre infraestructuras críticas presentan una dificultad extrema para obtener datos de fuentes primarias. Por ello, se ha optado por buscar información en fuentes alternativas, específicamente en noticias sobre los eventos catastróficos más importantes del año, con el objetivo de analizar si han afectado y cómo a las infraestructuras críticas.

a. Construcción de la base de datos

El primer paso en este proceso es definir qué se entiende por un evento catastrófico importante. Las dos premisas principales para esta parte del estudio son las siguientes:

- Las catástrofes que afectan gravemente a infraestructuras críticas probablemente causen cuantiosos daños a empresas y particulares.
- Las afecciones importantes en estas infraestructuras aparecerán en medios de comunicación.

Figura 1: Metodología para la construcción de la base de datos



Para definir los eventos catastróficos, se agregaron datos de los expedientes resueltos por el Consorcio relativos a inundaciones extraordinarias, tempestades ciclónicas atípicas y embates de mar, tanto por fecha como por cercanía geográfica. Una vez realizada esta operación, se filtraron aquellos eventos que acumulaban un mayor coste de indemnizaciones.

El siguiente paso fue la búsqueda de noticias. Primero, se definieron palabras clave para cada uno de los tres tipos de expedientes mencionados (por ejemplo, para inundaciones: lluvias intensas, desbordamiento, crecida). A continuación, se buscaron noticias automáticamente vía Google que contenían alguna de esas palabras clave, junto con las localizaciones del evento y en fechas cercanas. Este proceso permitió obtener palabras clave para cada evento. Si un evento de inundaciones extraordinarias generaba resultados con la palabra clave DANA, esta información se guardaba como un campo de ese evento. Luego, se filtraron las noticias utilizando la API de GPT-4o de OpenAI, un modelo de IA generativa, cuya principal función es generar texto de manera autónoma y coherente en función de las entradas que recibe. Esta herramienta evaluó de forma numérica la gravedad de la afección a cada una de las infraestructuras objeto de estudio, considerando el número de personas afectadas, el nivel de empeoramiento del servicio, la importancia de la infraestructura, el coste y el tiempo de reparación, etc. Por ejemplo, la destrucción total de una carretera comarcal se consideraría menos grave que la de una carretera nacional, y la existencia de retenciones por balsas de agua en una autovía importante tampoco se consideraría muy grave.

Finalmente, para cada evento se recopiló la siguiente información:

- Palabras clave (DANA, fuertes vientos, oleaje...)
- Fecha de inicio y fin
- Provincias afectadas
- Noticias relativas al evento. Cada noticia, además, tendría una puntuación de gravedad de la afección para aquellas infraestructuras que mencionara

La base de datos final cuenta con 122 eventos y 279 noticias.

b. Análisis de los datos

El primer paso fue identificar las afecciones más importantes. Para ello, se seleccionaron los eventos que presentaban una puntuación media alta entre las noticias para alguna de las infraestructuras, o que tenían varias puntuaciones altas para una misma infraestructura. Finalmente, se analizó exhaustivamente mediante una revisión manual de estos eventos y sus noticias, el evento relativo a la DANA de los días 3 y 4 de septiembre, que afectó principalmente a la Comunidad de Madrid y a Castilla-La Mancha. Además, se realizó un filtrado con criterios más laxos para crear un subconjunto de eventos donde las infraestructuras críticas habían sido más afectadas, con el objetivo de realizar otros análisis sobre estos datos agregados.

Se relacionaron entonces cada una de las palabras clave con los tipos de infraestructuras afectadas, contabilizando cuántas veces aparecía cada palabra clave en eventos con afección grave para cada tipo de infraestructura. A continuación, se llevó a cabo un análisis de coocurrencia, calculando el porcentaje de veces que cuando una infraestructura A tiene una afección grave, también la tiene la infraestructura B. Por último, se contabilizó el número de eventos con afecciones graves en las infraestructuras críticas de cada provincia, para identificar en qué provincias ocurren más eventos con impacto severo.

iii) Daños graves en infraestructuras críticas causados por la DANA del 3 de septiembre

Después del análisis general de los daños causados por catástrofes naturales sobre infraestructuras críticas en España, se ha determinado que algunas de las afecciones más graves en términos de impacto, coste y tiempo de reposición en servicio fueron provocadas por la DANA ocurrida el 3 de septiembre de 2023. Este evento afectó principalmente a la Comunidad de Madrid y Castilla-La Mancha. Además de las pérdidas humanas y los daños materiales, este episodio fue muy notable por las alertas enviadas a los móviles de la población de la Comunidad de Madrid.

En la Comunidad de Madrid, las infraestructuras viales sufrieron graves daños a consecuencia de la DANA. Los puentes sobre los ríos Alberche y Perales en las carreteras M-507 y M-510 se derrumbaron, así como el puente sobre el Arroyo Grande en la M-507. La carretera M-530 también sufrió daños significativos en el pontón sobre el Arroyo Grande y en varias obras de drenaje transversal. Además, el puente sobre el río Perales en la M-501 colapsó parcialmente, lo que obligó a establecer restricciones al tráfico en esta vía. Otros pontones afectados incluyeron los de la M-507, la M-524 y la M-510, impactando negativamente el acceso a municipios como Navalcarnero, Villamanta, Villanueva de Perales y Aldea del Fresno⁴.

⁴ <https://www.caminosmadrid.es/dana-gestion-de-danos-en-infraestructuras-viarias-de-la-comunidad-de-madrid>

Figura 2: Puente destruido en Aldea del Fresno



Fuente: La Razón

Las carreteras M-501, M-507, M-510, M-521, M-523, M-524 y M-530 presentaron una variedad de daños, incluyendo el colapso de puentes, daños importantes en pontones y obras de drenaje transversales, arrastre de tierras, destrucción de taludes y deterioro del equipamiento viario, como sistemas de contención, señalización vertical y horizontal, y elementos de balizamiento. Estos daños no solo interrumpieron y restringieron el tráfico en ubicaciones estratégicas, sino que también deterioraron las condiciones de seguridad vial en la región.

La Comunidad de Madrid destinó 4,1 millones de euros a la reparación de las carreteras de la red autonómica dañadas por la DANA⁵. En cuanto a Castilla-La Mancha, las infraestructuras viales también resultaron gravemente afectadas. Varias carreteras fueron cerradas al tráfico durante semanas debido a los daños sufridos. La carretera CM-530 fue cerrada a la altura de Métrida debido a daños severos. La CM-4006 en Bargas, la CM-4004 en Valmojado y la TO-1927 en Chozas de Canales también quedaron intransitables debido a los destrozos⁶.

Figura 3: Hundimiento en la carretera de Valmojado a Casarrubios del Monte



Fuente: El Digital CLM

⁵ <https://www.comunidad.madrid/noticias/2023/10/11/comunidad-madrid-destina-41-millones-reparaciones-carreteras-red-autonomica-danadas-dana#:~:text=El%20Consejo%20de%20Gobierno%20de,DANA%20a%20principios%20de%20septiembre>

⁶ <https://www.latribunadetoledo.es/noticia/zdbe7f9a8-df0e-6707-34524b1fb9b43404/202310/el-arreglo-de-la-cm-4004-terminara-a-finales-de-noviembre>

La Diputación de Cuenca destinará a partir de septiembre de 2024 más de 17 millones de euros a la mejora de las carreteras de la provincia, gracias a más de 12 millones en ayudas extraordinarias otorgadas por el Gobierno Central⁷, dirigidas a reparar los daños en infraestructuras y la red viaria provincial causados por las inundaciones de la DANA de 2023. Por su parte, la Diputación de Toledo invirtió 1,8 millones de euros en la reparación de la TO-1927, en unos trabajos que duraron nueve meses⁸.

Uno de los desperfectos más críticos en Castilla-La Mancha fue la rotura de la tubería del embalse de Picadas-Almoguera sobre el río Perales, que dejó sin suministro de agua potable a más de 270.000 personas en 71 municipios. Toledo capital pudo abastecerse de una fuente alternativa de agua. Sin embargo, 30 municipios tuvieron que ser abastecidos temporalmente por la potabilizadora de La Sagra Este, lo cual requirió una maniobra técnica compleja. Otros 40 municipios, que dependían de los sistemas de Picadas 2 y Picadas 3, no contaban con una fuente alternativa inmediata y recurrieron a pozos en desuso que fueron habilitados rápidamente para restablecer el suministro de agua potable⁹.

Figura 1: Tubería de Picadas



Fuente: Periódico CLM

La Confederación Hidrográfica del Tajo invirtió 3,9 millones de euros para los trabajos de reparación de la tubería, obra que requirió la modificación del cauce del río para construir una nueva torre de apeo cimentada. Como solución final, la tubería carecerá de apoyos en el cauce en un futuro, para dejar de ser vulnerable a las crecidas¹⁰.

⁷ https://www.dipucuenca.es/noticias/-/asset_publisher/qWu3jbfloHWH/content/id/1524081

⁸

https://www.diputoledo.es/noticias_ampliada/4858#:~:text=El%20Gobierno%20de%20la%20Diputaci%C3%B3n,totalidad%20por%20la%20instituci%C3%B3n%20provincial.

⁹ <https://www.cmmedia.es/noticias/castilla-la-mancha/tuberia-picadas-operativa-agua.html>

¹⁰ <https://toledodiario.es/la-cht-presupuesta-con-4-millones-la-construccion-de-un-nuevo-paso-del-sistema-de-picadas-sobre-el-que-arraso-la-dana/>

iv) Análisis de los datos agregados de afecciones sobre infraestructuras críticas

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de eventos que tienen afección grave en los distintos sectores. De los 122 eventos iniciales, hay 45 en los que se ha considerado que ha existido una afección importante en alguna infraestructura crítica.

Puede ser que en cada uno de ellos más de un tipo de infraestructura se vea afectada, y es por eso que la suma de los eventos en la Tabla 2 da más de 45.

Se ve que la afección más frecuente es la del transporte por carretera, seguida del transporte ferroviario y, en general, el transporte es el sector afectado con mayor frecuencia por los eventos catastróficos.

Tabla 2: Número de eventos analizados con afección grave para cada tipo de infraestructura

Infraestructura	Nº eventos
Transporte por carretera	20
Transporte ferrocarril	16
Transporte marítimo	11
Sanidad	7
Agua potable	6
Transporte aéreo	6
Aguas residuales	4
Distribución electricidad	3
Cableado comunicaciones	1

a. Cómo afectan los distintos tipos de eventos a las diferentes infraestructuras críticas

Los datos presentados muestran cómo diferentes eventos meteorológicos afectan diversas infraestructuras críticas. Los eventos considerados incluyen borrasca, lluvias intensas, DANA, inundación, tempestad, temporal, vientos fuertes, desbordamientos y crecida.

Analizando el impacto en cada sector específico, se observa que la infraestructura de distribución eléctrica es afectada principalmente por borrascas, con dos incidencias, y por lluvias intensas, con una incidencia, mientras que otros eventos no parecen tener un impacto significativo.

En contraste, la producción eléctrica no muestra incidencias para ninguno de los eventos listados, lo que sugiere una mayor resistencia de este sector a los desastres meteorológicos.

Figura 5: Frecuencia de afecciones en infraestructuras críticas por cada tipo de evento

2	1	0	0	0	0	0	0	0	DistElec
0	0	0	0	0	0	0	0	0	ProdElec
2	3	1	1	1	2	1	0	0	TranspAereo
5	3	2	2	5	4	5	2	1	TranspMar
1	4	2	7	4	6	3	4	2	TranspFerr
1	8	2	5	6	5	5	6	5	TranspCarr
0	4	4	4	0	0	0	4	2	Sanidad
1	2	2	3	1	2	1	3	2	AguaPot
2	1	0	2	2	1	1	1	0	AguasRes
0	0	0	0	0	0	0	0	0	TorresCom
0	1	1	1	0	0	0	1	0	CableadoCom
Borrasca	Lluvias Intensas	Dana	Inundacion	Tempestad	Temporal	Vientos fuertes	Desbordamientos	Crecida	

El sector del transporte aéreo es vulnerable, especialmente durante lluvias intensas, con tres incidencias, seguido por temporales, con dos. Las borrascas, DANA, inundaciones y tempestades también afectan a este sector, aunque en menor medida (una incidencia cada uno). El transporte marítimo sufre un alto impacto durante borrascas y tempestades, con cinco incidencias cada uno, y temporales, con cuatro. Las lluvias intensas e inundaciones también muestran impactos significativos. El transporte ferroviario es considerablemente afectado durante inundaciones, con siete incidencias, seguido por temporales, con seis, y lluvias intensas, con cuatro. El transporte por carretera es altamente afectado por lluvias intensas, con ocho incidencias, y tempestades, con seis. Las inundaciones, temporales y desbordamientos también muestran impactos significativos.

En el sector de sanidad, lluvias intensas, DANA e inundaciones tienen un impacto considerable, con cuatro incidencias cada uno. Otros eventos no muestran impactos relevantes. El agua potable es principalmente afectada por inundaciones, con tres incidencias, y temporales, con dos. Otros eventos muestran impactos menores pero significativos. Las aguas residuales, en general, muestran impactos menores, con incidencias reportadas principalmente durante borrascas, inundaciones y tempestades, con dos incidencias cada uno. En el ámbito de las comunicaciones, las torres de comunicación no muestran incidencias para ninguno de los eventos, indicando una alta resiliencia. El cableado de comunicación es ligeramente afectado por lluvias intensas, DANA e inundaciones, con una incidencia cada uno, pero sin mayores impactos en otros eventos.

En resumen, los eventos meteorológicos más disruptivos para las infraestructuras críticas son las borrascas, lluvias intensas, tempestades y temporales, afectando principalmente al sector del transporte. El transporte ferroviario y por carretera son particularmente vulnerables, mostrando altos números de incidencias en varios eventos. Las infraestructuras de comunicación, en comparación, parecen ser las menos afectadas. La producción eléctrica muestra una notable resistencia, mientras que la distribución eléctrica es vulnerable a eventos específicos como borrascas y lluvias intensas.

b. Análisis de coocurrencia por tipo de infraestructura

La Figura 6 se debe interpretar de la siguiente manera: si ocurre una afección con severidad en el tipo de infraestructura indicado en la fila, hay un porcentaje indicado de que ocurra una afección en la infraestructura indicada en la columna. Es recomendable leer las filas de los eventos menos frecuentes (ver Tabla 2), ya que un evento con alta ocurrencia tendrá porcentajes relativamente bajos para el resto. Se han eliminado, además, la producción de electricidad y las torres de comunicación porque no hay resultado para ninguno de los dos tipos de infraestructuras.

Figura 6: Análisis de coocurrencia de distintas afecciones graves en las infraestructuras críticas

100.00	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	0.00	33.33	0.00	DistElec
16.67	100.00	50.00	16.67	50.00	33.33	16.67	16.67	0.00	TranspAereo
9.09	27.27	100.00	18.18	54.55	27.27	9.09	9.09	9.09	TranspMar
6.25	6.25	12.50	100.00	25.00	12.50	12.50	6.25	6.25	TranspFerr
5.00	15.00	30.00	20.00	100.00	20.00	15.00	0.00	5.00	TranspCarr
14.29	28.57	42.86	28.57	57.14	100.00	28.57	0.00	14.29	Sanidad
0.00	16.67	16.67	33.33	50.00	33.33	100.00	0.00	0.00	AguaPot
25.00	25.00	25.00	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	AguasRes
0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	CableadoCom
DistElec	TranspAereo	TranspMar	TranspFerr	TranspCarr	Sanidad	AguaPot	AguasRes	CableadoCom	

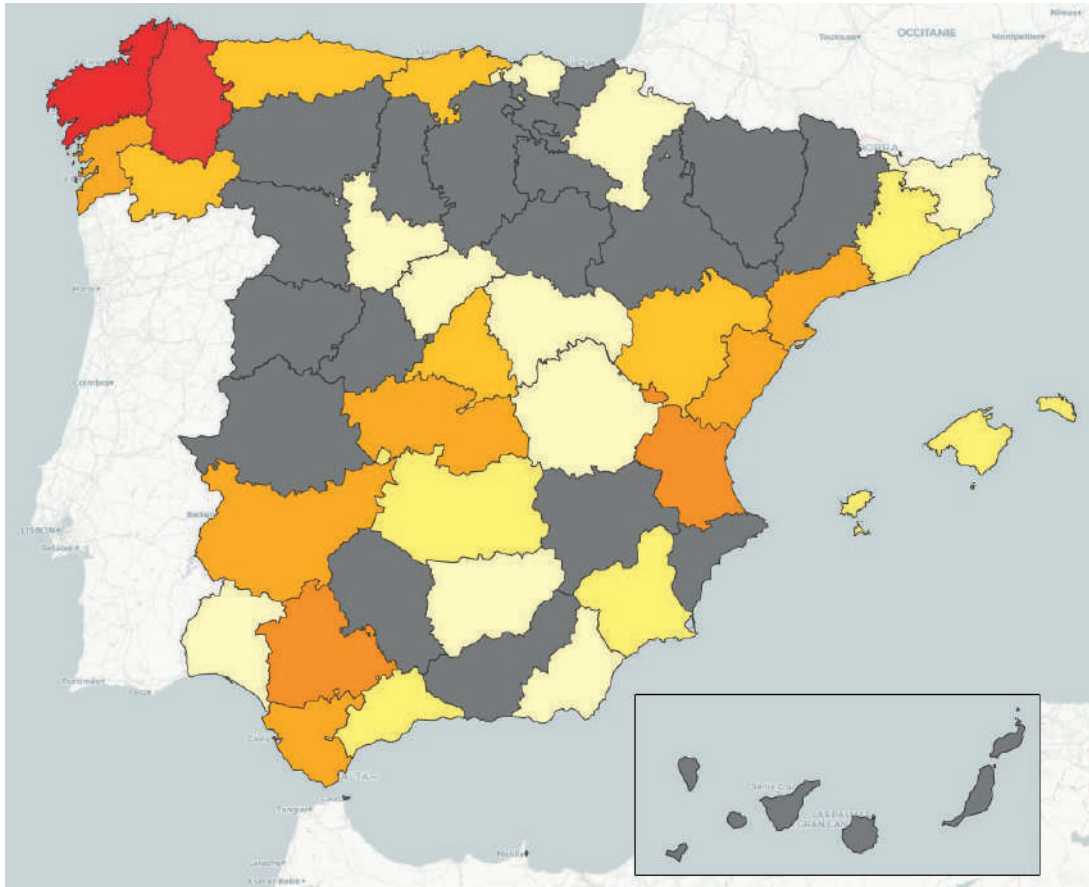
Por lo tanto, observamos (desechando los resultados del cableado de comunicaciones, ya que sólo ocurre una vez) que cuando hay afecciones graves en el transporte aéreo, la mitad de las veces también se producen en el transporte por carretera o marítimo. Es bastante probable que, si el clima es suficientemente adverso para que los aviones no puedan despegar o aterrizar con normalidad, haya mala mar cortando rutas marítimas y haya incidencias en las carreteras.

Asimismo, la coincidencia de problemas en la sanidad con problemas en el transporte por carretera puede estar relacionada con dificultades para acceder a los centros sanitarios, más que con problemas en las instalaciones sanitarias en sí mismas.

c. Distribución geográfica de eventos con impacto grave

El análisis de los datos sobre las afecciones en infraestructuras críticas en diversas provincias revela patrones sobre la distribución geográfica de estos eventos y su severidad.

Figura 7: Mapa de frecuencia de eventos con afección grave en infraestructuras críticas por provincia. La intensidad del color indica mayor frecuencia y el gris oscuro, ausencia de eventos



La Coruña y Lugo emergen como las provincias más afectadas, lo que puede estar relacionado con su ubicación en la costa norte de España, una región propensa a fenómenos meteorológicos adversos como fuertes tormentas y temporales marítimos. Las provincias costeras, en general, tienden a enfrentar mayores desafíos debido a su exposición directa a condiciones climáticas extremas.

En el sur, Sevilla muestra una notable incidencia de afecciones graves. Las condiciones climáticas estacionales pueden contribuir a fenómenos como inundaciones, que afectan significativamente las infraestructuras críticas en esta región. Valencia, en la costa este, comparte una vulnerabilidad similar, expuesta a fuertes lluvias y temporales marítimos que pueden interrumpir servicios esenciales.

Castellón, ubicada también en la costa este, enfrenta riesgos comparables a los de Valencia. Sin embargo, Toledo, una provincia del interior, presenta un escenario diferente. Las afecciones aquí pueden estar más relacionadas con fenómenos meteorológicos extremos que afectan el interior de la península, como tormentas severas o episodios de frío extremo. Se ha analizado anteriormente que tuvo fuerte impacto por la DANA de septiembre.

En resumen, el análisis geográfico sugiere que las provincias costeras del norte y este de España son más propensas a experimentar afecciones graves en sus infraestructuras críticas debido a su exposición a fenómenos climáticos adversos. Mientras tanto, las provincias del interior muestran una menor incidencia, destacando la importancia de la ubicación geográfica en la planificación y gestión de emergencias.

v) Conclusiones

En las conclusiones del presente estudio, se destaca, en primer lugar, el desarrollo de una metodología innovadora para la creación de una base de datos orientada a analizar el impacto de catástrofes naturales sobre infraestructuras críticas.

Esta metodología se ha basado en la recopilación de información proveniente de medios de comunicación, procesada y estructurada mediante herramientas de inteligencia artificial generativa. Asimismo, se ha identificado el evento más dañino, la DANA de los días 3 y 4 de septiembre, analizando en detalle las destrucciones parciales o totales que provocó, así como los plazos y costes asociados a la recuperación de las infraestructuras afectadas.

A lo largo del análisis, también se han evaluado los eventos con impacto grave en infraestructuras críticas, identificando patrones recurrentes entre el tipo de evento y el sector afectado, coocurrencias de impactos en distintos sectores y su distribución geográfica, lo que puede proporcionar una base para la planificación y mitigación de futuros riesgos.

6. La vulnerabilidad social frente a las catástrofes

i) Introducción

El objetivo principal de la investigación presentada en este capítulo es continuar con el estudio de la vulnerabilidad de la sociedad española frente a las catástrofes iniciado en 2021. En las anteriores ediciones, el estudio se orientó principalmente al desarrollo de instrumentos estadísticos que permitieran medir el nivel de vulnerabilidad de la población española frente a un amplio conjunto de catástrofes.

El Barómetro de Catástrofes 2021 culminó con el instrumento VSC-1, una metodología fundamentada en la evaluación de la vulnerabilidad a nivel provincial mediante datos abiertos y modelos de estadística multivariante. En el Barómetro 2022, con la intención de lograr un seguimiento longitudinal, se replicaron los análisis del curso anterior con datos actualizados. Además, se propuso una nueva estrategia de medición de la vulnerabilidad, denominada VSC-2, que refinaba los procesos de medición gracias a un mayor detalle geográfico, ofreciendo resultados a nivel municipal, así como una estrategia metodológica más sofisticada basada en la estadística espacial.

