

# ambienta

nº 130 | diciembre 2021



**Fenómenos extremos**  
**La adaptación a los cambios del clima**

nº 130 | diciembre 2021

# ambienta

- 04** Entrevista: **Valvanera Ulargui**. Directora general de la Oficina Española de Cambio Climático
- 16** Efectos del cambio climático en España. Por **Rubén del Campo**, **Beatriz Hervella** y **M. Yolanda Luna**
- 26** Olas de frío y de calor: impacto en la salud. Por **Julio Díaz**, **José Antonio López- Bueno**
- 34** La nueva gestión del incendio forestal ante al cambio climático. Por **José Manuel Moreno**
- 46** Ciclones tropicales en las cercanías de España. Por **Juan Jesús González Alemán**
- 54** Sequías, inundaciones y DANAs. Por **Jorge Olcina Cantos**
- 62** Adaptación urbana a eventos climáticos extremos. Por **Marta Olazabal**
- 68** La adaptación al cambio climático en zonas en declive demográfico. Por **José Ramón Picatoste** y **Francisco Heras**
- 76** Modelización y predicción. Por **Ernesto Rodríguez Camino** y **Alfonso Hernanz Lázaro**
- 84** Catástrofes aseguradas. Por **Francisco Espejo Gil**
- 92** Fenómenos extremos y sistema eléctrico. Por **Fátima Rojas**
- 96** Creciente concienciación ciudadana frente al cambio climático. Por **Álvaro Rodríguez de Sanabria**
- 104** Iniciativas. LIFE Shara
- 108** En pantalla: El cine miró a la Tierra sin maquillaje. Por **María Guerra**
- 110** Noticias



**Edita:**  
Subsecretaría  
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

**Portada:** Aries Grupo de Comunicación

**Consejo Asesor:**  
Presidente: Miguel González Suela. Subsecretario MITERD

**Vocales:**  
Araceli Acosta. Directora de Comunicación MITERD  
Francesc Boya. Secretario General para el Reto Demográfico. MITERD

Miriam Bueno. Consejera Técnica. S. E. de Energía. MITERD  
Antonio Gómez Sal. Catedrático de Ecología. Universidad de Alcalá  
Raquel González Pico. Asesora Gabinete S.E. Medio Ambiente  
Lourdes Lázaro. Coordinadora Desarrollo Corporativo UICN  
Cristina Linares. Científica titular. Instituto de Salud Carlos III  
Antonio Lucio. Presidente WWF España  
Carlos Mataix. Director itd.UPM  
Pepa Mosquera. Codirectora revista Energías Renovables  
José Manuel Naredo. Doctor en Ciencias Económicas  
Marta Nieto. Vocal Asesora Gabinete del Subsecretario. MITERD  
Charo Barroso. Ambienta



ISSN: 2605-4787  
NIPO: 665-20-029-3

Esta publicación no se hace responsable de las opiniones y contenidos de los artículos firmados que son responsabilidad única y exclusiva de sus autores



## Valvanera Ulargui

Directora general de la Oficina Española de Cambio Climático

**“Los riesgos del cambio climático son reales y presentes, deben identificarse hoy para no comprometer oportunidades futuras”**

El Plan Nacional de Adaptación 2021-2030 plantea fortalecer los ecosistemas y las redes de infraestructuras para hacerlos más resilientes frente al impacto del calentamiento global: para evitar interrupciones en los servicios y garantizar la capacidad operativa durante y tras los fenómenos climáticos extremos, minimizando sus costes económicos, ambientales y sociales, explica la directora de la oficina de Cambio Climático, quien regresa de Escocia con la convicción de que la COP26 supone “otro hito en un nuevo modelo de crecimiento limpio, seguro y solidario, que ya nadie cuestiona”. Existe consenso en el mundo desarrollado sobre la certeza de que la adaptación a la emergencia climática requiere más atención política global y más recursos económicos y, especialmente, el convencimiento que los más países más vulnerables necesitan apoyo para poder hacer frente a las catástrofes naturales, nos traslada su impresión Valvanera Ulargui, quien afirma rotundamente que

“España fue a Glasgow a facilitar un resultado positivo, a escuchar, a tender puentes, y a impregnar la máxima ambición en las decisiones adoptadas”.

—Antes de acudir a Glasgow mostraba sus esperanzas de que se produjeran compromisos claros y firmes. ¿Hemos avanzado o se han quedado descafeinados?