La estrategia de monitorizar la evolución de la vulnerabilidad a lo largo del tiempo cobra mayor relevancia tras el reciente fallo del Tribunal Europeo de Derechos Humanos (TEDH) en favor de la agrupación KlimaSeniorinnen, una asociación integrada por mujeres mayores de 65 años que demandaron al gobierno suizo por su inacción ante el cambio climático (ECHR, 2022). Este precedente no solo subraya que la protección frente al cambio climático es un derecho fundamental de la población, sino que la sentencia es aplicable a todos los países miembros del Consejo de Europa, entre los cuales se encuentra España. En consecuencia, la monitorización longitudinal de la vulnerabilidad es una herramienta crucial para evaluar si se están tomando las acciones políticas necesarias para proteger a la población frente al cambio climático, y para recoger información sobre los elementos clave de la vulnerabilidad medioambiental, lo que facilitará la elaboración de estrategias de prevención efectivas contra sus efectos.

Es por ello por lo que el presente capítulo no solo se ha enfocado en replicar el conjunto de indicadores propuestos, sino que también tiene como objetivo realizar un análisis pormenorizado de la catástrofe climática más letal que afecta al territorio español: el aumento de las temperaturas y las olas de calor. En este sentido, se ha incluido un análisis sobre el nivel de estrés térmico asociado a las elevadas temperaturas durante los meses de junio, julio y agosto de 2023. Dicho análisis estima las puntuaciones del índice de temperatura aparente (*heat index*), una métrica muy popular para medir el impacto del exceso de temperatura en la salud.

ii) Indicador VSC-1

El indicador VSC-1 es una herramienta para la medición de la vulnerabilidad social, basada en el esquema de vulnerabilidad propuesto por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2001). Dicho marco, plantea que la vulnerabilidad es un atributo social que surge de la interacción de tres dimensiones: la sensibilidad, la adaptabilidad y el nivel de exposición.

La **sensibilidad** se refiere al grado en que un sistema o comunidad es propenso a ser afectado por el cambio climático, evaluando la susceptibilidad de los sistemas naturales y humanos a sus impactos. Los

sistemas más sensibles son aquellos que experimentan un mayor grado de daño. Por otro lado, la **adaptabilidad** se define como la capacidad de un sistema o comunidad para ajustarse, moderar o evitar los efectos negativos del cambio climático. Esto incluye no solo la capacidad de implementar medidas de respuesta a los cambios climáticos previstos, sino también la habilidad de aprender y adaptarse a medida que la situación evoluciona. La adaptabilidad requiere planificación y la ejecución de estrategias de adaptación. Finalmente, la **exposición** se refiere al grado en que un sistema o comunidad está en riesgo debido a los cambios climáticos y sus efectos. Esto implica identificar qué activos, recursos, poblaciones y áreas geográficas están amenazados.

Marco conceptual del Indicador VSC-1



Fuente: Fundación Aon España

El segundo pilar en la construcción de la herramienta, y posiblemente el más importante en la elaboración de indicadores para catástrofes, fue definir un método adecuado para ponderar las variables que conforman cada una de las dimensiones. Se adoptó una estrategia empírico-estadística, en la que el peso de cada variable se estableció en función de su capacidad predictiva sobre una variable de impacto, utilizando un modelo de aprendizaje automático (*random forest*).

La aplicación del marco conceptual del IPCC (2001) sobre vulnerabilidad social, junto con esta estrategia de ponderación empírica, dio lugar a una herramienta innovadora para medir la vulnerabilidad social frente a catástrofes, denominada VSC-1. Este enfoque permitió evaluar las diferencias en la vulnerabilidad de la población española a nivel provincial para las cuatro catástrofes seleccionadas.

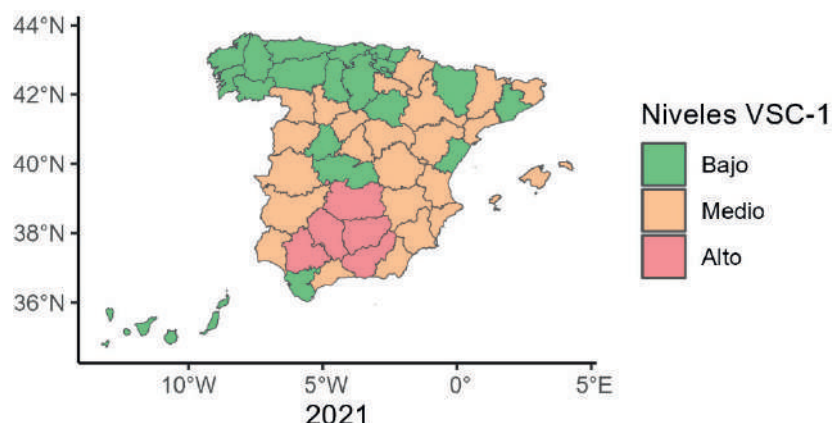
a. Evolución de la vulnerabilidad social frente a olas de calor (2021-2023)

El indicador VSC-1 para olas de calor está compuesto por un total de trece variables, seis relativas a la dimensión sensibilidad, cinco a la dimensión capacidad de adaptación y una para la dimensión exposición. Una decimotercera variable es empleada para ponderar las otras dentro de cada subdimensión de carácter social (sensibilidad y adaptación), pues la dimensión exposición solo contempla una medida: la cantidad de días al año con una temperatura superior a los 30 grados.

El análisis de la evolución de la vulnerabilidad social frente a las olas de calor en España, a partir de los datos de 2021 a 2023, revela una dinámica compleja en la distribución de la vulnerabilidad en diferentes regiones del país.

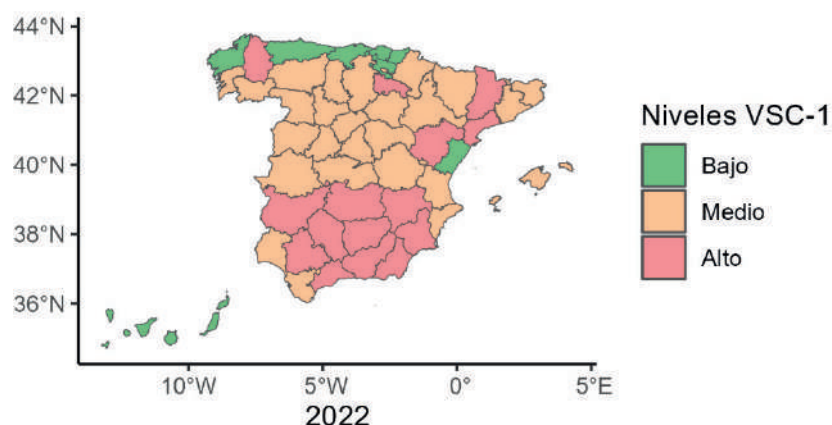
En 2021, el mapa de vulnerabilidad social frente a las olas de calor mostraba una amplia extensión de áreas con vulnerabilidad media, especialmente en el sur y el este de España, así como en algunas partes del centro. Las zonas de vulnerabilidad alta estaban muy localizadas, concentrándose principalmente en el sur (Andalucía) y en áreas específicas de Castilla-La Mancha (Ciudad Real). El norte del país presentaba una menor vulnerabilidad, con varias provincias en nivel bajo, destacando especialmente en las Comunidades del Cantábrico. Aunque provincias del sur, como Cádiz, y del centro del país, como Toledo o Ávila, reflejaron un nivel bajo de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad social frente a las olas de calor (2021)



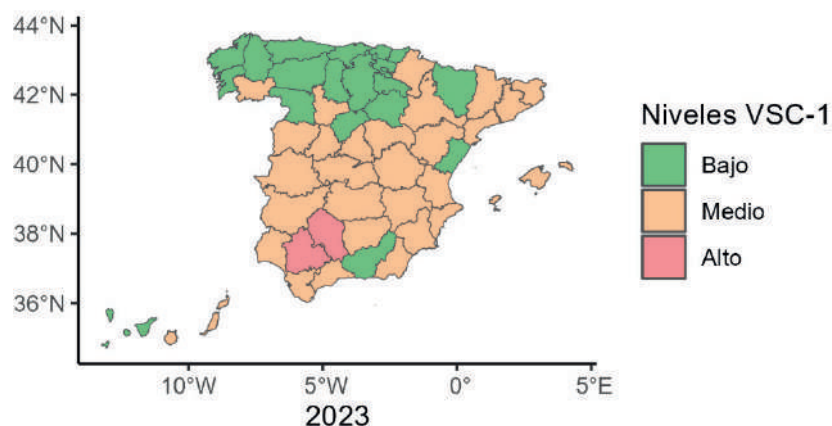
En 2022, se observó un incremento considerable en los niveles de vulnerabilidad social frente a las elevadas temperaturas. Las áreas con vulnerabilidad alta se expandieron notablemente, principalmente en el centro y sur de España. Regiones que en 2021 estaban clasificadas como vulnerabilidad media pasaron a ser de alta vulnerabilidad. Las zonas con baja vulnerabilidad se redujeron significativamente, quedando limitadas a algunas áreas del norte, como Galicia y el País Vasco, así como a Castellón de la Plana en el Levante. Este cambio se debe principalmente a que 2022 fue un año especialmente caluroso, el más caluroso de los tres años analizados. Este aumento generalizado en los niveles de vulnerabilidad en 2022 lo convierte en el año con la mayor preocupación respecto a las olas de calor en el período analizado.

Vulnerabilidad social frente a las olas de calor (2022)



En 2023, se observa una ligera mejora respecto a 2022. Aunque la mayoría del territorio sigue presentando niveles medios, algunas regiones del centro y sur han visto una reducción en la severidad de la vulnerabilidad, pasando de alta a media. Las áreas de vulnerabilidad baja, aunque aún limitadas, han mostrado una expansión significativa en el norte, en comparación con el año anterior.

Vulnerabilidad social frente a las olas de calor (2023)

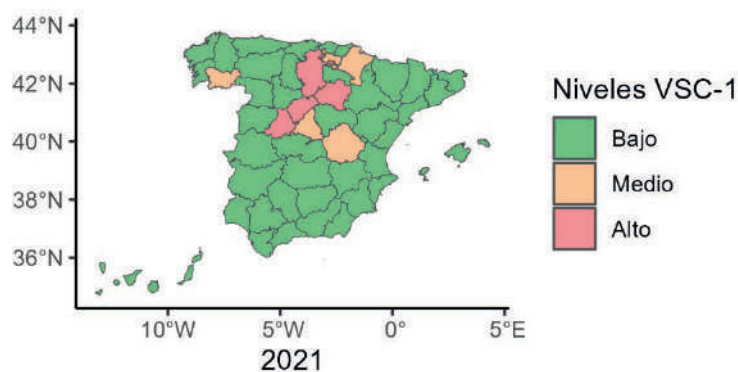


Fuente: Fundación Aon España

b. Evolución de la vulnerabilidad social frente a temporales de nieve (2021-2023)

Los resultados del indicador para los temporales de nieve muestran que, en 2021, predominaron las áreas con baja vulnerabilidad (verde) en gran parte del territorio, especialmente en el sur y noreste de España. Sin embargo, se identificaron algunas zonas con vulnerabilidad media (naranja), principalmente en el centro del país, así como en algunas áreas del norte. Además, aparecieron pequeñas zonas con alta vulnerabilidad (rojo), localizadas principalmente en provincias de Castilla y León, como resultado de una elevada exposición. A pesar de que los resultados son relativamente positivos, 2021 resultó ser el año en que un mayor número de provincias se vieron comprometidas, coincidiendo con el fuerte temporal que asoló los territorios del centro del país durante el primer mes del año, conocido como la borrasca Filomena.

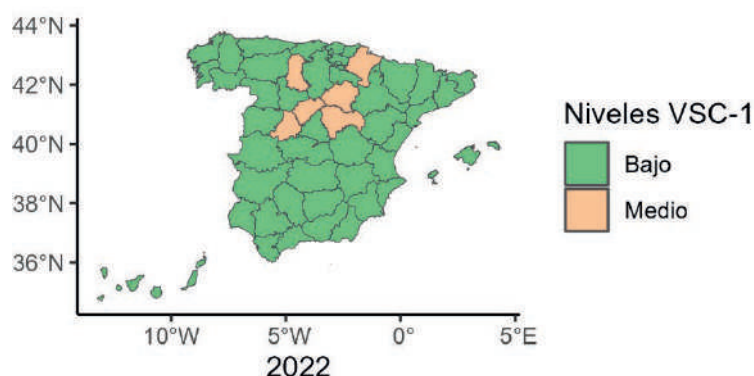
Vulnerabilidad social frente a las temporales de nieve (2021)



Fuente: Fundación Aon España

En 2022, se observa una mejora con respecto al año anterior. Las zonas de alta vulnerabilidad desaparecen por completo, lo que representa una reducción en los riesgos asociados a los temporales de nieve en estas áreas. Los territorios con vulnerabilidad media aumentan ligeramente, pasando de cuatro a siete provincias, y vuelven a situarse en el interior de la península. La mayor parte del territorio mantiene niveles bajos de vulnerabilidad, lo que sugiere que muchas regiones no presentan grandes riesgos frente a este fenómeno.

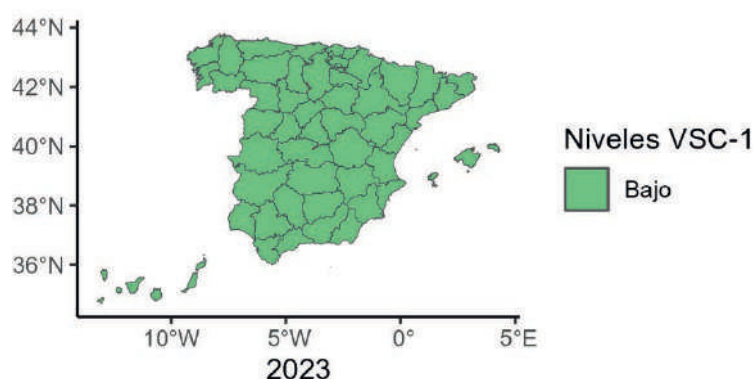
Vulnerabilidad social frente a las temporales de nieve (2022)



Fuente: Fundación Aon España

Para 2023, se evidencia una mejora significativa en la vulnerabilidad social ante temporales de nieve. Todo el país muestra vulnerabilidad baja, sin que se registren zonas con vulnerabilidad media o alta. Este cambio sugiere una mejora considerable en la preparación ante los temporales de nieve o una reducción de los factores que contribuyen a la vulnerabilidad, ya sea por una gestión más eficaz de los riesgos o por condiciones climáticas más favorables.

Vulnerabilidad social frente a las temporales de nieve (2023)



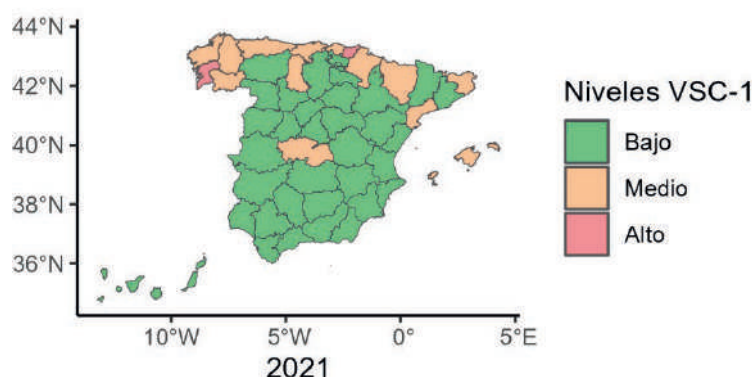
Fuente: Fundación Aon España

En conclusión, la evolución de la vulnerabilidad social frente a los temporales de nieve en España muestra una tendencia positiva a lo largo de los últimos tres años. 2021 fue el año con más áreas de vulnerabilidad media y alta, especialmente en el centro y norte del país. Sin embargo, estas zonas disminuyeron en 2022, y para 2023, todo el país presenta niveles bajos de vulnerabilidad. Esto se debe principalmente a una reducción en el nivel de exposición a la catástrofe, combinada con un descenso de la sensibilidad, especialmente marcado entre 2021 y 2022, junto con un ligero aumento en la capacidad de adaptación.

c. Evolución de la vulnerabilidad social frente a lluvias torrenciales (2021-2023)

Los resultados del indicador VSC-1 aplicado para medir la vulnerabilidad frente a lluvias torrenciales muestran que en 2021 gran parte del territorio español presenta una vulnerabilidad baja, especialmente en el centro, sur y noreste del país. Las zonas con vulnerabilidad media se concentran principalmente en áreas del norte y noroeste, así como algunos puntos dispersos en la costa sur y el archipiélago balear. Solo se registraron dos provincias con un nivel alto de vulnerabilidad, lo que sugiere una relativa estabilidad en la exposición social frente a lluvias torrenciales.

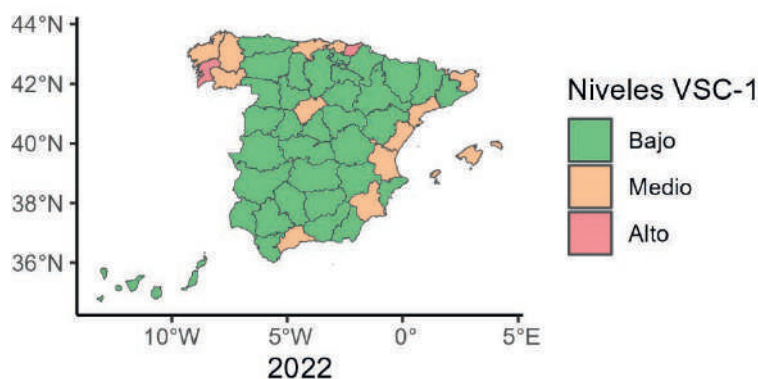
Vulnerabilidad social frente a lluvias torrenciales (2021)



Fuente: Fundación Aon España

Para 2022, la mayoría de las provincias presenta un nivel bajo de vulnerabilidad. Por su parte, el número de provincias con un nivel de vulnerabilidad medio se mantiene, la incidencia se deslocaliza de los territorios del norte, persistiendo solo en las Comunidades Autónomas de Galicia, Cantabria y la provincia de Vizcaya, y trasladándose a la costa este del país. Las provincias con vulnerabilidad alta no cambian respecto a 2021, siendo Orense y Guipúzcoa las más afectadas.

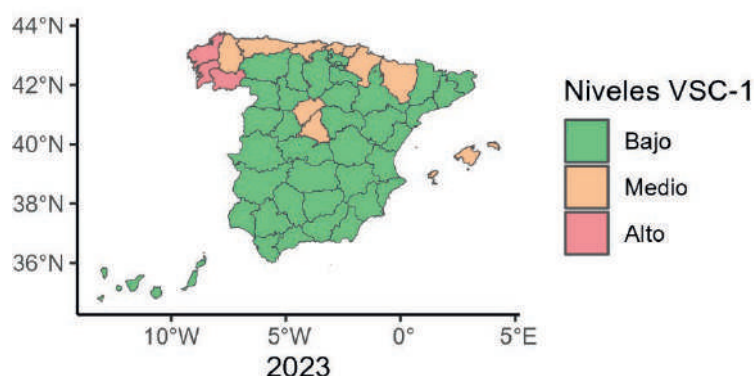
Vulnerabilidad social frente a lluvias torrenciales (2022)



Fuente: Fundación Aon España

En 2023, se aprecia una reducción en las áreas con vulnerabilidad media, particularmente en el norte del país. Esta disminución podría indicar una mejora en la resiliencia o la preparación frente a lluvias torrenciales en estas zonas. Las regiones con vulnerabilidad baja vuelven a dominar la mayor parte del territorio, una situación similar a la de 2021. Al igual que en los años anteriores, no se observan áreas significativas con altos niveles de vulnerabilidad, lo que refleja cierta estabilidad en la capacidad de respuesta social.

Vulnerabilidad social frente a lluvias torrenciales (2023)



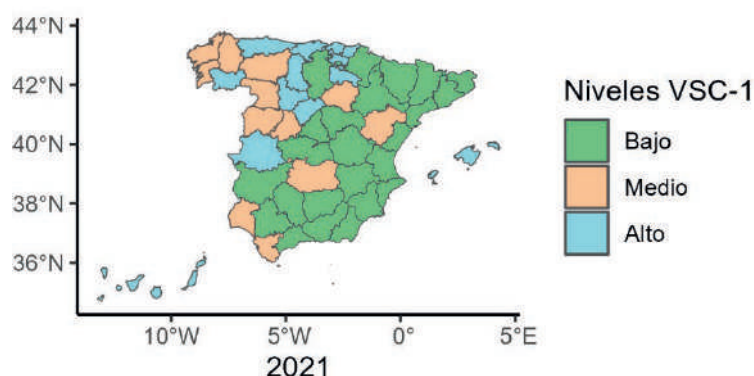
Fuente: Fundación Aon España

En conclusión, la vulnerabilidad social frente a lluvias torrenciales muestra fluctuaciones a lo largo de estos tres años. En 2022, hubo un aumento de las áreas con vulnerabilidad media, especialmente en el norte, mientras que en 2023 se observa una mejora general, con una disminución de las zonas afectadas y un retorno a niveles bajos en gran parte del país.

d. Evolución de la vulnerabilidad social frente a terremotos (2021-2023)

Respecto a la evolución de la vulnerabilidad social frente a terremotos en 2021, la mayor parte del país presentaba una vulnerabilidad media, especialmente en la región este. Resulta llamativa la ausencia de provincias con un nivel bajo de vulnerabilidad, aunque se podrían asumir como tal aquellas que no reflejaron actividad sísmica. En contraste, abundan las provincias con un nivel elevado de vulnerabilidad, localizadas principalmente en la región noroeste del país.

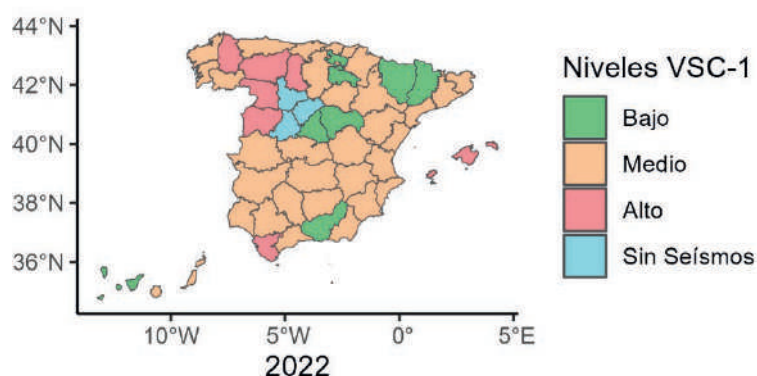
Vulnerabilidad social frente a los terremotos (2021)



Fuente: Fundación Aon España

Para 2022, se nota un descenso en la vulnerabilidad social en varias partes del país. Las áreas con vulnerabilidad media descienden en el noroeste y centro, mientras que las zonas de vulnerabilidad alta crecen al noroeste, afectando principalmente a Galicia, Cádiz y las Baleares.

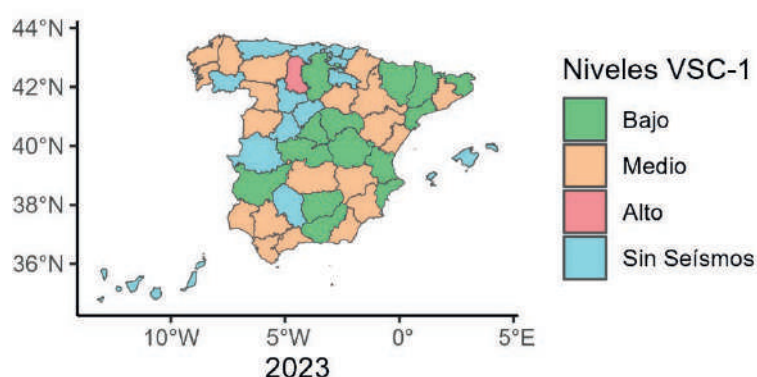
Vulnerabilidad social frente a los terremotos (2022)



Fuente: Fundación Aon España

En 2023, se aprecia una leve mejora con respecto a los años anteriores. Las zonas con vulnerabilidad alta se reducen, mientras que más áreas vuelven a presentar niveles medios y bajos. Las áreas con vulnerabilidad baja vuelven a predominar en gran parte del país, sobre todo en el norte y noreste. A pesar de ello, algunas áreas del sur y sureste siguen siendo más vulnerables.

Vulnerabilidad social frente a los terremotos (2023)



Fuente: Fundación Aon España

e. Conclusiones de la comparativa de índices de vulnerabilidad 2021-2023 en España

El análisis de la vulnerabilidad social en España frente a diversos fenómenos climáticos y naturales desde 2021 hasta 2023 muestra una evolución que revela tanto mejoras como persistencias en las áreas afectadas.

En general, el periodo analizado muestra una tendencia hacia la mejora en algunas formas de vulnerabilidad, especialmente en los fenómenos relacionados con los temporales de nieve y las lluvias.

torrenciales. En 2023, se observa una disminución en la vulnerabilidad frente a estos fenómenos, con una mejora general en la capacidad de adaptación y respuesta.

Sin embargo, la vulnerabilidad frente a las olas de calor presenta una imagen más compleja. Aunque se ha registrado una ligera mejora en 2023 en comparación con 2022, el nivel de vulnerabilidad sigue siendo alto en muchas regiones, especialmente en el sur y el centro del país. Las áreas con vulnerabilidad baja siguen siendo limitadas, principalmente en el norte, indicando que la incidencia de las elevadas temperaturas sigue siendo significativa y por tanto la deriva climática sigue representando un desafío importante.

Por su parte, la vulnerabilidad social frente a los terremotos ha manifestado una mejora clara en 2023 respecto a 2021 y 2022. Sin embargo, muchas provincias todavía muestran un nivel medio de vulnerabilidad, lo que sugiere que los esfuerzos de mitigación y preparación deben seguir enfocándose en estas áreas específicas.

En resumen, mientras que se observan avances en la gestión de riesgos y en la adaptación frente a ciertos fenómenos climáticos, la vulnerabilidad social sigue siendo un desafío, especialmente en relación con las olas de calor y en algunas áreas propensas a terremotos. Estos resultados subrayan la necesidad de una continua vigilancia y adaptación para mejorar la resiliencia de las comunidades frente a los diversos riesgos ambientales y climáticos.

iii) Indicador VSC-2

El indicador VSC-1 presentaba varias limitaciones teóricas, metodológicas y en la calidad de los datos utilizados. Teóricamente, no existía un consenso claro sobre la selección de atributos para medir la vulnerabilidad social ante catástrofes, lo que llevó a una clasificación subjetiva de variables en las dimensiones de sensibilidad y capacidad de adaptación. Metodológicamente, el modelo asumía una influencia homogénea de las variables en todo el territorio, sin considerar diferencias locales. Además, los datos empleados eran limitados en cuanto a desagregación territorial y variedad, restringidos a nivel provincial y con poca actualización.

El indicador VSC-2 mejoró estas deficiencias mediante una reformulación teórica que reconoce la complejidad de los sistemas socio-ecológicos y la implementación de la técnica de regresión geográficamente ponderada, lo que permitió resultados específicos para cada municipio. Esta metodología ofrecía mayor precisión local en la influencia de las variables. En cuanto a los datos, se utilizaron nuevas fuentes, como el Sistema Integrado de Datos Municipales (SIDAMUN), lo que amplió la variedad y granularidad de las variables, permitiendo ofrecer resultados a nivel de municipio.

En el Barómetro 2022 se elaboró una innovadora herramienta de medición de la vulnerabilidad con mejoras respecto al indicador del año 2021 en cuanto a la conceptualización, precisión y aplicabilidad en el contexto de otras dos catástrofes: incendios forestales y sequías. El indicador VSC-2 no ha podido ser elaborado para el año 2023, debido a que, hasta la fecha, no se ha realizado una actualización de los datos necesarios para su cálculo. Esta falta de información actualizada impide la correcta elaboración y análisis del indicador, afectando así la disponibilidad de resultados precisos para el período mencionado.

iv) Indicador VSC-2

a. **Cómo las olas de calor pueden impactar en las ciudades españolas**

El informe "The Future We Don't Want" (UCCRN, 2018) ya describe cómo el cambio climático podría impactar a las ciudades más importantes del mundo. Se destacan seis vulnerabilidades principales, entre ellas las olas de calor extremas. Más de 1.600 millones de personas en casi 1.000 ciudades estarán expuestas a temperaturas extremas en las décadas venideras. Se prevé que las olas de calor serán más frecuentes y peligrosas, afectando especialmente a las poblaciones más vulnerables.

El informe proyecta que para 2050 las ciudades españolas, como muchas otras en el sur de Europa, estarán entre las más afectadas por las olas de calor debido al aumento global de temperaturas. Se espera que las temperaturas máximas superen los 35°C durante tres meses consecutivos en muchas áreas urbanas, lo que afectará a la salud pública, las infraestructuras y la calidad de vida, especialmente en las ciudades más densamente pobladas.

Las olas de calor son particularmente peligrosas para personas vulnerables, como los ancianos y aquellos que viven en la pobreza, ya que carecen de acceso a condiciones adecuadas de enfriamiento, como aire acondicionado o refugios con temperaturas controladas. La combinación de calor extremo con otros factores, como la contaminación del aire, agravará problemas de salud como el asma, las enfermedades cardíacas y pulmonares, lo que incrementará la mortalidad durante estos episodios de calor.

Además, las proyecciones indican que en ciudades españolas las noches también mantendrán temperaturas altas, lo que evitará que el cuerpo humano se recupere del estrés térmico, aumentando los riesgos para la salud. Por ello, es probable que España deba adoptar estrategias similares a las de otras ciudades en regiones cálidas, como Delhi, que incluyen sistemas de alerta temprana, cambios en los horarios de trabajo y la mejora de los servicios de salud.

En concreto, Madrid será una de las ciudades más afectadas por las olas de calor debido al cambio climático. Las proyecciones indican que Madrid experimentará olas de calor más intensas y frecuentes y como otras ciudades, necesitará adaptar sus infraestructuras, aumentando los espacios verdes, mejorando el acceso a servicios de salud y desarrollando sistemas de alerta temprana para hacer frente a estas olas de calor.

El patrón general de vulnerabilidad en la región sugiere que otras grandes áreas urbanas, como Barcelona, Sevilla y Málaga, enfrentarán problemas similares relacionados con las olas de calor. Se espera que el calor extremo afecte no solo la salud pública, sino también la infraestructura, provocando un aumento en la demanda energética y desafíos en la gestión de recursos como el agua. Estas ciudades, al igual que Madrid, deben prepararse para estos desafíos, desarrollando políticas urbanas que incluyan el uso de infraestructuras adaptativas y mejorando el acceso a servicios esenciales durante olas de calor intensas.

Valencia y Alicante también experimentarán olas de calor más frecuentes que, junto a la sequía, impactarán negativamente en la disponibilidad de agua y en la producción agrícola, exacerbando los desafíos de seguridad alimentaria y el acceso a agua potable, dado el estrés hídrico.

No obstante, sería muy sencillo si el cambio climático simplemente tuviera que ver con un aumento de la temperatura en ciertas regiones y un descenso en otras. Pero no lo es. Los científicos coinciden en que, junto a ello, también se verá un aumento en la frecuencia de eventos estacionales: las lluvias serán más

frecuentes y copiosas, lo mismo las olas de calor o las nevadas. Todo eso hará que “para el año 2050, algunas porciones de nuestro planeta podrían volverse inhabitables”, según un informe de la NASA (2022). Para llegar a esta conclusión, la agencia espacial ha utilizado los satélites meteorológicos disponibles para generar un mapa con una proyección de tres a cinco décadas a futuro.

b. Evaluación del confort térmico en España en 2023

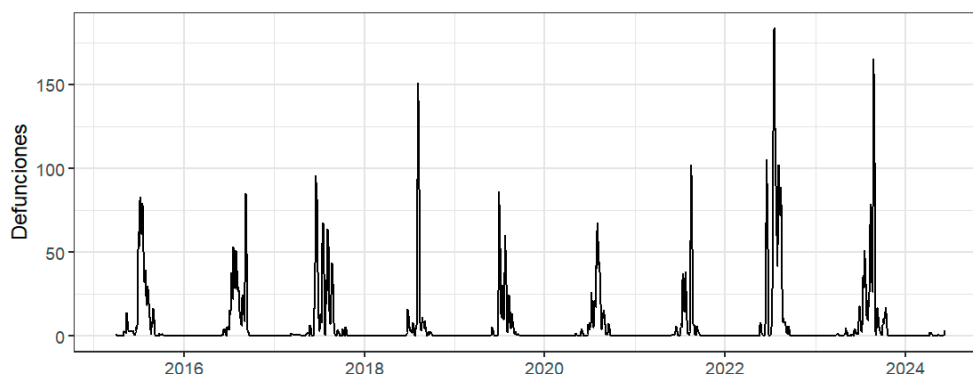
En España, según datos de la AEMET, a finales de 2020 la temperatura media era 1,7 grados más alta que a finales del siglo XX (AEMET, 2021). Este aumento sin precedentes se suma a un clima ya cálido debido a la localización geográfica de España, una región tradicionalmente calurosa. Este incremento en las temperaturas amplifica la exposición del país a los riesgos asociados al calor extremo, situando al aumento de las temperaturas como uno de los impactos más significativos que tendrá que afrontar la población española en las próximas décadas.

El impacto del aumento de las temperaturas es amplio y afecta de manera transversal a toda la sociedad. En primer lugar, supone un grave perjuicio para el patrimonio natural, contribuyendo al proceso de desertificación, lo que merma la biodiversidad. Este proceso de desertificación también está relacionado con un mayor riesgo de incendios forestales y un aumento de la polución, factores que se ven catalizados y aumentan tanto en frecuencia como en intensidad.

A nivel social, los efectos son igualmente diversos. El incremento de las temperaturas perjudica especialmente a la agricultura y la ganadería, y afecta indirectamente al tejido productivo del país, reduciendo la productividad laboral. Sin embargo, los riesgos más graves que conlleva este fenómeno están relacionados con la salud pública. Las olas de calor afectan directamente a la salud de las poblaciones, exacerbando condiciones preexistentes y generando nuevas patologías. Las enfermedades crónicas, como las cardiovasculares, respiratorias y renales, se agravan durante episodios de calor extremo, lo que provoca un aumento en las hospitalizaciones. La imposibilidad de descansar adecuadamente durante las noches calurosas empeora estas afecciones y puede llevar a muertes prematuras (Arellano Ramos et al., 2022).

Según el Instituto de Salud Carlos III, el número de defunciones asociadas al calor ha mostrado una tendencia creciente, interrumpida solo durante los años en los que las restricciones de movilidad por la pandemia atenuaron el impacto. No obstante, los años 2022 y 2023 registraron los niveles más altos asociados al exceso de temperaturas.

Evolución del número de defunciones atribuidas al calor



Fuente: Fundación Aon España a partir de los datos del Sistema de Monitorización de la Mortalidad Diaria (Gómez et al., 2022)

Además, los impactos en la salud interactúan con factores sociales como la discriminación y la desigualdad, lo que agrava la vulnerabilidad de ciertos grupos. Estudios han señalado que las mujeres son más propensas a sufrir los efectos de las olas de calor en comparación con los hombres (López-Bueno et al., 2020). Esta mayor vulnerabilidad puede deberse tanto a factores biológicos como a circunstancias socioeconómicas que limitan el acceso a recursos de mitigación, como el aire acondicionado. De hecho, los factores socioeconómicos, como la calidad de la vivienda y el acceso a sistemas de climatización, pueden ser más determinantes que los factores biológicos en la capacidad para soportar una ola de calor (López-Bueno et al., 2020).

Asimismo, las características urbanas juegan un papel crucial en la vulnerabilidad frente al calor extremo. Los fenómenos de isla de calor urbana (UHI) y de sequedad urbana (UDI) demuestran cómo la urbanización puede alterar los patrones climáticos locales, elevando las temperaturas en las ciudades en comparación con sus áreas circundantes. Estas diferencias térmicas son especialmente notables durante la noche, cuando las áreas urbanas liberan el calor acumulado durante el día, exacerbando el estrés térmico en la población (Oke, 1995; Arnfield, 2003; Cuadrat et al., 2015).

c. ¿Cómo medimos el calor?

Las altas temperaturas siempre han supuesto un condicionante para la vida humana. Por esta razón, desde hace décadas se han desarrollado herramientas para evaluar su impacto y potencial nocivo. Con el creciente enfoque en la sensibilidad medioambiental y el aumento real de las temperaturas, estas herramientas han cobrado una especial relevancia.

Existen múltiples instrumentos destinados a medir el impacto del calor, que se organizan en dos líneas de investigación paralelas: una se centra en el desarrollo de herramientas para cuantificar el calor, mientras que la otra evalúa los umbrales que permiten asociar estas mediciones con determinados impactos (Kim et al., 2011; Nabenishi & Yamazaki, 2017).

Probablemente, una de las primeras herramientas formuladas fue la GWBT (Globe Wet Bulb Temperature), creada por el ejército de Estados Unidos para controlar los efectos de las olas de calor. A partir de este desarrollo inicial, surgieron otras herramientas con el mismo objetivo de medir el estrés térmico, como el Heat Index (Steadman, 1979) y el THI (Temperature-Humidity Index) (Schoen, 2005).

Todas estas herramientas (WBGT, THI, Heat Index) se construyen a partir de dos variables fundamentales: la temperatura y la humedad. La humedad es un factor crucial para el confort humano. La evaporación del sudor es un proceso esencial del cuerpo para perder calor, pero la alta humedad ambiental interfiere con esta capacidad, lo que provoca que a mayor humedad, mayor sea la temperatura percibida, debido a la disminución en la tasa de evaporación. En origen el WBGT también consideraba variables como el viento o la radiación solar (Steadman, 1979). Pues el viento por un lado interactúa con la humedad y la capacidad de evaporación del sudor: a mayor velocidad del viento, mejor es la tasa de evaporación. Mientras que la radiación solar supone otro de los efectos perjudiciales de la exposición al sol, sin embargo, algunas agencias han desaconsejado la inclusión de dichas variables por reducir la precisión (Budd, 2008).

d. El índice de Temperatura Aparente

En esta ocasión, hemos decidido evaluar el calor utilizando el índice de Temperatura Aparente, conocido en el ámbito de la investigación como "*heat index*". Este índice toma en cuenta dos variables climáticas,

la humedad y la temperatura ambiente, para calcular un valor que refleja cómo se "sentiría" la temperatura si el punto de rocío estuviera en 14°C / 57,2°F (Steadman, 1979).

La elección de este índice se debe a su popularidad y buena adecuación a los datos disponibles. Aunque el índice de radiación solar y la velocidad del viento son medidas que algunas estaciones meteorológicas de la AEMET recogen a lo largo del territorio, su número es insuficiente. Por esta razón, hemos optado por un índice que ofrezca una mejor cobertura geográfica, en lugar de uno más refinado, pero con una cobertura más limitada.

Existen diferentes fórmulas para calcular el índice de Temperatura Aparente; sin embargo, de acuerdo con el estudio de Anderson et al. (2013), los resultados son consistentes entre ellas. En esta ocasión, hemos elegido la fórmula propuesta por el NWS, ya que fue la que reportó las mejores métricas en un estudio comparativo (Anderson et al., 2013).

e. Resultados

Se han obtenido y analizado los datos de temperatura y humedad de 908 estaciones meteorológicas de AEMET repartidas por todo el territorio español para los meses de junio, julio y agosto de 2023. Estos meses se han seleccionado por ser, en promedio, los más calurosos del año. En total, se han estimado seis indicadores: dos por mes. Uno destinado a calcular el índice de Temperatura Aparente para el promedio de las temperaturas del mes, y otro para la temperatura máxima del mes estimada por cada estación. Los resultados se han interpretado de acuerdo con el baremo que establece el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos (NSW, 2024).

Puntuaciones del indicador Temperatura Aparente y el nivel de peligrosidad asociado

		Temperatura (°C)															
		27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	39	40	41	42	43
Humedad (%)	40	27	28	28	30	31	33	34	37	38	41	43	46	48	51	54	58
	45	27	28	29	31	32	34	36	38	40	43	46	48	51	54	58	
	50	27	28	29	31	33	35	37	41	42	45	48	51	55	58		
	55	27	29	30	32	34	36	38	41	44	47	51	57	58			
	60	28	29	31	33	35	38	41	43	47	123	54	58				
	65	28	30	32	35	38	39	42	46	49	53	58					
	70	28	30	33	35	39	41	44	48	52	57						
	75	29	31	33	36	39	43	47	51	56							
	80	29	32	35	38	41	45	49	54								
	85	29	32	36	38	43	47	52	57								
	90	30	35	37	41	45	50	55									
	95	30	36	38	42	47	53										
	100	30	35	39	43	49	56										
		Precaución			Precaución Extrema				Peligro			Peligro Extremo					

Fuente: Fundación Aon España a partir de los datos ofrecidos por NSW (2024)

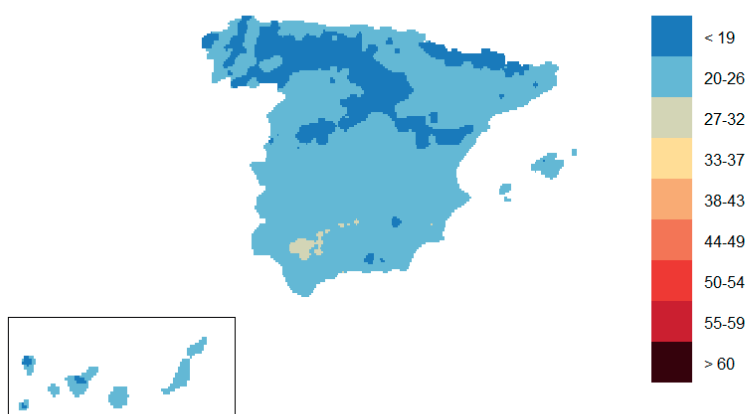
El mapa representado en la siguiente figura refleja el índice de Temperatura Aparente de España durante el mes de junio, estimado para la temperatura media del mes. En él se observa una clara distribución espacial donde los tonos varían desde el azul oscuro, que representa temperaturas aparentes más bajas (7 - 10°C), hasta el amarillo claro, que señala las zonas más cálidas, con temperaturas aparentes medias

de entre 27 y 29°C. Este patrón revela que las regiones del sur y centro de España, especialmente en Andalucía y Extremadura, experimentaron las temperaturas aparentes de media más elevadas, alcanzando hasta 29°C en algunos puntos. En contraste, las zonas del norte, como Galicia y el País Vasco, se caracterizaron por temperaturas más moderadas, con valores entre 7 y 16°C.

Las Islas Canarias, situadas en la parte inferior del mapa, muestran una elevada variabilidad en las temperaturas medias pese a su escasa extensión sosteniendo la mayor parte de los territorios insulares temperaturas aparentes en promedio de entre 20 y 26°C.

De acuerdo con los estándares propuestos por el Servicio Climático Estadounidense, se puede concluir que durante el mes de junio la mayor parte del país experimentó un bajo estrés térmico, siendo Sevilla y algunos territorios de Córdoba la excepción, ya que afrontaron un estrés térmico considerable, lo que pudo suponer trastornos relacionados con el calor.

Temperatura Aparente en España durante junio de 2023: Temperatura Media

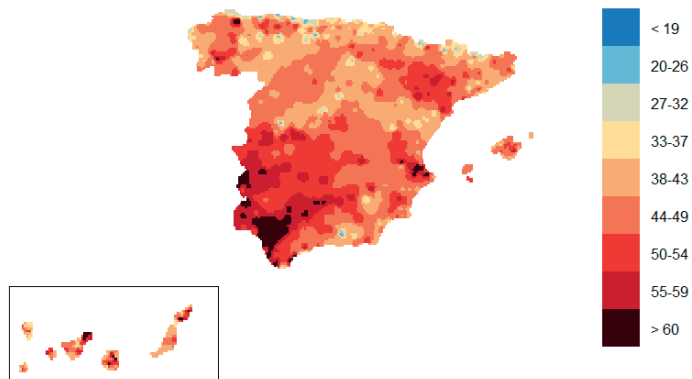


Fuente: Fundación Aon España

Por su parte, la siguiente figura, que representa la temperatura aparente estimada a partir de la temperatura máxima del mes, sigue un patrón similar, aunque con una escala de colores más amplia que abarca temperaturas de entre 15 y 77°C (aparentes). Las regiones del sur y del interior de España destacan nuevamente por experimentar las temperaturas más altas, con máximas que oscilan entre 54 y 77°C, lo que pone de manifiesto la severidad de las olas de calor en estas zonas durante el verano. Las regiones del norte y noroeste mantienen temperaturas máximas más moderadas, situándose en rangos de 16 a 38°C.

En consecuencia, y de acuerdo con las referencias de gravedad y temperatura aparente, la mayor parte del territorio español presentó una situación de al menos precaución durante el día más caluroso del mes, siendo muchas de estas áreas, especialmente las zonas meridionales de España y las Islas Canarias, las que alcanzaron incluso niveles de peligro extremo.