—Quiero romper una lanza a favor de los resultados de Glasgow, que son los resultados un proceso multilateral en el que es necesario acordar por consenso las decisiones y en el cual ningún país de los 196 que son parte del Acuerdo de París puede votar en contra. Esta gobernanza multilateral para responder a los retos globales, como la emergencia climática, tiene un gran valor añadido y entraña una gran dificultad ya en condiciones normales. Pero la COP26 de Glasgow se ha producido, además, en un momento especialmente complicado, marcado por los efectos de la pandemia, que siguen haciendo estragos en todo el mundo, el acceso desigual a las vacunas y, por tanto, la gran desigualdad a la hora de salir de la crisis pandémica por parte de los países; y todo ello en paralelo a un aumento de los impactos del cambio climático en todo el mundo que no hacen sino poner negro sobre blanco que la emergencia climática continúa acelerándose.

En este escenario, Glasgow ha sabido poner una piedra más en el camino para avanzar en un nuevo modelo de crecimiento limpio, seguro y solidario, que ya nadie cuestiona, y que se tiene que acelerar en esta década si queremos mantener los umbrales de seguridad y evitar los peores impactos del cambio climático. Valoro positivamente que hay un claro cambio de trayectoria de la economía y de la sociedad mundial; y también una clara innovación en el proceso multilateral que mira más allá de los Gobiernos y abre la puerta e integra las aportaciones de todos los sectores y de todos los actores públicos y privados.

**Glasgow ha sido un avance más en un nuevo modelo de crecimiento limpio, seguro y solidario**

Tras las cumbres siempre hay una sensación de que se podía haber avanzado más y en esta ocasión también pasa porque todos queremos ver cómo la curva de las emisiones globales desciende y se minimizan los devastadores impactos. No obstante, Glasgow se traduce en progreso en la buena dirección hacia un mundo en la senda del 1,5°C, un mundo más justo, sin carbón y sin combustibles fósiles.



Preconferencia a la COP26

—*Quedan materias y temas pendientes... ¿Hay planes y pactos para cerrar desacuerdos?*

De la COP surge una nueva llamada a la acción urgente. Cada año de esta década es decisivo: esta llamada conjuga varios elementos, incluidos los compromisos para reducción de emisiones de muchos países —los más ambiciosos: la UE, Estados Unidos, Reino Unido y Noruega—, anuncios conjuntos de gobiernos y empresas en ámbitos sectoriales muy concretos, por ejemplo, en cuanto al fin del carbón y de los subsidios a combustibles fósiles, la deforestación, la transición energética, la movilidad limpia o el metano. Y, además, un texto negociado que, si bien reconoce que hay todavía brechas —en mitigación, en adaptación y también en financiación— no se queda ahí, sino que establece planes para cerrarlas y el compromiso de todos los países de poner de su parte para hacerlo con urgencia. Por último, hemos cerrado los temas pendientes del Acuerdo de París, especialmente importante el marco de transparencia, para el reporte y seguimiento de los compromisos que nos hará a todos trazables y más creíbles y nos permitirá aprender y reconducir políticas y medidas climáticas.

Esto supone un avance muy importante porque no solo se reconoce que es necesario hacer más, sino que claramente apunta a una solución urgente y trazable que responda a la ciencia, algo que hace unos años era impensable. Es un avance muy importante que va a guiar y provocar las acciones de los países y actores no gubernamentales en los próximos meses.

—*Sin embargo, los países en desarrollo denuncian que el resultado refleja una COP celebrada en el mundo rico con prioridades del mundo rico y que se ha fallado a los más afectados por la crisis climática...*

—Se ha reconocido claramente que la adaptación requiere más atención y recursos y que los más vulnerables necesitan apoyo para poder hacer frente a las catástrofes naturales. Además, la discusión sobre financiación ha visto un cambio exponencial en el debate que ha habido hasta ahora y se empieza a hablar de las maneras de movilizar los trillions [millones de millones 10<sup>12</sup>] que son necesarios para hacer frente al cambio climático. El papel de los bancos multilaterales cobra protagonismo y se llama de manera especial a incluir la vulnerabilidad climática como indicador claro para la movilización de recursos concesionales y además se materializa haciendo una mención especial a los Derechos Especiales de Giro. Los acuerdos a los que se han llegado son de gran calado.

—*Los impactos climáticos son cada vez más fuertes, así como las pérdidas y los daños asociados. ¿Es urgente centrar la agenda de la COP27 en esas cuestiones?*

—Efectivamente, los impactos del cambio climático son cada vez más evidentes en todo el mundo. Se están produciendo cada vez más catástrofes naturales y eventos extremos vinculados al cambio en el clima que están afectando de manera muy importante a los países, con fuertes impactos en sus economías y en sus ciudadanos. Esto es, además, especial-

mente problemático en los países más vulnerables como las islas y países con pocos recursos, que sufren pérdidas económicas y humanas cada vez que hay una catástrofe.