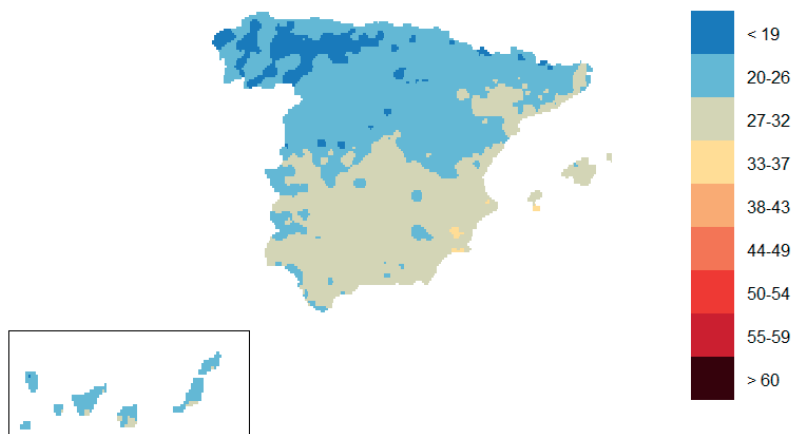
Temperatura Aparente en España durante junio de 2023: Temperatura Máxima



Fuente: Fundación Aon España

La siguiente figura representa la temperatura aparente promedio del mes de julio y revela un incremento generalizado de las temperaturas con respecto a los datos de junio. Las zonas más cálidas, identificadas con los tonos más cálidos (27 a 35°C), abarcan la región sur de la península y partes del sureste, especialmente en Andalucía y la costa levantina. Las temperaturas medias en estas áreas han aumentado significativamente, en comparación con los valores observados en el mes anterior. En cambio, las regiones del norte, particularmente Galicia y el País Vasco, continúan registrando temperaturas más moderadas, con rangos de entre 13 y 21°C, aunque también se nota un leve incremento térmico en estas zonas. Las Islas Canarias mantienen un patrón térmico similar al registrado en junio, con algunas áreas alcanzando también los rangos más altos, lo que confirma la tendencia de elevación de temperaturas durante el verano.

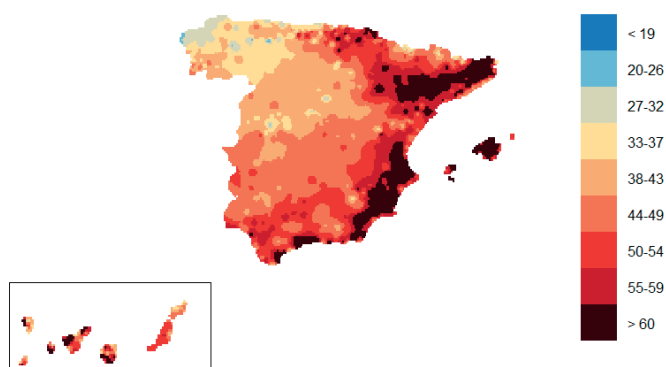
Temperatura Aparente en España durante julio de 2023: Temperatura Media



Fuente: Fundación Aon España

Por su parte la siguiente figura, que ilustra las temperaturas aparentes en base a las temperaturas máximas del mes de julio, resalta de manera clara la intensidad del calor en el centro, sur y este de España, donde las máximas oscilan entre 71 y 88°C. Temperaturas que corresponden a una situación de "peligro extremo".

Temperatura Aparente en España durante julio de 2023: Temperatura Máxima

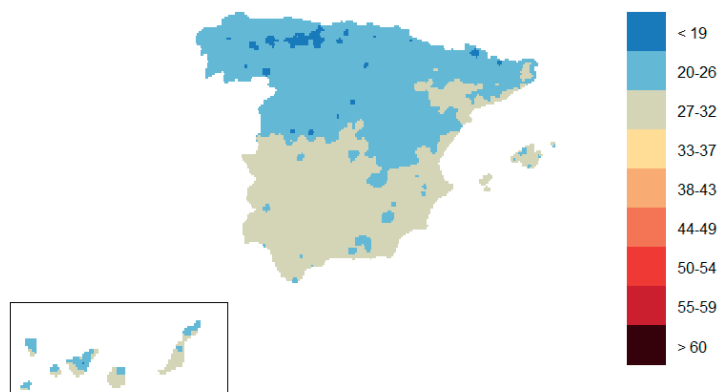


Fuente: Fundación Aon España

En conjunto, la comparación entre los datos de junio y julio pone de manifiesto el incremento progresivo de las temperaturas a medida que avanza el verano en España. Las regiones del sur y centro, junto con las Islas Canarias, experimentan el impacto más significativo del aumento térmico, con temperaturas tanto medias como máximas considerablemente más elevadas, mientras que las regiones del norte, aunque menos afectadas, también muestran una tendencia al alza.

Las siguientes dos figuras corresponden al mes de agosto. Los dos mapas de calor ilustran nuevamente la distribución de las temperaturas aparentes a partir de las temperaturas medias y máximas. En el primer mapa se muestra la temperatura media de agosto, donde se observa un patrón consistente con los meses anteriores, en el que las zonas del sur de la península experimentan las temperaturas más elevadas, reflejadas en los tonos más oscuros (27 a 32°C). En particular, Andalucía y el sureste peninsular continúan siendo las regiones más afectadas por el calor extremo. Las áreas del norte, como Asturias y Cantabria, registran temperaturas más moderadas, situadas entre 13 y 18°C, aunque estos valores son ligeramente más elevados que los observados en junio y julio. En el archipiélago canario, el comportamiento térmico sigue siendo heterogéneo, con algunas islas experimentando temperaturas medias cercanas a los 29°C.

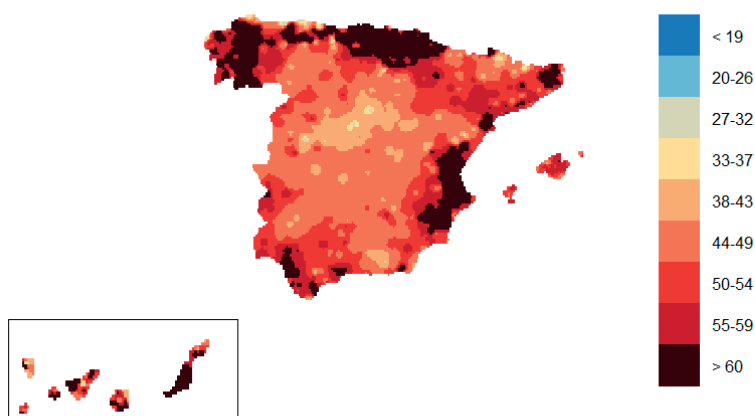
Temperatura Aparente en España durante agosto de 2023: Temperatura Media



Fuente: Fundación Aon España

La última figura, representa las temperaturas aparentes en base a las temperaturas máximas del mes de agosto. En esta se aprecia un marcado incremento con respecto a los meses anteriores, revelando una gran cantidad de territorios expuestos a condiciones de “peligro extremo”. En particular, en algunas zonas del levante y el norte de la península que llegaron a superar los 59°C de temperatura aparente. Es llamativo que las Comunidades Autónomas de Galicia, Cantabria y el País Vasco tengan más territorios en peligro extremo que toda Andalucía, como resultado de la interacción entre las elevadas temperaturas y la alta humedad relativa.

Temperatura Aparente en España durante agosto de 2023: Temperatura Máxima



Fuente: Fundación Aon España

v) Conclusiones

El análisis del índice de Temperatura Aparente en España durante los meses de verano revela una tendencia clara y preocupante hacia el aumento progresivo de las temperaturas a medida que avanza la estación. Esta tendencia, que afecta tanto a las temperaturas medias como a las máximas, es particularmente significativa en las regiones del sur y centro del país, donde se experimentan olas de calor severas, con temperaturas que alcanzan niveles peligrosamente altos. A lo largo de junio, julio y agosto, las temperaturas en estas áreas aumentan considerablemente, con valores que en muchos casos superan los 49°C, lo que se traduce en un riesgo evidente para la salud pública. El impacto del calor no se distribuye de manera uniforme en todo el país. Las regiones septentrionales, como Galicia y el País Vasco, presentan temperaturas más moderadas, aunque también experimentan un aumento progresivo en comparación con los meses anteriores. Sin embargo, la distinción climática entre el norte y el sur es notable: mientras que en el sur se alcanzan temperaturas extremas, el norte mantiene una cierta estabilidad térmica, con rangos menos extremos, pero aún susceptibles a episodios de calor intenso.

El sur de España, y especialmente regiones como Andalucía, destaca como la zona más vulnerable al calor extremo. Los índices de calor alcanzan valores clasificados como "peligro extremo" según las pautas del National Weather Service (NWS), lo que implica un riesgo elevado de sufrir trastornos relacionados con el calor, como golpes de calor y agotamiento, especialmente entre las poblaciones más vulnerables. Esta situación exige una respuesta coordinada en términos de políticas públicas, donde las alertas tempranas y las medidas de adaptación jueguen un papel clave para mitigar los efectos del calor extremo en la salud de la población.

El hecho de que en algunas zonas de España las temperaturas máximas superen los 39°C en agosto es un claro indicador de la magnitud del desafío al que nos enfrentamos, que subraya la urgencia de diseñar políticas de adaptación climática que no solo se limiten a responder a emergencias, sino que estén enfocadas en crear resiliencia a largo plazo, a través de infraestructuras urbanas adaptadas, como zonas de sombra, sistemas de refrigeración pública y la gestión eficiente de recursos hídricos.

En conclusión, el análisis del índice de Temperatura Aparente en España durante el verano confirma que las temperaturas extremas están marcadamente concentradas en el sur y centro del país, mientras que el norte y las Islas Canarias muestran una relativa moderación, aunque también se ven afectados por este fenómeno. Esta tendencia tiene importantes implicaciones para la planificación territorial, la gestión de recursos y la salud pública, especialmente en un contexto de calentamiento global que exige respuestas urgentes y coordinadas para mitigar los impactos del calor extremo en la población.

vi) Recomendaciones para mitigar los impactos de las olas de calor

Estas recomendaciones se basan en acciones clave y ejemplos exitosos de otras regiones afectadas:

1. Planes de Acción contra el calor:

- Implementar planes de acción que incluyan sistemas de alerta temprana para advertir a los residentes con suficiente antelación antes de que comience una ola de calor.
- Adaptar horarios laborales, especialmente para trabajadores al aire libre, para reducir la exposición durante las horas de mayor calor.
- Sensibilizar a las comunidades mediante campañas de comunicación masiva, informando sobre cómo prevenir enfermedades relacionadas con el calor y qué hacer durante estos eventos.

2. Infraestructura y servicios urbanos:

- Proveer refugios de enfriamiento públicos en lugares estratégicos donde las personas, especialmente las más vulnerables, puedan resguardarse del calor extremo.
- Mejorar la eficiencia energética de los edificios, promoviendo la refrigeración natural y asegurando el acceso a electricidad estable para los sistemas de aire acondicionado.

3. Salud pública:

- Fortalecer los servicios de salud para hacer frente al aumento de pacientes afectados por problemas relacionados con el calor, como la deshidratación o los golpes de calor.
- Monitorear a las poblaciones vulnerables, como ancianos y niños, para que reciban ayuda rápidamente en caso de emergencia.

4. Políticas y regulación:

- Implementar regulaciones que fomenten la adaptación del diseño urbano a las condiciones climáticas. Esto incluye la construcción de infraestructuras más resistentes y el desarrollo de políticas de uso de suelo que consideren las olas de calor y otros efectos del cambio climático.

5. Desarrollo de infraestructura verde:

- Invertir en la creación y el mantenimiento de espacios verdes, como parques y jardines, que ayuden a reducir el efecto de isla de calor urbana y proporcionen áreas de refugio natural.
- Expandir la vegetación urbana y plantar árboles a gran escala, lo que no solo ayuda a reducir el calor, sino que también mejora la calidad del aire y el bienestar general de los ciudadanos.

Estas recomendaciones son críticas para que las ciudades puedan adaptarse a las olas de calor, que se espera aumenten en intensidad y frecuencia para mediados de siglo.

7. Aplicaciones de Inteligencia Artificial en la prevención y respuesta de desastres

i) Introducción

Los desastres son cada vez más frecuentes y severos afectando a lugares de todo el mundo. Además, son cada vez más impredecibles y difíciles de gestionar debido a la alta complejidad de nuestras ciudades, constituidas por infraestructuras y sistemas sociales altamente interconectados entre sí.

Por ello, por un lado, tenemos que crear sistemas resilientes que sean capaces de afrontar y absorber los eventos y, por otro lado, tenemos que adoptar sistemas inteligentes que nos permitan gestionar mejor los desastres, anticipando su ocurrencia, identificando amenazas potenciales que pueden derivarse en catástrofe y respondiendo de la forma más eficiente. Las herramientas de Inteligencia Artificial (IA) ofrecen una gran oportunidad para poder mejorar la predicción de catástrofes, estar mejor preparados y responder de forma más rápida y eficiente. Este progreso se plasma en los avances significativos que se han realizado en los últimos años entre el mundo académico y la industria, donde se han desarrollado modelos, técnicas y aplicaciones transformadoras que han ayudado a dar soporte en mitigación, preparación y respuesta ante grandes eventos.

Además, cada vez disponemos de más datos que se pueden obtener mediante redes sociales, sensores, satélites, incluso datos abiertos de administraciones públicas que a través de su análisis extensivo pueden ayudarnos a extraer información, detectar patrones de comportamiento y optimizar las estrategias de respuesta y recuperación para tomar mejores decisiones. Aplicaciones reales tales como modelos de estimación de impactos basados en aprendizaje automático y sistemas de alerta temprana han demostrado ya su efectividad y su potencial a la hora de reducir los impactos de los desastres, salvando vidas y reduciendo el coste económico.

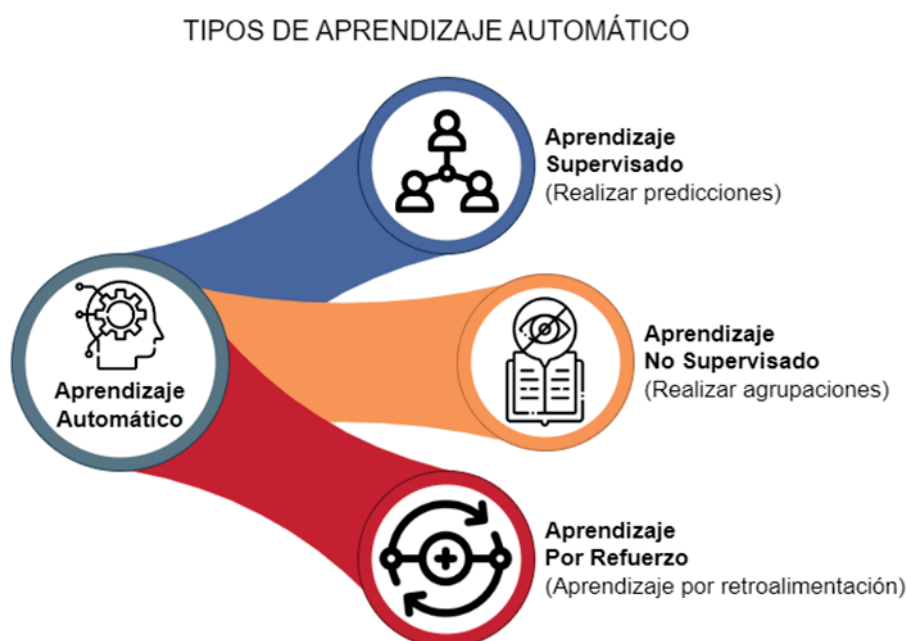
Por todo ello, es primordial explorar las aplicaciones potenciales que ofrece la IA en la prevención y respuesta para integrarlas continuamente en estrategias de gestión de desastres y así disminuir sus impactos y pérdidas económicas.

a. **Inteligencia Artificial**

La Inteligencia Artificial (IA) es la disciplina del área de la computación que se ocupa de crear programas informáticos que ejecuten operaciones con capacidades cognitivas e intelectuales comparables a las que realiza la mente humana. Es un área que está en pleno auge, en la que en los últimos años se han logrado avances sustanciales, y se está aplicando en numerosos ámbitos y entre ellos en el ámbito de la gestión de desastres.

Una disciplina de la IA es el aprendizaje automático o Machine Learning (ML), que ayuda a los sistemas a aprender sobre el comportamiento de un fenómeno a través de los datos. Los modelos y técnicas de ML dotan a los sistemas de capacidad para identificar patrones ocultos en los datos, extrayendo información y valor sobre dichos datos. A través de este aprendizaje, los sistemas pueden explicar los comportamientos y las tendencias de los datos, así como hacer predicciones y tomar decisiones. Existen tres tipos de aprendizaje automático (ver Figura 1): aprendizaje supervisado, aprendizaje no-supervisado y aprendizaje por refuerzo.

Figura 1: Tipos de aprendizaje supervisado



Fuente: Fundación Aon España

El aprendizaje supervisado utiliza datos etiquetados de tal forma que el modelo aprende las reglas que convierten los datos de entrada en los datos de salida o datos objetivo para realizar predicciones. De lo contrario, el aprendizaje no-supervisado incluye solo datos de entrada sin asignar ninguna variable de salida o etiqueta y, por lo tanto, el objetivo es buscar patrones de comportamiento y agrupaciones. Finalmente, el aprendizaje por refuerzo tiene como objetivo entrenar a un agente para elegir y desarrollar las mejores estrategias a través de la interacción con el entorno y proporcionando retroalimentación sobre las acciones realizadas.

En el ámbito de la gestión de desastres, mediante el análisis de numerosos datos y la predicción de patrones, la IA tiene la capacidad de detectar eventos desencadenantes, anticiparse a las catástrofes, mejorar el mantenimiento y prevención de riesgos en infraestructuras críticas, y optimizar las respuestas inmediatas y las estrategias de recuperación. Existen variedad de aplicaciones en el mundo real de las tecnologías basadas en la IA que han demostrado su eficacia. Estas aplicaciones ponen de relieve el inmenso potencial de la IA para reducir el impacto de las catástrofes y, en última instancia, salvar vidas y optimizar recursos. También se subraya la importancia de integrar continuamente estas tecnologías en las estrategias globales de gestión de catástrofes. Cabe destacar que la disponibilidad y la fiabilidad de los datos es vital para que estas aplicaciones proporcionen resultados precisos y eficaces.

b. Aplicaciones de IA para la prevención de desastres naturales

En los últimos años se han desarrollado numerosas aplicaciones de IA (en el anexo se recogen las principales características de cada una) tanto en la industria como en el ámbito académico que han permitido mejorar la prevención y la respuesta temprana a los desastres. A continuación, se explican estas aplicaciones en base a las tareas que se desarrollan en las tres primeras fases de un desastre: mitigación, preparación y respuesta.

ii) **Mitigación**

En la fase de mitigación las tareas que se desarrollan son: 1) previsión e identificación de peligros y riesgos, 2) predicción de posibles impactos y evaluación de la vulnerabilidad y el nivel de resiliencia, y finalmente, 3) el desarrollo y la comparación de diferentes estrategias de mitigación y resiliencia.

a. Previsión e identificación de peligros y riesgos

Para mitigar posibles desastres es importante identificar las áreas con mayor potencial de riesgo y amenaza. Para ello, hasta ahora se han usado métodos clásicos de monitorización y seguimiento de terreno y modelos físicos, con la necesidad del conocimiento y valoración de expertos. Sin embargo, estos métodos son costosos y cometen muchos errores.

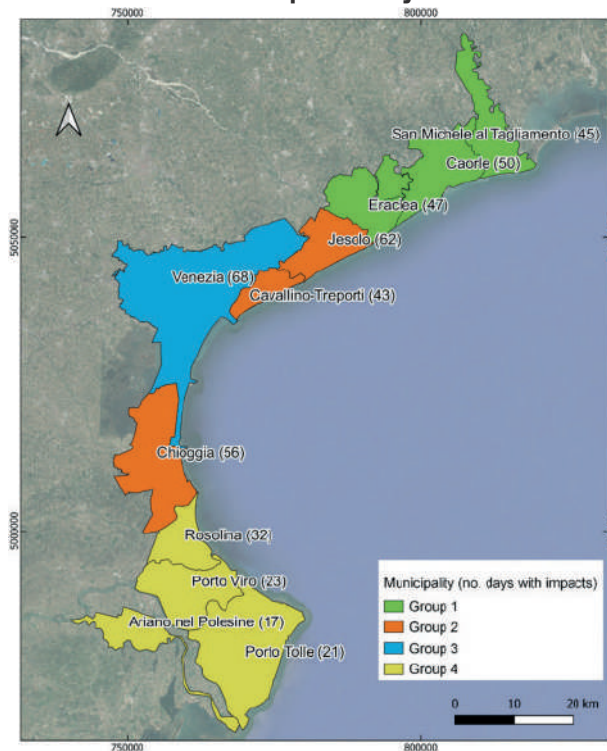
La IA permite analizar grandes volúmenes de datos para evaluar los riesgos en un tiempo razonable. Existen muchos estudios aplicando diferentes métodos de IA para desarrollar mapas de vulnerabilidad para diferentes tipos de desastres como, por ejemplo, para predicción de desprendimientos de tierra a través de algoritmos de aprendizaje supervisado de clasificación (Yilmaz, 2010), o predicción de avalanchas de nieve utilizando técnicas de regresión logística (Gauthier et al., 2017), Support Vector Machine (Choubin et al., 2019) y redes neuronales (Dekanová et al., 2018).

También se han desarrollado modelos que evalúan el riesgo de inundaciones a través de modelos de Random Forest, combinando datos de satélites y datos de desastres (Antzoulatos et al., 2022). De una forma más holística, se han calculado las probabilidades de riesgos múltiples (avalanchas de nieve, deslizamiento de tierras, inundaciones, etc.), adoptando modelos de ML (Support Vector Machine, Boosted Regression Trees y modelos lineales generalizables) y utilizando datos sociales, geológicos, climáticos, topográficos y morfológicos (Yousefi et al., 2020).

A continuación, se exponen tres herramientas comerciales que permiten identificar y evaluar diferentes riesgos:

1. INTELLIGENT multi-risk: Herramienta piloto que se desarrolló como parte del Proyecto europeo Interreg ITA-CRO AdriaClim, enfocada en evaluar los impactos de eventos multi-riesgo en una escala regional y predecir escenarios de riesgos en base a futuras proyecciones climáticas (ver Figura 2). Durante el proyecto, la herramienta se aplicó en la evaluación del riesgo de fenómenos meteorológicos extremos en los municipios costeros de la región de Véneto. INTELLIGENT multi-risk utiliza los algoritmos de clasificación Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF) y Multi-Layer Perceptron (MLP) para extraer los mejores resultados. Para llevar a cabo este análisis se adoptan datos relacionados con el día de la catástrofe, la ubicación y las variables meteorológicas. A partir de la aplicación de los modelos, es posible generar una puntuación de riesgo que sirva de ayuda en una herramienta de apoyo a la toma de decisiones. La herramienta tiene el potencial para identificar cuáles son los municipios costeros que están más expuestos a eventos multi-amenaza, tanto en el escenario base como en el futuro, con el fin de apoyar en la definición de estrategias de adaptación costera (Dal Barco et al., 2023, 2024).

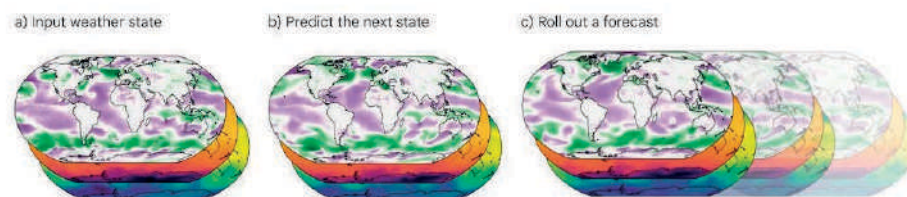
Figura 2: Clasificación de los municipios de acuerdo con la ocurrencia de impactos, y en base a las características de exposición y vulnerabilidad



Fuente: Extraída de Dal Barco et al., 2024

1. Google GraphCast (GraphCast, 2024): Esta herramienta de IA (ver Figura 3) se utiliza para una predicción meteorológica global más rápida y precisa, que puede identificar fenómenos meteorológicos graves (ciclones, inundaciones o temperaturas extremas) antes que los modelos de predicción tradicionales. Puede predecir la trayectoria de los ciclones con gran precisión, identifica los ríos atmosféricos asociados al riesgo de inundaciones y predice la aparición de temperaturas extremas. GraphCast se basa en modelos de aprendizaje automático de redes neuronales gráficas (GNN), especialmente útiles para procesar datos estructurados espacialmente. El modelo de IA GraphCast se ha entrenado utilizando cuatro décadas de datos de reanálisis meteorológicos relacionados con imágenes de satélite, radares y estaciones meteorológicas. Para predecir el tiempo para las próximas 6 horas, utiliza como entrada los datos del tiempo de 6 horas previas y el tiempo actual. Este proceso puede repetirse en incrementos de 6 horas para obtener previsiones con hasta 10 días de antelación. Los resultados del modelo proporcionan la predicción de cinco variables de la superficie terrestre y seis variables atmosféricas en 37 niveles de altitud. Esta herramienta puede ayudar en la preparación y la reducción del impacto de las tormentas y eventos extremos, y está siendo utilizada por agencias de meteorología, entre ellas, el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF).

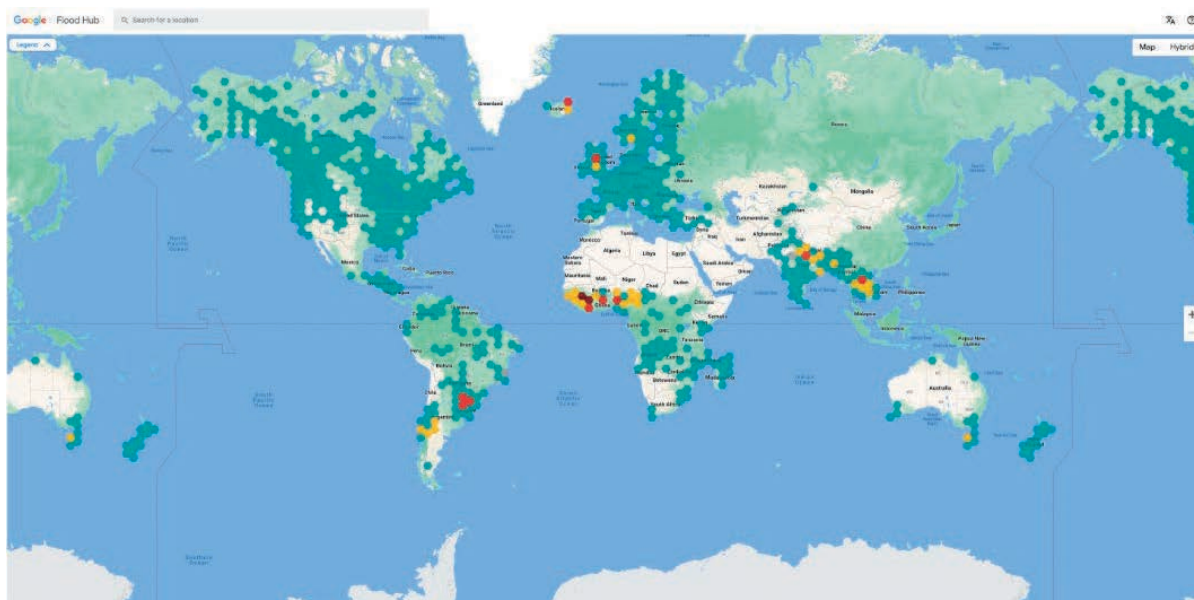
Figura 3: GraphCast: necesita dos conjuntos de datos: el estado del tiempo 6 horas antes y el estado actual. A continuación, el modelo predice el tiempo dentro de 6 horas



Fuente: Extraída de Google Deep Mind (GraphCast, 2024)

2. Flood forecasting (Google, 2024; Nearing et al., 2024): Herramienta desarrollada por Google Research que combina dos modelos de IA que procesan diferentes fuentes de datos disponibles públicamente (ver Figura 4). El primero, el modelo hidrológico, predice la cantidad de agua que fluirá en un río, y el segundo, el modelo de inundaciones, predice qué áreas serán afectadas y la altura del agua. De este modo, es posible alertar a los habitantes de zonas que están a punto de sufrir un impacto hasta 7 días antes de que se produzca la catástrofe, lo que permite capacitar a la ciudadanía para actuar, limitando los daños y la pérdida de vidas. Este trabajo se ha desarrollado en conjunto con los gobiernos, Naciones Unidas y ONGs, y se ha implementado en más de 80 países, dando servicio a más de 460 millones de habitantes.

Figura 4: Países donde se ha implementado la herramienta Flood forecasting



Fuente: Extraída de Google Research (Google, 2024)

b. Predecir posibles impactos y evaluar la vulnerabilidad y el nivel de resiliencia

Las técnicas de IA pueden aplicarse para estimar impactos potenciales y evaluar la vulnerabilidad y el nivel de resiliencia de un área o región. Como ejemplo, los posibles daños estructurales provocados por desastres naturales pueden ser estimados a través de diferentes técnicas de aprendizaje supervisado. En concreto, Díaz & Joseph (2019) desarrollan dos modelos utilizando redes neuronales, el primero, para predecir los daños que causará un tornado en algunas regiones de EEUU, y el segundo, para predecir la magnitud de dicho impacto. También se han utilizado modelos de regresión y árboles de decisión (Liu et al., 2008; Nateghi et al., 2014; Reed, 2008; Wanik et al., 2015) para predecir interrupciones en el servicio de las infraestructuras como consecuencia de desastres naturales usando datos históricos. Finalmente, combinando datos de sensores físicos e indicadores sociales, la vulnerabilidad de las estructuras y comunidades pueden ser evaluados con modelos de regresión espaciales (Wang et al., 2019), *random forest* (Yoon & Jeong, 2016) y redes neuronales (Wu et al., 2008).

A continuación, se exponen una herramienta comercial y dos modelos académicos que se han desarrollado para predecir los impactos y medir el nivel de vulnerabilidad y resiliencia:

1. Bee2Fire (Bee2Fire, 2024): Herramienta comercial desarrollada por GEO SAT, Portugal y la Unión Europea, que tiene como objetivo prevenir desastres ecológicos y evaluar su impacto (ver Figura 5). En este caso, se recogen y analizan datos como la temperatura, la humedad relativa del aire y la dirección del viento para compararlos con incidentes anteriores y poder anticiparse a cualquier problema y estimar el impacto. Esta herramienta se puede utilizar para detectar incendios mediante reconocimiento visual sobre imágenes capturadas de cámaras de vigilancia y otras fuentes de datos. Así, se estima la propagación del fuego sobre el terreno (perímetro, comportamiento), proporcionando recomendaciones sobre dónde actuar primero. La herramienta desarrollada utiliza una red neuronal residual (ResNet) para realizar dichas predicciones, y ha sido utilizada por la empresa papelera Suzano (Brasil), la minera Vale (Brasil) y la empresa Navigator (Portugal).

Figura 5: (a) Ejemplo de la herramienta durante su uso y (b) las áreas de aplicación de la herramienta



Fuente: Extraída de Bee2Fire (2024)

2. Wildfire Assessment Model (WAM) (Liz-López et al., 2024): Este modelo permite anticipar el impacto económico y ecológico de los incendios forestales, ayudando a los gestores de emergencias en la asignación de recursos y en la toma de decisiones en regiones de España con alto riesgo de sufrir incendios. En concreto, esta herramienta se ha usado en Castilla y León y Andalucía. El WAM utiliza una arquitectura de red convolucional para realizar una regresión sobre las variables atmosféricas y el índice de verdor, calculando los recursos necesarios, el tiempo de control y extinción y la superficie quemada prevista. Después de un pre-entrenamiento con datos no supervisados para entender mejor las variables atmosféricas y medioambientales utilizadas en el modelo, se aplica un algoritmo de regresión con los datos de 445 muestras de eventos ocurridos en los últimos años. Como resultado, WAM proporciona un mapa de evaluación de la región estudiada, visualizando los recursos disponibles esperados sobre toda una región.
3. Estimación de los impactos económicos causados por los temporales de viento en España (Pedra et al., 2024): Mediante la técnica de *random forest*, se ha desarrollado un modelo que permite estimar el nivel de impacto económico al que puede enfrentarse una provincia española cuando se produce un temporal de viento. Para realizar dicha clasificación, se recopilieron datos sobre 204 eventos de tormentas de viento, combinando con datos relacionados con variables meteorológicas, datos de costes por desastres y datos de resiliencia. Los datos de resiliencia se recopilieron basándose en categorías sociales, económicas, de infraestructuras y medioambientales, siguiendo el marco de los Indicadores Básicos de Resiliencia (BRIC). A través del modelo desarrollado, se puede estimar el nivel de pérdidas económicas de una provincia española y ver las variables que influyen en los resultados finales, con el fin de ayudar a los responsables en la toma de decisiones sobre las acciones de preparación y mitigación a implementar.

c. Desarrollar y comparar estrategias de mitigación y resiliencia

Las técnicas de IA pueden ayudar a desarrollar y comparar estrategias de mitigación y resiliencia, y pueden aplicarse para identificar prioridades en su gestión, estimar las necesidades de las personas afectadas durante un desastre y reconocer actividades de los humanos. En concreto, el trabajo desarrollado por Kim et al. (2022) presenta un marco que permite por un lado mejorar la predicción de pérdidas económicas que pueden ocurrir a raíz de desastres naturales y, por otro lado, implementa un análisis de coste-beneficio para evaluar la efectividad económica de cada actividad de prevención. Para ello utiliza algoritmos de redes neuronales y demuestra su precisión respecto a los modelos tradicionales.

A continuación, se presentan dos modelos basados en técnicas de procesamiento de lenguaje natural para definir las mejores estrategias de prevención y preparación:

1. Usar técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) para identificar estrategias. Fu et al. (2023) presenta un estudio donde utilizan técnicas de PLN para, a través del análisis de 78 planes de resiliencia, extraer las estrategias y acciones de gestión de desastres más apropiadas para una determinada ciudad. En base a las características de la ciudad y los riesgos a los que está expuesta, la técnica realiza un benchmarking y prioriza las áreas de trabajo para mejorar su nivel de resiliencia.
2. Usar aplicaciones de IA generativa para mejorar las políticas de contingencia: Finkenstadt et al. (2024) proponen el uso de las herramientas de IA generativa, en concreto ChatGPT 4, para mejorar las políticas y estrategias de contingencia en las empresas. A través de la aportación de un escenario concreto y objetivos a conseguir, la herramienta sugiere mejorar en las estrategias adoptadas para mejorar su nivel de contingencia.

iii) Preparación

En este apartado se analizan las aplicaciones de IA que se utilizan para dos de las tareas principales que se desarrollan en la fase de preparación: 1) establecer sistemas de predicción y detección de desastres y alerta temprana y 2) desarrollar modelos de evacuación en caso de emergencias.

a. Sistemas de predicción y detección de desastres y alerta temprana

Hasta ahora las tareas de identificación de próximas catástrofes en tiempo real y el envío de alertas tempranas han requerido de análisis geológicos y climatológicos extensos, datos recopilados mediante sensores y juicio de expertos para entender los resultados proporcionados. Las técnicas de IA han ayudado a esta tarea de predicción de futuros eventos tales como huracanes, tormentas, terremotos, nevadas, fuegos, erupciones volcánicas y fuegos de forma más rápida y eficiente y sin la necesidad de la presencia de expertos para interpretar los resultados obtenidos. Por ejemplo, en el proyecto Urban Flood se ha establecido un sistema de alerta temprana por inundaciones, usando datos recogidos a través de sensores y aplicando modelos de Machine Learning para detectar comportamientos anómalos de forma eficiente (Noymanee et al., 2017). El análisis semántico de los tweets también puede ayudar a detectar un terremoto y a estimar la localización del evento, con el objetivo de notificar su ocurrencia lo más rápido posible (Sakaki et al., 2013).

A continuación, se presentan cuatro herramientas que permiten predecir desastres y mejorar la alerta temprana:

1. SIGALE (Cadet et al., 2023): Proyecto piloto de la Ingeniería Sage y el estado francés de Savoie para desarrollar un sistema de alerta temprana de desprendimientos de tierras y rocas en la red de infraestructuras viarias de Savoie. Mediante un modelo de ML se evalúa el grado de vigilancia, que es una combinación del modelo de susceptibilidad a los desprendimientos usando datos topográficos y geológicos y el modelo de activación. Los modelos de activación usan datos de precipitaciones y temperaturas y se han entrenado con datos de 863 deslizamientos y 481 desprendimientos de rocas ocurridos entre 2008 y 2020. Este proyecto piloto está orientado a ser utilizado por agentes relacionados con protección civil y gestión de emergencias de la ciudad de Francia.
2. Sistema de predicción temprana de inundaciones (Sankaranarayanan et al., 2019): Sistema de alerta temprana de inundaciones para la India en el que se tienen en cuenta la temperatura y la intensidad de las precipitaciones para predecir la posibilidad de que ocurran inundaciones. Mediante la aplicación de una red neuronal profunda (DNN), junto con los datos de entrada, es posible predecir las inundaciones en la región analizada. El sistema desarrollado proporciona información a los ciudadanos sobre el estado de los niveles a través de un portal informativo.
3. Orora Technologies – Detección y Monitorización de incendios forestales (OroraTech, 2024): Empresa que ofrece una herramienta comercial centrada en la detección precoz, el seguimiento en tiempo real y el análisis de daños de los incendios forestales a escala mundial, basada en la aplicación de modelos de redes neuronales de imágenes de satélite. Orora Technologies adopta como entrada para su modelo de aprendizaje automático datos procedentes de más de 20 satélites para realizar análisis relativos a la evaluación de riesgos, la detección temprana, la supervisión en tiempo real y el análisis de daños en relación con distintas catástrofes. La herramienta proporciona una serie de resultados como el seguimiento de incendios en directo, la propagación del fuego y la superficie quemada (ver Figura 6). La plataforma ha sido adoptada por una serie de organismos nacionales y empresas de todo el mundo, como Wildlife Conservation Society, Green Triangle Fire Alliance, Paper Company Klabin y Forest Investment Company TTG Brasil.

Figura 6: Plataforma de Orora Technologies

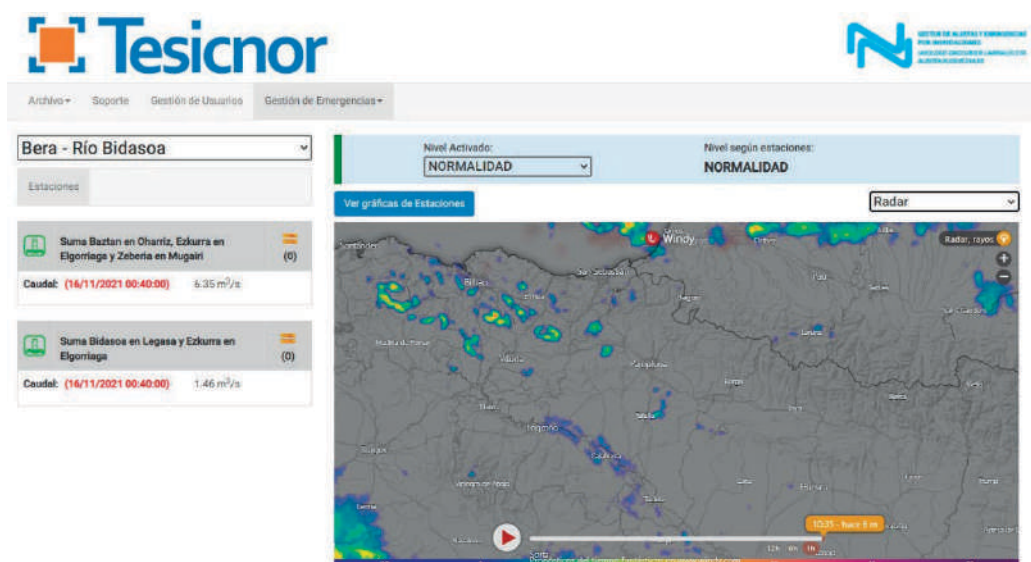


Fuente: Extraída de Orora Technologies (OroraTech, 2024)

4. Aplicación NOE – Gestor de planes de emergencia ante inundaciones (NOE, 2024): Aplicación suministrada por Tesicnor, utiliza IA para proporcionar alertas tempranas sobre el riesgo inminente de inundaciones (ver Figura 7). La aplicación está conectada a sensores de caudal que, junto con

modelos de IA, proporcionan información en tiempo real sobre el nivel de los ríos, lo que permite activar niveles de alerta, enviar instrucciones actualizadas en tiempo real sobre la situación global de las inundaciones y anticiparse al riesgo. La red generada adopta datos relacionados con el caudal, las precipitaciones acumuladas y la temperatura del río analizado a distintas horas. Con esas características, NOE puede aprender basándose en datos anteriores y predecir el caudal de las horas siguientes. Con los datos generados, el sistema aprende para poder prever eventos de inundación, automatizar las acciones a implementar y realizar simulaciones que permitan evaluar los recursos y las acciones que se tienen que llevar a cabo.

Figura 7: Plataforma NOE de Tesicnor



Fuente: Extraída de Tesicnor (NOE, 2024)

b. Modelos de evacuación

Para facilitar las evacuaciones durante los desastres, previamente se han de considerar los posibles problemas que pueden ocurrir y planificar las acciones a desarrollar. Las técnicas de IA pueden ayudar a predecir los movimientos de las grandes multitudes durante las evacuaciones, ayudando a identificar las mejores rutas de evacuación y desarrollar sistemas de apoyo a la evacuación. Los métodos más comunes que se han utilizado incluyen Support Vector Machine (Mori et al., 2013; Wang et al., 2019), árboles de decisión (Burris et al., 2015) y redes neuronales (Rahman & Hasan, 2018; Sharma et al., 2022).

A continuación, se presenta una herramienta comercial que permite mejorar el proceso de evacuación de diversos edificios.

1. Planificación de rutas de evacuación de emergencia basada en IA (AI Automate, 2024): Esta herramienta analiza datos en tiempo real para determinar las rutas de evacuación más seguras y eficientes. Este sistema ofrece varios beneficios, incluyendo una mejora en la seguridad, una reducción en el tiempo de evacuación, un mayor cumplimiento de la normativa contra incendios y de seguridad, una reducción de costes y un aumento de la productividad. Tiene aplicación en diversos entornos, como edificios de oficinas, escuelas, hospitales y centros comerciales. Al proporcionar información precisa y actualizada sobre las rutas de evacuación, este sistema contribuye a garantizar la seguridad de las personas y facilita la evacuación eficiente y sin problemas en caso de emergencia.

iv) **Respuesta**

En la fase de respuesta, existen varias tareas que se deben desarrollar. Las siguientes cuatro son las principales y en los que existen aplicaciones de IA: 1) planificar las acciones de respuesta y evaluación de los daños, 2) asignar recursos de salvamento y socorro en caso de desastre, 3) desarrollar sistemas de información de las catástrofes para favorecer la colaboración inter-institucional y 4) comprender la preocupación, emoción y reacción de la gente.

a. Evaluación de daños y planificación de las acciones de respuesta

Una vez que ocurre el evento, es esencial desarrollar mapas del área impactada para tener conocimiento de la situación y planificar una respuesta eficaz.

Los mapas de eventos y la información sobre los daños que se generan a través de distintas técnicas de IA proporcionan información vital para planificar las operaciones de rescate y distribución y la identificación de las necesidades para el despliegue de los recursos a corto plazo.

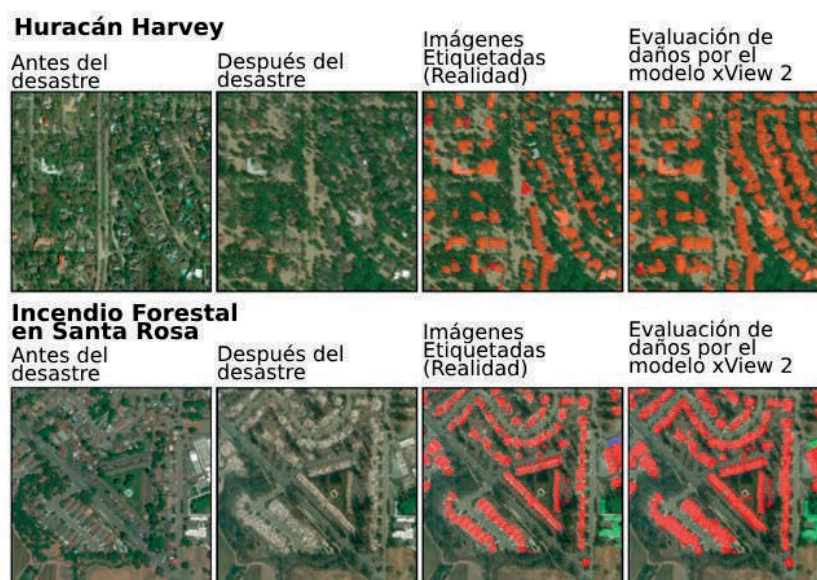
A través de los satélites, radares, robots y las redes sociales, se generan grandes volúmenes de datos sobre los desastres que permiten desarrollar los mapas del evento y el alcance de su impacto.

Para desarrollar estos mapas se utilizan métodos de clasificación, comparando imágenes antes de que ocurra el desastre con imágenes después del evento, extrayendo así información sobre las zonas afectadas y priorizando los esfuerzos durante la respuesta.

Un ejemplo de una aplicación que permite evaluar los daños ocurridos debido a un desastre es xView2:

1. xView2 (xView2, 2024): Desarrollada por el Departamento de Defensa de EE.UU., Microsoft, la Universidad de California en Berkeley y la Universidad Carnegie Mellon, es una herramienta comercial que utiliza algoritmos de aprendizaje automático junto con imágenes de satélite de otros proveedores para identificar daños en edificios e infraestructuras en la zona de la catástrofe y clasificar su gravedad mucho más rápido de lo que permiten los métodos actuales (ver Figura 8). xView2 utiliza algoritmos de IA e imágenes de satélite para identificar y clasificar la gravedad de los daños en infraestructuras y edificios en zonas siniestradas. Para una tarea que tradicionalmente llevaba semanas, xView2 ha acelerado la detección de esta evaluación a horas o minutos, lo que permite al centro de control y a los equipos de rescate proporcionar una respuesta más rápida en las zonas afectadas para su recuperación. La herramienta ya se utilizó para ayudar en la logística de catástrofes y en misiones de rescate en el terremoto de Turquía en 2023.

Figura 8: Imágenes relacionados con el antes y después del desastre



Fuente: Extraída de Carnegie Mellon University

(https://www.sei.cmu.edu/our-work/projects/display.cfm?customel_datapageid_4050=295280)

b. Asignación de recursos de salvamento y socorro en caso de desastre

Durante la respuesta, para poder asignar recursos de forma efectiva y rápida es importante tener información para tomar las decisiones más adecuadas. Las redes sociales se han convertido en una fuente de información muy importante para generar conocimiento sobre la magnitud y la severidad del evento (lugar, tiempo, afecciones...), ayudando así a la toma de decisiones para la respuesta y recuperación de eventos extremos. Existen diferentes técnicas de IA para analizar los datos que provienen de redes sociales y teléfonos móviles como por ejemplo clasificadores, análisis de sentimiento, modelización de tópicos... Pero a su vez también existen limitaciones acerca de su uso debido a su credibilidad, fiabilidad y dificultad para verificar la información.

A continuación, se presenta una herramienta comercial que permite gestionar las llamadas de socorro durante un evento extremo.

1. APCO IntelliComm (Intellicomm, 2024): Esta herramienta comercial se desarrolla sobre la base de IBM Watson Analytics y se centra en la adopción de la IA en el contexto de las llamadas de socorro cuando éstas puedan saturar el sistema 112, recogiendo toda la información que debe ser considerada (ver Figura 9). La herramienta basada en IA puede gestionar un gran volumen de llamadas en un tiempo récord y realizar varias funciones simultáneamente. La función de voz a texto de Watson introduce el contexto de cada llamada en el programa de análisis de IA para mejorar la forma en que los centros de llamadas responden a las emergencias. Watson también ayuda a proporcionar información precisa, reducir los tiempos de llamada y acelerar los servicios de emergencia. Esta herramienta ya es utilizada por distintas regiones administrativas de todo el mundo.

Figura 9: Layout de la herramienta APCO IntelliComm

The screenshot displays the APCO IntelliComm interface. At the top, there's a header with the logo and a user profile. Below it, a 'QA Detail' section contains a table with columns: Case ID, All Callers Score, Case Duration, Start Time, End Time, Telecommunicator, Chief Complaint, Service(s), and Evaluation Score (%). The table shows a single entry for Case ID N1DyDj. Below the table, there are several sections for 'General 215/765 pts', 'Interview Questions', 'CAD Skills', and 'Telephone Protocol/Skill'. Each section contains a list of questions with corresponding 'YES', 'NO', 'REFUSED', and 'NA' buttons. To the right of these sections is a 'Transcript' log showing a timeline of events with timestamps and text descriptions of the incident, such as 'New Card All Callers from ALL CALLERS' and 'CHIEF COMPLAINT MOTOR VEHICLE COLLISION'.

Fuente: Extraída de APCO IntelliComm (Intellicomm, 2024)

c. Sistemas de información de las catástrofes para favorecer la colaboración inter-institucional

El intercambio de información y la coordinación son a menudo el cuello de botella de la respuesta multi-institucional debido a la naturaleza impredecible y dinámica del entorno de la catástrofe. Los sistemas de información de desastres con acceso compartido entre agencias y organizaciones pueden ayudar a abordar estos problemas, como los sistemas de información geográfica colaborativos (Abdalla & Esmail, 2018; Li et al., 2020; Sun & Li, 2016), las plataformas de gestión de información compartida (Bunker et al., 2015; Rasouli, 2019) y las herramientas de decisión (Moskowitz et al., 2011). Con los datos compartidos, se pueden implementar análisis de datos colaborativos para conocer mejor la situación de la catástrofe e identificar las necesidades de socorro (Tucker et al., 2017). Los sistemas de información sobre catástrofes con capacidad de intercambio automático de datos pueden ayudar a los responsables en la toma de decisiones de diferentes organizaciones a coordinar los esfuerzos de respuesta de manera oportuna. Estas ideas se han puesto en práctica en forma de diversos prototipos (Bartoli et al., 2015; Foresti et al., 2015; Hochgraf et al., 2018; J. W. Kim et al., 2018; Lin & Liaw, 2015). Hay múltiples aplicaciones de sistemas de información de desastres utilizando modelos supervisados y de aprendizaje profundo para extraer información de las redes sociales, teléfonos móviles, datos de teledetección e imágenes aéreas.

A continuación, se presentan dos ejemplos de herramientas que permiten integrar y analizar diversas fuentes de datos para mejorar la toma de decisiones.

1. Crowdhel (Besaleva & Weaver, 2013): Sistema que permite evaluar en tiempo real la situación de los pacientes afectados en un desastre a través de datos de crowdsourcing. Con esta información, los profesionales de emergencias pueden realizar un proceso de triaje mucho más completo y efectivo, permitiendo prepararse mejor para responder e incluso garantizar tratamientos más precisos antes de enviar el equipo de respuesta al evento.
2. MADIS (Y. Yang et al., 2012) – Multimedia Aided Disaster information Integration System: Herramienta que integra y analiza imágenes e informes (información multimedia) sobre la situación

del desastre utilizando técnicas de análisis de datos para proporcionar información acerca de la situación a los gestores de emergencias. Concretamente el sistema utiliza técnicas de clasificación jerárquica de imágenes para clasificarlas en distintas áreas, y para el análisis de texto utiliza técnicas de procesamiento de lenguaje natural. Se desarrolla en el sistema operativo móvil de Apple (iOS) y se ejecuta en tabletas iPad. Su utilidad ha sido evaluada por gestores de emergencias de Miami. Los gestores consideraron que la herramienta era sencilla de usar y útil, ya que las funciones que proporciona ayudaban significativamente en la gestión de la emergencia como, por ejemplo, la opción de filtrado en base a la localidad y el tema y la asociación de los informes con imágenes preclasificados en el tiempo. Además, los gestores sugirieron algunas mejoras a incluir en el sistema tales como funcionalidades extra para la selección de imágenes y la extensión de la ontología de desastres para su categorización.

d. Comprender la preocupación, emoción y reacción de la gente

Los desastres generan daños físicos y estructurales, pero también mentales en las personas. Entender los sentimientos y las necesidades de las víctimas permite ayudar de manera más efectiva en la respuesta a los desastres. Las técnicas de IA permiten analizar datos recogidos de las redes sociales para hacer un seguimiento de los sentimientos y conocer las reacciones del público. Las imágenes y los textos emocionales clasificados en el tiempo y geolocalizados ayudan a identificar la evolución de los sentimientos del público y ver necesidades psicológicas y médicas. Existen muchos estudios trabajando en esta área, desarrollando métricas con análisis de sentimientos para cuantificar las emociones y reacciones de las personas en las actividades de respuesta.

A continuación, se presenta un modelo que permite extraer información detallada de emociones a través de redes sociales.

1. El trabajo de Yang et al. (2019) introduce un método de aprendizaje profundo para extraer información emocional detallada de las redes sociales chinas tras un terremoto. Las publicaciones de las redes sociales de las zonas afectadas por el terremoto se clasificaron en seis categorías de emociones. Al combinar estos datos emocionales con información geográfica, la densidad de población y los puntos de interés, el método pretende mejorar el análisis de desastres. A través de esta combinación, se creó un mapa que mostraba las emociones de la población evacuada en las horas posteriores al terremoto. Este análisis ayudó a percibir las diferentes reacciones de la población evacuada en comparación con el resto.

v) Retos potenciales de la IA

Una de las principales limitaciones de las aplicaciones y modelos basados en IA está relacionada con la disponibilidad, seguridad y fiabilidad de los datos. Para realizar estimaciones precisas y fiables es necesario disponer de grandes cantidades de datos que representen todo el sistema y no estén sesgados. Por ejemplo, los datos que se recogen a través de redes sociales y crowdsourcing presentan muchos problemas de fiabilidad y credibilidad y suelen estar muy sesgados hacia los extremos. La falta de disponibilidad de datos también es un problema relevante, como ocurre con los relacionados con infraestructuras críticas, por cuestiones de seguridad nacional y competencia comercial. La indisponibilidad de datos hace que se utilicen estimaciones y se adopten técnicas de aproximación, lo que reduce la fiabilidad de los resultados obtenidos y, por consiguiente, dificulta que los modelos desarrollados realmente se implementen en la práctica.

Otro reto de la IA es la implementación de los modelos desarrollados en el ámbito académico en la práctica. Aunque proporcionen resultados satisfactorios, todavía existen barreras para que los usuarios finales adopten estos modelos en la práctica debido a la falta de explicabilidad y razonamiento de los resultados. En muchos casos, los modelos de IA son como cajas negras que proporcionan una solución, pero es complicado explicar cómo se ha llegado a esa solución y cómo el modelo está interpretando los datos facilitados para llegar a dicha solución. Esta falta de transparencia provoca que en muchas ocasiones los gestores de desastres sean reticentes a usar los modelos por falta de credibilidad y confianza. En este contexto, el uso de modelos de Inteligencia Artificial Explicativa (Explainable AI, XAI) es cada vez más común ya que proporcionan transparencia y explicabilidad, ayudando a los gestores de desastres a entender cómo el modelo ha llegado a ese resultado y qué variables tienen mayor o menor impacto a la hora de estimar la solución. Además, la confianza que proporcionan facilita la colaboración entre investigadores y gestores de desastres a la hora de adoptar estos modelos en la toma de decisiones. Esta colaboración de los usuarios finales no solo es esencial a la hora de implementar el modelo en la práctica, sino también en las fases iniciales del desarrollo del modelo, para entender mejor el comportamiento de estos eventos complejos e integrar las diferentes perspectivas para ofrecer resultados más valiosos y precisos.

Muchos de los modelos que se han desarrollado hasta ahora solamente se centran en modelizar los eventos catastróficos de forma independiente. Sin embargo, los desastres evolucionan de forma inesperada creando situaciones complejas e interconectadas que dificultan su gestión. Por ello, adoptar un enfoque multi-riesgo con bases de datos precisas y diversas, creando modelos robustos y adaptables, pueden mejorar significativamente la fiabilidad y la precisión de los resultados. Para abordar este problema, los gemelos digitales ofrecen un potencial para analizar cómo diferentes tipos de amenazas y sus combinaciones pueden afectar al sistema, mejorando así la preparación para las mismas y estableciendo medidas adecuadas de mitigación.

No obstante, cabe destacar los retos éticos que presenta la IA con relación a los datos y su privacidad. La discriminación y los sesgos que pueden existir en los datos es uno de los principales retos éticos. El sesgo causa que los modelos puedan proporcionar resultados subjetivos y discriminatorios para ciertos colectivos. Por ello, es primordial asegurar que los datos de partida representan a todos los colectivos de la misma manera y de forma objetiva. Unido a esto, otro aspecto importante es la privacidad y protección de los datos usados para el entrenamiento de los modelos. En ocasiones, se utilizan datos personales, imágenes de satélite, etc., que pueden contener información sensible. Por ello, es importante asegurar (a través de consentimientos informados) que los individuos son conscientes de que sus datos se están usando para desarrollar modelos que permitan después tomar decisiones. Obtener este consentimiento es más difícil cuando se trata de imágenes recogidas por satélite para hacer una composición de lugar cuando ocurre un desastre. Aun así, tenemos que ser conscientes de que estas imágenes pueden contener información que puede ser muy relevante y peligrosa en ciertos contextos y por ello, tenemos que asegurar que esta información no cause ningún agravio a las personas involucradas.

Finalmente, hay que tener en cuenta la ciberseguridad. La información que contienen todas estas aplicaciones es de vital importancia, por lo que todos estos sistemas tienen que garantizar una protección y una seguridad máxima para que no puedan ser atacados por nadie ni puedan ser manipulados, poniendo en riesgo la seguridad y la privacidad de las personas.

8. Impacto de las catástrofes naturales en el patrimonio histórico y cultural español

i) El patrimonio histórico, ¿en alerta por las catástrofes naturales?

Las catástrofes naturales tienen actualmente una intensidad mayor a nivel mundial. Fenómenos como las sequías, la sucesión de tormentas ciclónicas, las olas de calor, las inundaciones y los incendios forestales, ocasionan cuantiosos daños en el patrimonio histórico. Se trata de bienes culturales que son únicos y son un legado irremplazable para la sociedad y para el territorio en el que se encuentran, causando además una pérdida de valor en estos bienes por el impacto de los fenómenos naturales.

En España, estas catástrofes naturales se suceden anualmente y las consecuencias que tienen sobre el patrimonio histórico son los numerosos daños que ocasionan en estos bienes, un valioso patrimonio histórico que se encuentra por todo el territorio del país.

a. **El patrimonio histórico, ¿podría considerarse como una infraestructura crítica para una ciudad, para un territorio?**

Proteger este legado ante las catástrofes naturales es procurar la sostenibilidad social intergeneracional de las ciudades y territorios. Sin olvidar que el turismo cultural en España atrae a más de 34 millones de visitantes, que realizan el viaje motivados por la cultura con un gasto de 32.500 millones de € (Ministerio de Cultura, 2023), contribuyendo a la riqueza del país.

El análisis de los daños causados en el patrimonio histórico por las catástrofes naturales nos conduce a estudiar su relevancia para la comunidad y el territorio en el que se encuentra. Desde este enfoque, se observa que los bienes culturales desempeñan un papel protagonista en todo el territorio y, en particular, en comunidades alejadas de las ciudades, haciendo comprender que el daño producido en estos bienes genera una crisis, por las consecuencias económicas que tiene para la vida en ese territorio.

Por este motivo, reflexionar sobre por qué en algunos países los bienes culturales y patrimoniales son considerados como infraestructuras críticas (Bouchon, S., 2011) es tomar en consideración el concepto de criticidad, que establece cuándo una infraestructura es considerada crítica por su importancia para la sociedad, por el impacto económico que ocasiona, por el impacto medioambiental, el impacto público y social y la gravedad de sus consecuencias. Aunque es razonable pensar que establecer como críticas un elevado número de infraestructuras en un país es un despilfarro de recursos, también, poseer un número escaso tiene el riesgo de no poder dar respuesta a los daños que ocasionen las catástrofes naturales.

A continuación, se analizan las catástrofes naturales ocurridas en 2023 y se evalúan los daños que han ocasionado según las características de los bienes culturales afectados y la protección legal que tienen otorgada. También, las medidas adoptadas para su restauración y conservación.

ii) Objetivos de la investigación

La gestión del riesgo de desastres para el patrimonio histórico implica desarrollar diferentes estrategias para su protección y conservación, desplegando las acciones necesarias, antes de que se produzcan las

catástrofes, durante y con posterioridad al fenómeno catastrófico. Es una recomendación de los organismos internacionales que asesoran a los gobiernos sobre esta materia, entre ellos, la organización intergubernamental ICCROM (Centro Internacional de Estudios para la Conservación y Restauración de los Bienes Culturales). Desde este enfoque, se proponen los siguientes objetivos:

1. Evaluar los daños causados por fenómenos catastróficos en el patrimonio histórico. Es un diagnóstico necesario para poder abordar las acciones imprescindibles para su restauración y conservación, con el fin de restablecer el valor perdido del bien dañado por el impacto de las catástrofes naturales.
2. En la valoración de los daños causados, esta investigación analiza en primer lugar, la categoría del bien cultural dañado, por su relevancia internacional, y según lo establecido en la legislación española, ya que su conservación y restauración es competencia de diferentes Administraciones Públicas.
3. Con la finalidad de poder comparar, mediante un análisis de diferentes años, la importancia de los daños causados por catástrofes naturales en el patrimonio histórico, esta investigación realiza la valoración con indicadores cuantitativos, para que dicha evaluación sea equiparable en años sucesivos.
4. La evaluación de los daños causados sobre el patrimonio debe contemplar las medidas adoptadas para la restauración y conservación de los bienes culturales. En esta investigación se estudia la resiliencia financiera de las Administraciones Públicas competentes en la conservación del patrimonio histórico, por medio de las subvenciones destinadas a ese fin.
5. La investigación se propone contribuir a la sensibilización de la sociedad sobre los daños que pueden causar las catástrofes naturales en el patrimonio histórico. Transmite la importancia que debe tener la conservación y restauración de unos bienes únicos e irremplazables por su valor histórico artístico, que son un legado intergeneracional y un pilar de la sostenibilidad social de ciudades y territorios.

iii) ¿Cómo se evalúan los daños causados en el patrimonio histórico por los desastres ocurridos en 2023? Metodología de la investigación

Para evaluar los daños ocurridos en el patrimonio histórico por los desastres naturales de 2023, es necesario abordar un plan o diseño de la investigación, que incluye un conjunto de actividades, métodos o procedimientos encaminados a obtener la información pertinente para la investigación, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados.

El diseño de esta investigación es similar al del Barómetro 2022. Esta metodología considera, en primer lugar, a los organismos competentes encargados de realizar las actuaciones previstas para la protección del patrimonio histórico, que son: Protección Civil y la Unidad Militar de Emergencias (UME), como se expone en el Plan Nacional de Emergencias y Gestión de Riesgos del Patrimonio Cultural (2015) y en la Norma Básica de Protección Civil (Ley 15/2025), y Real Decreto (524/2023). Desde esta consideración, a continuación, se abordan las siguientes fases:

1. El análisis de la información facilitada por la UME sobre sus intervenciones anuales en catástrofes naturales que ocurren en España. En esta información se hace constar el evento catastrófico que ha ocurrido, así como el municipio y la Comunidad Autónoma a la que pertenece. Estos datos permiten,

en los municipios afectados por la catástrofe, realizar la identificación del patrimonio histórico potencialmente afectado por un fenómeno catastrófico intenso, que ha requerido una intervención de emergencia. Con relación a las intervenciones de la UME por los incendios ocurridos en los Parques Nacionales de España, se ha solicitado información “ad hoc” al Organismo Autónomo de Parques Nacionales sobre los bienes culturales inventariados.

2. Las tormentas ciclónicas atípicas (TCA) de los meses de octubre y noviembre de 2023 afectaron con gran intensidad a un gran número de municipios. Con la información facilitada por el Consorcio de Compensación de Seguros, se ha comprobado el impacto causado en el patrimonio histórico de los municipios afectados.
3. La evaluación de los daños causados en el patrimonio histórico mediante la utilización de herramientas de gestión, como son los indicadores cuantitativos, posibilita realizar valoraciones equiparables en diferentes años. Los indicadores son los siguientes:
 - Número de bienes culturales afectados.
 - Número de Bienes de Interés Cultural (BIC) afectados.
 - Número de bienes Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO afectados.
 - Importe (€) de las subvenciones destinadas a la restauración y conservación. Resiliencia financiera de la Administración Pública.
4. Para evaluar la resiliencia financiera de la Administración Pública y conocer el importe de las subvenciones destinadas a la restauración y conservación del patrimonio histórico dañado por las catástrofes naturales, ha sido necesario solicitar información “ad hoc” a las Comunidades Autónomas, ayuntamientos y organismos autónomos encargados de la gestión de los bienes culturales afectados.
5. Con este fin, se ha solicitado mediante entrevista telefónica y por correo electrónico, dirigida a los responsables del patrimonio histórico en los ayuntamientos, mancomunidades y organismos autónomos, información en la que expongan: las actuaciones previstas para la restauración de los bienes culturales dañados, el presupuesto asignado y la entidad financiadora. La recogida de información se ha realizado de marzo a mayo de 2024.

Se detallan a continuación las siguientes fases de la metodología de la investigación.

a. Intervenciones de la UME en los municipios y provincias afectados

En la información facilitada por la UME para la realización del Barómetro 2023, se constatan un total de 21 intervenciones nacionales y 7 internacionales. Las intervenciones en España son las siguientes: en 13 incendios, 4 inundaciones, 1 tormenta invernal y 3 en otros riesgos tecnológicos y medioambientales.

Las 13 intervenciones en incendios son: en Castellón (1), Cádiz (1), Asturias (3), Lugo (1), Cáceres (1), Santa Cruz de Tenerife (4), las Palmas de Gran Canaria (1), Valencia (1). Las inundaciones en Aldea del Fresno (Comunidad de Madrid), Valmojado (Comunidad de Castilla-La Mancha), Paterna (Valencia) y Sevilla (Andalucía). La participación en otros riesgos tecnológicos y ambientales, con 3 intervenciones.

b. Informe del Consorcio de Compensación de Seguros (Ministerio de Economía, Comercio y Empresa) sobre las provincias y municipios afectados por las tempestades acaecidas en España en octubre y noviembre de 2023

Durante 2023, en el informe facilitado por el Consorcio de Compensación de Seguros (CSS) del Ministerio de Economía, Comercio y Empresa (2024), se expone que, durante los meses de octubre y noviembre, ocurrieron episodios consecutivos de tempestad ciclónica atípica (TCA), que han sido confirmados por la solicitud realizada a la AEMET, conforme a lo previsto en la legislación del seguro de riesgos extraordinarios. La relación de términos municipales afectados por dichos eventos es una fuente de información que permite realizar un análisis exhaustivo de los daños que las TCA pudieron ocasionar en el patrimonio histórico de los municipios afectados, completando esta investigación.

30 provincias fueron afectadas por las tormentas de octubre y noviembre de 2023, con especial incidencia, en cuanto a daños, los ocasionados por las tormentas denominadas “Aline” y “Bernard”.

c. Comprobación de los bienes culturales en los municipios y provincias afectadas por los incendios y tempestades: análisis de los registros de Bienes de Interés Cultural de las Comunidades Autónomas

Con la información facilitada por la UME y el informe del CCS, se ha procedido a la comprobación de los daños en el patrimonio histórico en los municipios correspondientes.

A continuación, y mediante los inventarios del patrimonio histórico que disponen las CCAA, se han comprobado las características del bien cultural afectado y la protección legal a la que está sujeta su conservación. Es decir, si son Bienes de Interés Cultural (BIC) o pertenecen al catálogo general, así como, la fecha de publicación en el Boletín Oficial del Estado o de la Comunidad Autónoma correspondiente. Estos inventarios pueden ser consultados en línea, en la web de las Comunidades Autónomas.

d. Análisis de la resiliencia financiera de las Administraciones Públicas titulares del patrimonio histórico para afrontar la restauración y conservación

El patrimonio histórico español está integrado por Bienes de Interés Cultural (BIC) pertenecientes a la Administración del Estado y por los bienes que integran el catálogo del patrimonio cultural de las Comunidades Autónomas.

Esta característica pone de manifiesto, en el caso de España, las distintas Administraciones Públicas que son competentes en materia de conservación y restauración, según sea la protección legal del bien cultural. Es decir, si es un bien cultural de la Administración del Estado o de la Comunidad Autónoma, al objeto de analizar los recursos destinados a la restauración. En el caso de los bienes Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, este organismo internacional facilita ayudas para la restauración de estos bienes culturales.

iv) Las características de los bienes que integran el patrimonio histórico y la protección otorgada a los Bienes de Interés Cultural (BIC) por el Estado y las Comunidades Autónomas

La Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico español expone la definición de lo que se considera patrimonio histórico, señalando cuáles son los bienes objeto de protección: bienes muebles (bienes muebles histórico-artísticos), bienes inmuebles (monumentos, conjuntos históricos), sitios naturales, jardines y parques (sitios históricos, jardines históricos con valor artístico, histórico o antropológico), el patrimonio inmaterial (saberes, conocimientos y técnicas artesanas), el patrimonio arqueológico y etnográfico (yacimientos arqueológicos, bienes muebles e inmuebles para desarrollar trabajos de la cultura tradicional) y los museos, archivos y bibliotecas de titularidad estatal (patrimonio bibliográfico, documental y colecciones).

a. El título de Patrimonio de la Humanidad (Patrimonio Mundial) de la UNESCO

Además de la protección legal otorgada en la legislación española al patrimonio histórico, instituciones internacionales como la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura) otorga el título de bien Patrimonio de la Humanidad a bienes de naturaleza natural, material o inmaterial que por sus características excepcionales son un legado para toda la humanidad y gozan de una protección especial desde que se integran en la “Lista de bienes Patrimonio de la Humanidad”.

En 1992 se incorporaron a la lista los bienes denominados “Paisaje Cultural”, por representar la interacción del hombre con su entorno mediante una relación excepcional. Tal y como ocurre en el “Paisaje Cultural de la Serra de Tramuntana” (Mallorca), una muestra de la acción del hombre en la agricultura y uso del agua, que tienen un origen musulmán y cristiano y es un legado que se mantiene en el siglo XXI. El “Paisaje de la Luz” en Madrid es Paisaje Cultural Patrimonio de la Humanidad, en este caso es un paisaje urbano, por ser la expresión de la acción humana sobre su entorno, una actuación urbana orientada por la cultura desde la Ilustración hasta nuestros días.

b. La protección de los Bienes de Interés Cultural (BIC) por el Estado y las Comunidades Autónomas

La declaración legal individualizada de los bienes del patrimonio histórico es la figura jurídica de los Bienes de Interés Cultural (BIC), que la ley 16/1985 otorga el mayor grado de protección legal para dichos bienes que se inscriben en el registro general de la Administración del Estado. Los bienes que no tienen la declaración de BIC tienen una protección legal genérica.

Los bienes inmuebles inscritos como Bienes de Interés Cultural en 2022 (Ministerio de Cultura y Deporte, 2023) son 17.819, de los que el 78,5% son monumentos; el 13%, zonas arqueológicas; el 5,5%, conjuntos históricos; el 2,5%, sitios históricos; y por último, el 0,5%, jardines históricos.

Las Comunidades Autónomas, en el marco de sus competencias sobre el patrimonio histórico, pueden otorgar la declaración de BIC a determinados bienes. Estos se inscriben en el catálogo del patrimonio histórico que cada Comunidad ha creado y se puede comprobar en cada municipio los bienes culturales que posee, así como su categoría, es decir, si tienen otorgada la protección BIC de la Comunidad Autónoma o se trata de bienes de relevancia local que forman parte del catálogo general del patrimonio histórico de la Comunidad Autónoma.

Los Bienes de Interés Cultural inscritos por las Comunidades Autónomas son los siguientes: Andalucía ocupa el primer lugar con 3.633 (20,3%) de los BIC; en segundo lugar, las Islas Baleares con 3.080 (17,2%); en tercer lugar, Cataluña con 2.476 (13,9%); en cuarto lugar, Castilla y León con 1.413 (7,9%); y en quinto lugar, La Comunidad Valenciana con 1.364 (7,6%).

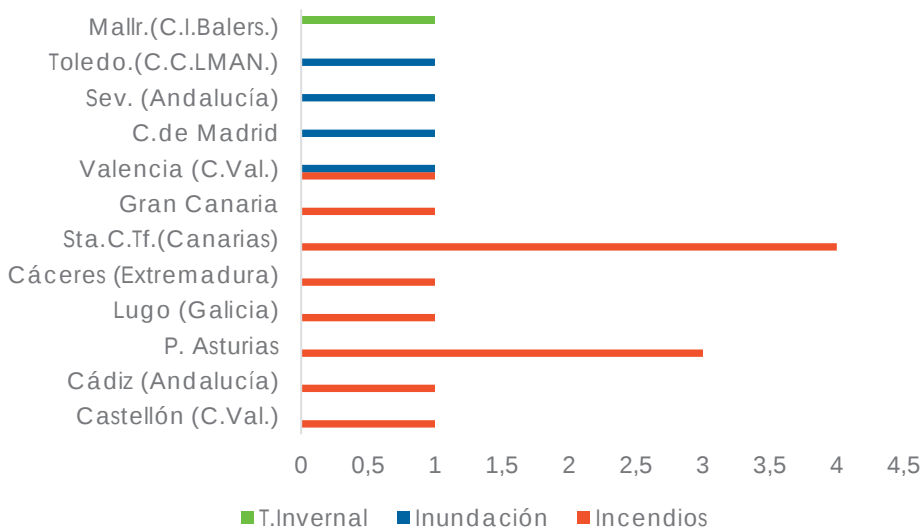
Andalucía es también la segunda Comunidad Autónoma con el mayor número de jardines históricos, el 21,2%, después de la Comunidad de Madrid, que posee el 24,1% de los jardines históricos, y que como se analiza posteriormente, se han visto afectados por las catástrofes naturales de 2023.

v) Evaluación de los daños en el patrimonio histórico de las Comunidades Autónomas afectadas por desastres naturales con intervención de la Unidad Militar de Emergencias

Como ya se ha mencionado, las intervenciones realizadas por la UME en catástrofes naturales en 2023 han sido trece por incendios, una por tormenta invernal, cuatro por inundaciones y el resto, por otras causas, así como intervenciones internacionales.

Las CCAA en las que se han realizado estas intervenciones han sido Andalucía, Asturias, Canarias, Castilla-La Mancha, Extremadura, Madrid, Valencia, Galicia e Islas Baleares (Ver gráfico 1).

Número de Intervenciones de la UME y tipo de fenómeno catastrófico en CC.AA. afectadas. Año 2023



Fuente: Fundación AON en base a UME (Unidad Militar de Emergencias) 2024

a. Canarias: municipios afectados por los incendios, con intervención de la UME, y análisis del patrimonio cultural expuesto

El incendio en el municipio de Arafo (Santa Cruz de Tenerife) del 16 al 22 de agosto de 2023 arrasó 14.750 Ha, penetrando en el Parque Nacional del Teide y calcinando 1.235 Ha. Este Parque Nacional fue declarado Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO en 2007 y es uno de los más antiguos de España (1954). El incendio no afectó a los BIC, zonas arqueológicas y otros monumentos del interior del Parque.

El incendio en Puntagorda (Santa Cruz de Tenerife) del 15 al 22 de julio de 2023 afectó al Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, declarado Parque Nacional de España en 1954. Los valores culturales que se encuentran en su interior son BIC, ya que son yacimientos arqueológicos “petroglifos” en el término municipal de El Paso (Santa Cruz de Tenerife), así como bienes del patrimonio etnográfico y cerámica, que no se vieron afectados (Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 2024).

¿Cuántos BIC albergan los Parques Nacionales de España? Algunos BIC, como los yacimientos arqueológicos, se encuentran en el interior de los Parques Nacionales y otros se encuentran en los municipios que forman el área socioeconómica del Parque Nacional. Sin embargo, no existe un inventario completo de dichos BIC. Mediante información solicitada “ad hoc” al Organismo Autónomo de Parques Nacionales, se confirma que los datos sobre los valores culturales de los Parques Nacionales no están completos. La información es facilitada por las CCAA que gestionan los Parques en su territorio y no se ha realizado inventariado completo de todos los BIC que se encuentran en los Parques.

Ante el riesgo que las catástrofes naturales suponen para el patrimonio histórico y la elevada vulnerabilidad de los Parques Nacionales ante los incendios, es aconsejable que se realice un inventario completo de los BIC en el interior y en los municipios del Parque Nacional, y que esta información se comparta con el catálogo del patrimonio histórico que poseen todas las Comunidades Autónomas. Con esta información, y ante una catástrofe, se conocerán qué bienes culturales pueden verse afectados extremando su protección y conservación.

Canarias. Incendios en municipios. Análisis del patrimonio cultural afectado mediante los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos BIC
Arafo, 1 (Santa Cruz de Tenerife)	Parque Nacional del Teide -Patrimonio Humanidad de la UNESCO (2007) -Patrimonio cultural y natural	Sin daños -BIC (zonas arqueológicas) -BIC (Monumentos en los municipios del Parque Nacional)
Arafo, 2 y 3 Candelaria (Santa Cruz de Tenerife)	Monumentos	Sin daños -4 BIC del Inventario general de Bienes culturales
Puntagorda y El Paso (Isla de La Palma, Santa Cruz de Tenerife)	Parque Nacional de la Caldera de Taburiente	Sin daños -BIC (zonas arqueológicas) -Patrimonio etnográfico (pastoreo), cerámica y arqueología

Fuente: Fundación Aon en base a la; Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2024). <https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/red-parques-nacionales/parques-nacionales.html>.
UNESCO. <https://whc.unesco.org/es/list/1258>
Datos.gob.es (2024) Bienes de Interés Cultural de Tenerife - Conjunto de datos - datos.gob.es
Ayuntamiento de Candelaria (2024). Bienes de Interés Cultural (B.I.C) – Candelaria

b. Otros municipios afectados por los incendios con intervención de la UME y análisis del patrimonio cultural expuesto

Las intervenciones de la UME por incendios muestran las actuaciones realizadas en la Comunidad Valenciana, Gran Canaria, Asturias, Extremadura, Andalucía y Galicia. Realizando una comprobación de los bienes culturales de los municipios afectados, mediante los inventarios del patrimonio histórico de

las Comunidades Autónomas, se ha comprobado que los incendios no afectaron al patrimonio histórico registrado en dichos inventarios.

Otras CC.AA. afectadas por incendios con intervención UME. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos (BIC)
Villanueva de Viver (Castellón) Comunidad Valenciana	Bienes de relevancia local. Daños parciales	Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano
Tejada Gran Canaria	Sin daños Patrimonio etnográfico	Inventario Patrimonio Histórico Cabildo de Gran Canaria
Tineo, Siero, Las Regueras Principado de Asturias	Sin daños	Listado de Bienes de Interés Cultural (2024) en los municipios de Siero, Tineo, La Reguera
Pinofranqueado Comarca de Las Hurdes (Cáceres, Extremadura)	Antigua Almazara o Molino de Aceite Sin daños	Inventario del Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura
Sierra del Retín Barbate (Cádiz, Andalucía)	Dolmen de la Sierra de Retín Los Derramaderos Sin daños	Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz
Baleira, Aldea de Murias Aldea de Cortevela (Lugo, Galicia)	Patrimonio etnográfico y edificio singular Sin daños	Inventario general del Patrimonio Cultural de la Xunta de Galicia

Fuente: Fundación Aon en base a intervenciones UME (2024); Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano (2024). Recuperado <https://cultura.gva.es/es/web/patrimonio-cultural-y-museos/brl>
 Inventario Patrimonio Cultural Xunta de Galicia, (2024). Recuperado https://www.turismo.gal/localizador-de-recursos/-/sit/que-visitar/patrimonio-cultural/baleira?langId=es_ES
 Inventario Patrimonio Histórico. Cabildo de Gran Canaria, (2024). Recuperado <http://www.grancanariapatrimonio.com/busca-el-patrimonio>
 Catálogo general del Patrimonio Histórico Andaluz, (2024). Recuperado <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/16606/cadiz/barbate/los-derramaderos-ii>

c. Baleares. La Sierra de Tramontana: análisis del patrimonio cultural afectado por la tormenta invernal, con intervención de la UME

La tormenta invernal denominada “Juliette” afectó los días 26 y 28 de febrero de 2023 a Mallorca y a los municipios de la Sierra de Tramontana en las Islas Baleares. El “Paisaje cultural de la Serra de Tramuntana” es Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO desde 2011, que reconoce el valor cultural de una agricultura milenaria que se ha mantenido con escasos recursos de agua, pero con una forma singular de gestión del agua que tiene origen feudal, señalando en su reconocimiento, el tener unos cultivos en terraza con unos mecanismos de distribución de agua que incluyen molinos (UNESCO, 2011).

La tormenta afectó a los municipios de la Sierra de Tramontana donde se encuentran propiedades agrarias que albergan un gran patrimonio etnográfico, entre otros, molinos, fuentes, hornos, así como elementos patrimoniales, como inmuebles con declaración de Bienes de Interés Cultural. Entre los BIC dañados se encuentran los siguientes.

Islas Baleares. Sierra de Tramontana. Municipios afectados. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos (BIC)
Conjunto de municipios de la Sierra Tramontana	Paisaje cultural de la Sierra de Tramontana -Patrimonio etnográfico (molinos, construcciones tradicionales)	Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO Año de inscripción: 2011
Buñola (Sierra Tramontana)	BIC. Monumento Casas de Raixa (Finca Pública de Raixa). Daños edificio y jardines	Comunidad Autónoma de Baleares BOE Decreto135/1993 16 de diciembre

Fuente: Fundación Aon en base a Consorcio Serra Tramuntana (2024). www.serratramontana.com

d. Castilla-La Mancha. Análisis del patrimonio cultural afectado por las inundaciones, con intervención de la UME

Castilla-La Mancha se vio afectada por una DANA en septiembre de 2023, que ocasionó importantes inundaciones que requirieron la intervención de la UME en la provincia de Toledo. Como consecuencia de estas inundaciones, los yacimientos arqueológicos son muy vulnerables. La villa romana de Carranque, que tiene más de 1700 años de antigüedad, no sufrió desperfectos, pero después de la riada fue necesario realizar labores de limpieza y acondicionamiento del recinto para la apertura al público. Este yacimiento tiene una declaración de BIC en el Catálogo del Gobierno de Castilla-La Mancha.

También sufrieron el impacto de las inundaciones en los inmuebles dos museos de la red de museos y archivos del Estado, pero sin ocasionar daños en las colecciones.

Castilla-La Mancha. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos (BIC)
Carranque (Toledo)	Parque Arqueológico de Carranque (Villa Romana de Santa María de Abajo) Labores de limpieza por la inundación	-BIC (Zona arqueológica) BOE 21/12/1989
Toledo	Museos Museo del Greco Museo Sefardí Daños en las instalaciones. Sin daños en las colecciones	Museo y Archivos Estatales (Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico) Ministerio de Cultura y Deportes

Fuente: Fundación Aon en base al Catálogo del Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha (2024)
<https://cultura.castillalamancha.es/patrimonio/catalogo-patrimonio-cultural>

vi) Diagnóstico de la situación del patrimonio histórico en las Comunidades Autónomas afectadas por las tempestades ciclónicas atípicas (TCA) acaecidas en España en octubre y noviembre de 2023. Informe del Consorcio de Compensación de Seguros

Las tempestades “Bernard” y “Aline”, que se sucedieron durante los días 17 y 22 de octubre, afectaron a una amplia extensión de la península. Los daños causados, según el informe del CCS (2024), perjudicaron a un gran número de municipios de diferentes CCAA. El análisis que se expone a continuación se refiere a los daños que estas tormentas han ocasionado en el patrimonio histórico de los municipios afectados y en los que no fue requerida la intervención de la UME, pero en los que sí se han visto dañados bienes culturales del patrimonio histórico de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Este estudio se centra en Andalucía (en los municipios Sevilla, Marchena, Écija, Córdoba, y Granada) y en Castilla y León (Ciudad Rodrigo), donde se han visto afectados bienes del patrimonio histórico por fuertes tempestades de los meses de octubre y noviembre de 2023.

a. Andalucía. Municipios afectados y análisis del patrimonio cultural dañado

Andalucía es la Comunidad que mayor número de bienes inscritos como Bienes de Interés Cultural posee en España, con el 20,3% del total (Ministerio de Cultura, 2023). La importancia cuantitativa de este patrimonio histórico hace que, ante las catástrofes naturales que se producen anualmente, los municipios que albergan estos bienes son muy vulnerables a sufrir daños importantes en el legado histórico.

Como se ha señalado anteriormente, las tempestades que tuvieron lugar en los meses de octubre y noviembre ocasionaron inundaciones y fuertes vientos, que han causado importantes daños en el patrimonio histórico de Andalucía. En el municipio de Sevilla, se han visto afectados por los fuertes vientos de la tormenta “Bernard”, tres Bienes de Interés Cultural.

Un caso particular del efecto del cambio climático en la vulnerabilidad del patrimonio histórico son los jardines históricos que integran el patrimonio histórico en España (Ley 16/1985) y que también están protegidos en la Carta de Florencia de (ICCOMOS,1981), por su trazado, sus especies y masas vegetales, por sus elementos decorativos, el agua en las fuentes, un conjunto que los convierte en auténticos “museos al aire libre”, contruidos según la cultura de la época. Estos jardines históricos se están viendo afectados por las temperaturas extremas, las olas de calor, la sequía o la pluviometría extrema, que afecta a una vegetación histórica. El impacto de “Bernard” afectó en Sevilla al Parque de María Luisa y al Huerto del Retiro de los Reales Alcázares.

Aunque en el conjunto del patrimonio histórico de España, los jardines históricos inscritos como BIC son 85 y representan el 0,5% del total, en Andalucía representan el 21,2% del total. Es la segunda Comunidad Autónoma, después de la de Madrid, con mayor porcentaje de jardines históricos.

Las medidas adoptadas para la restauración de los daños causados en estos BIC por esta catástrofe natural se detallan más adelante en otro apartado. La tormenta causó daños menores en la Torre Almohade de los Reales Alcázares, que ya ha sido reparada.

Andalucía. Provincia de Sevilla. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos BIC
Sevilla	Jardín Histórico	-BIC
	-Parque de María Luisa	BOE 12/07/1983
	Jardín Histórico	-BIC
	- Reales Alcázares. Huerto del Retiro del Alcázar	BOE 16/05/2002
	Monumento	-BIC
	- Reales Alcázares	GACETA 04/06/1931
	Torre Almohade: daños leves	Patrimonio Humanidad Unesco Conjunto Histórico

Fuente: Fundación Aon en base a Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (2024)
<https://guiadigital.iaph.es/>

Además de los daños causados en el municipio de Sevilla, otros municipios de Andalucía han tenido daños en su patrimonio histórico, como se expone a continuación.

Andalucía. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bien cultural afectado	Catálogo de Bienes protegidos (BIC)
Córdoba	Triunfo de San Rafael del Jardín del Santo Cristo Destrucción total	Catálogo general Junta de Andalucía. Monumento BO Junta de Andalucía N°97 de 20 de mayo de 2010
Marchena (Provincia de Sevilla)	(BIC), Arco del Castillo de la Mota. Palacio Ducal. BIC. Murallas del Castillo de la Mota. Palacio Ducal, Daños en la muralla	-(BIC) del Patrimonio Histórico Español BOE 29/06/1985
Granada	-(BIC), Jardín Histórico. Jardines del Generalife La Alhambra y Generalife	-(BIC) BOE 27/07/1943 Conjunto Monumental Patrimonio Humanidad UNESCO Año inscripción: 1984
Écija (Sevilla)	Yacimiento Arqueológico Plaza de Armas del Alcázar	Catálogo general Patrimonio Histórico Andalucía

Fuente: Fundación Aon en base a Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (2024)
<https://guiadigital.iaph.es/>

El municipio de Marchena (Sevilla) se vio muy afectado por la tormenta de octubre de 2023, causando daños en el patrimonio histórico. Este municipio posee varios BIC como el Recinto Amurallado (Muralla Urbana, Torreones y Puertas), el Palacio Ducal (Castillo de la Mota) (Antigua Alcazaba) y el Centro Histórico de Marchena. Un tramo de la muralla se vio afectado con un derrumbe puntual en una superficie de 10m² y también la logia del Palacio Ducal por la caída de un árbol, aunque sin daños en el BIC (Ayuntamiento de Marchena, 2024).

Los Jardines Históricos de la Alhambra (Granada) también se vieron afectados por la tormenta “Bernard” que, ante la caída de árboles, tuvieron que permanecer cerrados al público para la limpieza y restauración.

En Córdoba, la tormenta ocasionó la caída de un árbol sobre la escultura del Triunfo de San Rafael, en el Jardín del Santo Cristo, un bien catalogado del patrimonio histórico andaluz que quedó totalmente destrozado y que se encuentra en proceso de restauración. Los bienes culturales disponen de la cobertura del seguro de Bienes Histórico-Artísticos (Ayuntamiento de Córdoba, 2024).

En el municipio de Écija (Sevilla), la tormenta causó daños en el yacimiento arqueológico de la Plaza de Armas, que ya han sido reparados.

b. Castilla y León. Municipio afectado y análisis del patrimonio cultural dañado

La muralla de Ciudad Rodrigo tiene una extensión de 2.200m y es un Bien de Interés Cultural declarado en 1944, siendo responsable de su conservación y restauración el Ministerio de Cultura del Gobierno de España. En 2023 se produjo un derrumbe de la muralla en la Plaza de Herrasti, que fue achacado a las lluvias registradas, aunque con anterioridad a este derrumbe, el Ayuntamiento había solicitado al Ministerio de Cultura, encargado de la conservación y restauración de este BIC, un plan para acometer la restauración integral de la muralla de la ciudad, ya que presentaba muchos puntos vulnerables. El Ministerio de Cultura ha ampliado la cantidad inicialmente asignada para realizar la restauración de la muralla, como se expondrá en otro apartado posteriormente.

Castilla-León. Análisis de los Registros (BIC)

Municipio	Bienes culturales afectados	Catálogo de Bienes protegidos (BIC)
Ciudad Rodrigo (Salamanca)	(BIC) Conjunto Histórico Artístico Muralla de la ciudad	Decreto de 29 de marzo de 1944 (BOE de 9 de abril de 1944) -Ministerio de Cultura Gobierno de España

Fuente: Fundación Aon en base a Informe Consorcio Compensación Seguros (2024); Ministerio de Cultura (2024)

vii) La resiliencia financiera de las Administraciones Públicas responsables de la conservación y restauración del patrimonio histórico dañado por los desastres naturales

Ante las catástrofes naturales, la resiliencia nos recuerda la importancia de la capacidad para resistir, de adaptación y de respuesta para hacer frente a las consecuencias del daño causado y recuperar la situación inicial. En este contexto, la resiliencia financiera es el indicador que muestra la capacidad para hacer frente a las obligaciones financieras que surgen ante los daños causados por catástrofes naturales, como son los que afectan al patrimonio histórico.

En la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico se señala que la Administración del Estado y las Comunidades Autónomas son los organismos competentes que tienen a su cargo la protección del patrimonio histórico, señalando también que los Ayuntamientos cooperarán con los organismos competentes en la conservación y custodia del patrimonio histórico que se encuentra en su término municipal.

A continuación, se exponen las medidas adoptadas por la Administración del Estado, las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos, para la conservación y restauración del patrimonio histórico afectado por las catástrofes naturales de 2023.

- Subvenciones para la restauración del patrimonio cultural dañado en las Islas Baleares

El Consorcio de la Sierra de Tramontana, integrado por 13 municipios y adscrito al Consell Insular de Mallorca, ha establecido la solicitud de subvenciones para la reparación de los daños en las propiedades agrarias tradicionales, con el objetivo de conservar el paisaje cultural dañado por la tormenta invernal “Juliette”. Se han visto afectados los elementos del patrimonio etnográfico que configuran el paisaje cultural, con sus molinos y formas de conducción del agua, propias de este Patrimonio de la Humanidad y en la que también se han visto afectados Bienes de Interés Cultural. Para restaurar el patrimonio dañado, el Consejo Insular de Mallorca ha aportado subvenciones por importe de 4 millones de €, cantidad que se suma al importe habilitado para la reparación de los casi un millón de árboles dañados por la tormenta invernal.

**Actuaciones subvencionadas para la restauración del Patrimonio Cultural de la Serra de Tramuntana.
Islas Baleares**

Municipio	Comunidad Autónoma	Actuaciones subvencionadas	Cuantía de la subvención
Conjunto de municipios de la Sierra de Tramontana (13 municipios)	Consejo Insular de Mallorca Consorcio Serra Tramuntana, Patrimonio de la Humanidad	Boletín Oficial Islas Baleares (BOIB) Nº170 (16/12/2023) Para actuaciones patrimoniales en inmuebles declarados BIC y para actuaciones agrícolas, etnográficas, y arquitectónicas	1.500.000€
Conjunto de municipios de la Sierra de Tramontana (13 municipios)	Consejo Insular de Mallorca Departamento de Promoción Económica y los Ayuntamientos	Boletín Oficial Islas Baleares (BOIB) Nº156 (16/12/2023) Actuaciones de carácter etnológico (molinos, abrevaderos, hornos de cal)	2.500.000€
TOTAL			4.000.000€

Fuente: Fundación Aon en base información “ad hoc” del Consorcio Serra de Tramuntana (2024)

- Subvenciones para la restauración del patrimonio cultural dañado en Andalucía

Las subvenciones para la restauración de los daños en los BIC de Andalucía procederán de diferentes administraciones públicas, según es su competencia administrativa sobre el bien cultural dañado. En Sevilla, con los recursos financieros del Ayuntamiento, se han acometido las labores de restauración del jardín histórico, ya que no poseen seguro de bienes histórico-artísticos. Los bienes culturales que son gestionados por organismos autónomos diferentes al Ayuntamiento se encargan con su propio presupuesto del mantenimiento y conservación, como ocurre con los Reales Alcázares de Sevilla, la Alhambra y el Generalife de Granada. El municipio de Marchena (Sevilla) dispone para la restauración de

la subvención del Ministerio de Transportes y Agenda Urbana y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España para el Plan de rehabilitación de la muralla. En Córdoba los daños en el patrimonio disponen del seguro de bienes histórico-artísticos.

Actuaciones subvencionadas para la restauración del patrimonio cultural de Andalucía

Municipio	Comunidad Autónoma	Actuaciones subvencionadas	Cuantía de la subvención
Sevilla	Reparación de daños en (BIC), Jardín Histórico Parque de María Luisa	Mantenimiento con recursos propios del Ayuntamiento de Sevilla	Sin seguro. Cuantía de la restauración sin especificar
Sevilla	Reparación de daños en (BIC), Jardín Histórico Reales Alcázares	Mantenimiento con recursos propios del presupuesto anual del Patronato de los Reales Alcázares. Presupuesto (2023) del Patronato de los Reales Alcázares: 12.090.720 €	Cuantía de la restauración, sin especificar
Marchena (Sevilla)	Restauración de daños por el temporal en (BIC) Muralla de Marchena	Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y “Programa de mejora de la competitividad y de dinamización del Patrimonio Histórico con uso turístico” en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.	269.112,20 € IVA incluido (10%) del importe total del Plan rehabilitación Muralla 2.691.122,00 € IVA incluido
Granada	Reparación de daños en (BIC), Jardín Histórico del Generalife. Alhambra	Mantenimiento con recursos propios del presupuesto anual del Patronato de la Alhambra. Presupuesto (2023) Patronato de la Alhambra 39.000.000 €	Cuantía de la restauración, sin especificar
Córdoba	Restauración destrucción de la escultura el Triunfo de San Rafael	Seguro de Bienes Histórico - Artísticos del Ayuntamiento de Córdoba	Contrato seguro 31.725,24 € IVA incluido

Fuente: Fundación Aon en base información “ad hoc” de Ayuntamientos de Sevilla, Marchena, Córdoba (2024); Patronato de la Alhambra y Generalife (2024); Patronato de los Reales Alcázares de Sevilla (2024)

- Subvenciones para la restauración del Patrimonio cultural dañado en Castilla-La Mancha

El Gobierno de Castilla-La Mancha comunicó por medio de su web oficial que el yacimiento arqueológico de Carranque (Toledo) había permanecido cerrado tres días como consecuencia de las inundaciones. Se tuvieron que realizar labores de limpieza para poder reabrir al público este yacimiento arqueológico. No se hace constar el coste económico destinado a las labores de conservación motivada por la riada. Respecto a los daños en el Museo del Greco y el Museo Sefardí de Toledo, corresponde al Ministerio de Cultura y Deportes la reparación de los daños, en este caso de las instalaciones, como consecuencia de

las inundaciones, aunque las colecciones no se vieron afectadas. Estos museos permanecieron cerrados hasta realizar la evaluación de los daños en los inmuebles.

- Subvenciones para restauración Patrimonio cultural dañado en Castilla y León

El Ministerio de Cultura y Deportes ha aprobado en 2024 la realización de las obras de emergencia ante el derrumbe de la Muralla de Ciudad Rodrigo (Salamanca) en la Plaza de Herrasti, como consecuencia de las lluvias de 2023, con una inversión de 417.735,63 €. Esta cantidad se suma a la concedida inicialmente para la restauración de la totalidad de la Muralla que son 649.530,91 €.

viii) Conclusiones

El estudio del impacto de los desastres naturales en el patrimonio histórico pone de manifiesto que los daños ocasionados son cuantiosos y superan los ocasionados en 2022, no solo por la cantidad y por la categoría de los bienes culturales dañados, sino por la cuantía de las subvenciones que ha sido necesario otorgar para su restauración y conservación.

De la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en España, que reconoce el valor universal de determinados bienes culturales por ser un legado de toda la humanidad, han sufrido daños cuatro categorías de los siguientes bienes:

- El Paisaje Cultural de la Serra de Tramuntana (Mallorca), por la tormenta invernal que afectó a los 13 municipios que integran el denominado “Paisaje Cultural”.
- El conjunto monumental de los Reales Alcázares de Sevilla, declarado Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, junto con la Catedral y el Archivo de Indias, sufrió daños en el jardín histórico como consecuencia de la DANA de octubre.
- En los Reales Alcázares de Sevilla, la Torre Almohade de dicho monumento tuvo daños menores, como consecuencia de la DANA de octubre.
- El Generalife de la Alhambra, Patrimonio de la Humanidad, sufrió daños en el jardín histórico como consecuencia de la DANA de octubre, que afectó intensamente a Andalucía.

Con la protección que establece la ley 16/1985 del Patrimonio Histórico y la categoría de Bienes de Interés Cultural del Estado, han sido dañados los siguientes monumentos y museos:

- En el municipio de Marchena (Sevilla), la muralla del Castillo de la Mota sufrió un derrumbe en una parte de la muralla como consecuencia de la DANA de octubre. Este monumento tiene ya aprobado el plan de rehabilitación para todo el conjunto histórico.
- Como consecuencia de las lluvias, la muralla de Ciudad Rodrigo sufrió un derrumbe en una parte. Este conjunto histórico tiene aprobado por el Ministerio de Cultura un plan integral de restauración.
- En Castilla-La Mancha, las inundaciones ocasionadas por la DANA de octubre afectaron a los inmuebles del Museo de El Greco y el Sefardí, pertenecientes a Museos y Archivos del Estado dependientes del Ministerio de Cultura. No se vieron dañadas sus colecciones.

En el marco de las competencias que sobre el patrimonio histórico tienen las Comunidades Autónomas, la categoría de Bienes de Interés Cultural de sus catálogos del patrimonio, han sufrido daños:

- El jardín histórico del Parque de María Luisa (Sevilla), con categoría BIC en el Catálogo del Patrimonio Histórico Andaluz, sufrió daños importantes por la DANA de octubre.
- En Écija (Sevilla), las fuertes lluvias de la DANA de octubre afectaron a un yacimiento arqueológico de este municipio. Las acciones de conservación se han centrado en la limpieza del yacimiento tras la riada.
- En Córdoba, la escultura del siglo XVIII del Triunfo de San Rafael de la Plaza del Alpargate, incluida en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, quedó completamente destruida tras la caída de un árbol como consecuencia de la DANA de octubre.
- La DANA ocasionó graves inundaciones en Castilla-La Mancha, afectando al yacimiento arqueológico de Carranque (Toledo), con categoría BIC. Se realizaron labores de limpieza para su conservación y apertura al público.

Los incendios de Canarias afectaron al Parque Nacional del Teide, Bien Natural del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. También un incendio afectó al Parque Nacional de la Caldera de Taburiente en la Isla de La Palma (Tenerife). En el interior de los Parques Nacionales se encuentran muchos bienes del patrimonio histórico, sin embargo, no existe un inventario completo de los Bienes de Interés Cultural en los Parques Nacionales que están gestionados por un organismo autónomo del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Con el objetivo de poder analizar en esta investigación los bienes culturales que podrían verse afectados por los incendios, se ha solicitado información “ad hoc” al organismo de Parques Nacionales sobre la relación de bienes del patrimonio histórico en el interior de dichos Parques. Es importante que esta información esté disponible y sea conocida cuando acontecen las intervenciones de la UME y de Protección Civil, y que a su vez formaran parte del catálogo del patrimonio histórico de las CCAA.

Los incendios en los que hubo otras intervenciones de la UME afectaron a la Comunidad Valenciana, Canarias, Extremadura, Asturias, Andalucía, Galicia y no causaron daños en el patrimonio histórico, aunque tuvieron consecuencias en el patrimonio natural de estas Comunidades.

La cuantía destinada a la restauración del patrimonio histórico dañado por las catástrofes de 2023 es un indicador relevante del impacto que estos fenómenos tienen en el patrimonio histórico. Esta cantidad está en torno a los 5 millones €, ya que incluye 4.686.847,83 € de subvenciones adjudicadas, y hay que añadir las cantidades no especificadas, como son el coste de la restauración asumido por el presupuesto de los Ayuntamientos afectados, la restauración con el presupuesto de los organismos autónomos que gestionan los monumentos dañados, la reparación de los daños en los museos del Estado con el presupuesto del Ministerio de Cultura, así como la conservación realizada en bienes afectados de Castilla-La Mancha. Dicha cuantía es muy superior a las subvenciones destinadas en 2022 por estos fenómenos naturales, que ascendieron a 1.320.760 € (Fundación Aon España, 2023).

Por la importancia que el patrimonio histórico tiene en las ciudades y territorios en los que se encuentra, por el atractivo que el patrimonio cultural tiene para el turismo y por ser un legado intergeneracional que aporta sostenibilidad social a una comunidad, esta investigación reflexiona sobre la consideración del patrimonio histórico como una infraestructura crítica, como ya es considerado en otros países de cultura anglosajona.

Conclusiones y recomendaciones

Esta tercera edición del Barómetro de Catástrofes prosigue con el fin de cuantificar el impacto de los desastres naturales en España. El año 2023 ha traído desastres naturales con afectación tanto a las ciudades como a los campos. En primer lugar, la DANA de Toledo y Madrid y la inundación de Zaragoza dejaron pérdidas de casi 250 millones de euros. En segundo lugar, la sequía en herbáceos y el pedrisco estival fueron los dos eventos más catastróficos para el sector primario, causando más de 620 millones de indemnizaciones a agricultores. En total, los costes asegurados derivados de estos desastres ascendieron a 2.449 millones de euros, marcando un máximo histórico en la serie (desde 2016).

El segundo capítulo está dedicado a la cuantificación del impacto económico de las catástrofes naturales sobre el PIB y el empleo. Los eventos catastróficos acontecidos durante el año 2023 provocaron una contracción del PIB de cerca de 1.900 millones de euros, según las estimaciones mediante la metodología Input-Output. En términos de empleo, los desastres naturales provocaron la pérdida de 38.600 puestos de trabajo equivalentes a jornada completa. Estas cifras suponen un incremento sustancial respecto a las cifras de 2022 (1.200 millones de impacto y 25.000 puestos de trabajo perdidos) y reflejan la severidad de las catástrofes en 2023.

El tercer capítulo del Barómetro se centra en este año en el impacto de los desastres naturales en los precios de la cesta de la compra. Mediante datos de Agroseguro y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se ha observado que los desastres naturales afectan a los rendimientos medios y producciones agrícolas de una manera clara. No obstante, las caídas en la producción observadas en 2023 parecen no trasladarse completamente al precio final de compra para el consumidor. Una posible hipótesis de una falta de relación más directa entre el impacto de los desastres sobre la cesta de la compra es el papel atenuante del comercio exterior: los flujos comerciales compensan las variaciones de la producción nacional de alimentos. Adicionalmente, las cestas de alimentos afectados de hogares con bajos ingresos o con niños en el hogar parecen haberse encarecido más que la media.

El cuarto capítulo está enfocado en el análisis de las pérdidas humanas ligadas a las catástrofes naturales. Según los registros oficiales, en el año 2023 estos eventos se cobraron un total de 37 fallecidos. Esta cifra está de nuevo por debajo de la media desde el año 2000 (49 fallecidos anuales). Las altas temperaturas han sido la primera causa de mortalidad vinculada con los desastres naturales, tanto para hombres como para mujeres.

El quinto capítulo analiza el impacto de las catástrofes naturales en las infraestructuras críticas de España en 2023, subrayando la relevancia de estos sistemas para mantener funciones esenciales en la sociedad. El enfoque metodológico adoptado es innovador, ya que recopila información a partir de medios de comunicación utilizando Inteligencia Artificial generativa. Los resultados destacan que los eventos meteorológicos más perjudiciales para las infraestructuras críticas son las borrascas, lluvias intensas, tempestades y temporales, que afectan principalmente al sector del transporte. Por otro lado, las infraestructuras de comunicación resultaron ser las menos afectadas, mientras que la producción eléctrica mostró una alta resistencia. En cuanto a la distribución geográfica de los impactos, se observa que las provincias costeras del norte y este de España son las más propensas a sufrir daños graves debido a su mayor exposición.

El sexto capítulo ofrece una comparativa de índices de vulnerabilidad 2021-2023 en España. Se observa una disminución en la vulnerabilidad frente a fenómenos relacionados con el frío extremo, como los temporales de nieve, y las lluvias torrenciales, con una mejora general en la capacidad de adaptación y respuesta. Sin embargo, la vulnerabilidad frente a las olas de calor presenta una imagen más compleja. Aunque se ha registrado una ligera mejora en 2023 en comparación con 2022, el nivel de vulnerabilidad sigue siendo alto en muchas regiones, especialmente en el sur y el centro del país, datos confirmados por el análisis del índice de Temperatura Aparente en España durante el verano.

El séptimo capítulo, inédito en esta edición, presenta las aplicaciones de Inteligencia Artificial del área de aprendizaje automático que existen actualmente para prevenir y responder a los eventos catastróficos. En total se han identificado 18 herramientas y sistemas para la mitigación, preparación y respuesta ante desastres naturales.

El último capítulo se centra en el impacto de las catástrofes naturales sobre el patrimonio histórico y cultural español. La investigación examina la categoría del bien cultural dañado, por su relevancia internacional, y según lo establecido en la legislación española, así como los recursos económicos destinados a su restauración y conservación. La metodología de la investigación se desarrolla a partir de la información facilitada por Unidad Militar de Emergencias, el Consorcio de Compensación de Seguros y los diversos órganos locales y regionales de gestión del patrimonio. Así, en 2023 se ha producido un incremento en el número de bienes dañados, tanto de titularidad estatal como autonómica. Los daños causados en el patrimonio histórico han necesitado un importante incremento de las subvenciones destinadas a su conservación y restauración, con una cuantía muy superior a la destinada en 2022.

La variedad de temas analizados, metodologías empleadas y enfoques aportados hacen de este Barómetro un documento de gran valor a la hora de identificar puntos de mejora en la prevención de los desastres naturales en España. Con este fin, el equipo investigador y los miembros del Comité Científico del Barómetro de Catástrofes de la Fundación Aon España, que han asesorado y guiado la elaboración de este documento, presentan una serie de reflexiones y recomendaciones para mejorar la resiliencia de la sociedad española frente a los desastres naturales:

- Contribución del aseguramiento: un incremento de un punto porcentual en la tasa de aseguramiento promedio de la economía traería asociado una reducción del impacto económico de las catástrofes naturales de entre un 2,6% y 2,8%.
- Aunque la situación de España es mejor que en otros países de Europa y del mundo, gracias a la existencia de instituciones referentes como el Consorcio de Compensación de Seguros y Agroseguro, todavía hay mucho trabajo que hacer para reducir la brecha de protección. En primer lugar, es clave explorar nuevas fórmulas de colaboración público-privada que promuevan la prevención y la adaptación a los riesgos, contribuyan a reducir el coste de la transferencia de riesgos e incentiven la oferta y la demanda de seguros. Otras recomendaciones para estrechar la brecha son:
 - Aumentar la conciencia sobre los riesgos: desarrollar herramientas accesibles y ofrecer más información específica para cada localidad. Nosotros lo hacemos a través del Barómetro.
 - Aprovechar las oportunidades de los datos para mejorar las evaluaciones de los riesgos.

- Asesorar e incentivar a los asegurados para que implementen medidas de adaptación y autoprotección.
 - Compartir la responsabilidad e involucrar a todas las partes para construir entre todos resiliencia.
 - Implementar sistemas de alerta temprana en emergencias, que reduzcan el impacto potencial de las catástrofes y faciliten que se apliquen las medidas adecuadas.
-
- Mejora de la disponibilidad de datos. La disponibilidad, granularidad y frecuencia de los datos influyen sobre la capacidad para cuantificar los impactos de los desastres naturales. En este contexto, resulta necesario mejorar la recogida de información relativa a los trabajos de reparación y reconstrucción asumidos por las entidades titulares de las infraestructuras críticas; o los costes asumidos por las familias y empresas como consecuencia de esos eventos (pérdida de horas de trabajo y escolarización, imposibilidad de acceso a servicios, tiempos de espera, etc.).
 - Creciente exposición como consecuencia del cambio climático. España es uno de los países con mayor riesgo de desertificación, por lo que urge desarrollar planes para luchar contra los efectos del cambio climático en nuestro país.
 - Labor de los *first responders*. La cantidad de agentes implicados en la resolución de catástrofes naturales es muy diversa, por lo que este Barómetro también sirve como homenaje a la dura labor que realizan Protección Civil, la UME, Tragsa o Cruz Roja Española.
 - El campo español presenta una elevada vulnerabilidad ante desastres naturales como la sequía. Los cultivos de regadío aguantan mejor los periodos de sequía que sufre nuestro país, por lo que es natural que cada vez más agricultores recurran a irrigar sus cultivos. Estos sistemas suponen, no obstante, una presión adicional sobre los escasos recursos hídricos. Avanzar en la mejora de los sistemas de riego, más inteligentes y eficientes, es avanzar hacia una mayor resiliencia climática y seguridad alimentaria.
 - Hemos identificado los siguientes retos y limitaciones que se deben abordar en los próximos años en relación con las aplicaciones de IA en la gestión de desastres: 1) Aumentar la disponibilidad, la seguridad y la fiabilidad de los datos usados para desarrollar y entrenar los modelos. 2) Aumentar la explicabilidad y el razonamiento de los resultados obtenidos a través de estos modelos para que sean más usados por los gestores de desastres. 3) Desarrollar modelos multi-riesgo para abordar situaciones complejas e interconectadas que dificultan su gestión. 4) Asegurar la ausencia de discriminación y garantizar la privacidad de los datos usados para construir dichos modelos. 5) Suscitar la ciberseguridad de las aplicaciones de Inteligencia Artificial para garantizar su protección.

Fundación
AON
España

***“Siempre con las personas
frente al riesgo”***

*Este documento se ha elaborado con la colaboración de
Analistas Financieros Internacionales*

www.fundacionaon.es

Calle de Velázquez, 86D, 28006 Madrid

ISBN 978-84-09-66635-5

Depósito Legal: M-24945-2024

© Fundación Aon España. Todos los derechos reservados