Esta realidad, y la necesidad de una respuesta multilateral al problema, se ha hecho evidente en Glasgow. Los países en desarrollo han pedido soluciones concretas, más recursos y una estructura institucional adecuada. Y se han dado pasos en la buena dirección que tendrán continuidad en las próximas COPs..

—*¿Hay medidas en marcha y fórmulas de canalización de estas necesidades?*

Se ha lanzado un programa de trabajo técnico para ayudar, evaluar y medir más acción en adaptación, el programa de trabajo Glasgow-Sharm el-Sheikh (GlaSS), que va a permitir identificar metodologías, métricas e indicadores para poder evaluar hasta qué punto se está avanzando a la hora de mejorar las capacidades de adaptación de los países, dando así, una respuesta a una de las principales demandas de países en desarrollo como los africanos. Este programa es vital si no tenemos una parrilla de indicadores y de métricas como tenemos en mitigación es difícil diseñar y financiar proyectos adaptativos y generar resiliencia. En este contexto, también es importante subrayar el llamamiento realizado en Glasgow a los países en desarrollo para que se duplique la financiación para la adaptación en 2025 respecto a los niveles de 2019.

**El papel de los bancos multilaterales cobra protagonismo y se llama de manera especial a incluir la vulnerabilidad climática como indicador claro para la movilización de recursos concesionales**

Además, se ha visto un claro compromiso de los países desarrollados para aportar financiación para que los más vulnerables cuenten con las capacidades necesarias para responder ante las emergencias climáticas. Se ha reforzado la Red de Santiago, que se creó en la COP de Madrid con el objetivo de catalizar asistencia técnica a los países para hacer frente a las pérdidas y los daños debidos a los impactos del cambio climático a la que se dotará de recursos financieros para su funcionamiento técnico.

Además, se ha puesto en marcha un diálogo participado entre países, sociedad civil y distintos actores clave que ya operan sobre el terreno, como son las organizaciones humanitarias, para concretar cómo canalizar la ayuda, proporcionar la asistencia necesaria, en definitiva, dar una respuesta coordinada y real a este problema que cada vez es más recurrente. Estos son solo unos primeros pasos que se deberán consolidar a partir de ahora y sin lugar a dudas, la discusión en Egipto prestará mucha atención a estos temas.

—*¿Fue España a Glasgow con los deberes hechos?*

—España ha ido a Glasgow a facilitar un resultado positivo, a escuchar, a tender puentes, y a impregnar la máxima ambición en las decisiones adoptadas. Llegamos a Glasgow con una estrategia de Gobierno clara a favor de la transición ecológica como pieza clave y transversal en la política del Gobierno y aterrizada en un marco regulatorio en vigor que busca dar las señales adecuadas para organizar la acción de gobiernos, administraciones públicas y sector privado en aras a alcanzar de manera coherente y coordinada el objetivo de neutralidad climática antes del 2050 y los objetivos de reducción de emisiones en el año 2030. Un marco cuya pieza fundamental, la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, ya recogía gran parte de los compromisos que se alcanzaron en Glasgow, la conservación y restauración de nuestros ecosistemas, la promoción de las renovables y de la eficiencia energética, la desinversión en combustibles fósiles y el abandono del carbón. En España, hemos reducido la generación eléctrica de carbón en un 90 % en los últimos cuatro años y lo hemos hecho, además, con diálogo y cohesión social: porque somos conscientes de que la transición deberá ser justa o no será.

—¿Es la obligada Transición Ecológica una oportunidad de crecimiento social y económico?

—La ley, su planificación sectorial y los desarrollos reglamentarios que estamos aprobando buscan que nuestros ciudadanos perciban la transición ecológica no como una amenaza, sino como un gran motor de crecimiento económico incluso. De hecho, la transición energética promovida por esta ley permitirá movilizar más de 200 000 millones de euros de inversión a lo largo de esta década y el empleo neto aumentará entre 250 000 y 350 000 personas al final del periodo. También nos obliga a alinear nuestras inversiones —públicas y privadas— con el objetivo de la neutralidad climática. El primer paso ha sido destinar casi 30 000 millones de euros de nuestro Plan de Recuperación a la transición ecológica. Pero no solo en casa: también hemos querido reforzar nuestra acción exterior en este ámbito. España aportará 30 millones de euros al Fondo de Adaptación de Naciones Unidas y en el marco del cumplimiento del objetivo de los 100 000 millones de dólares nos comprometemos a aumentar la financiación climática para llegar a 2025 con un incremento de un 50 % respecto de nuestro compromiso actual. Nuestro objetivo es alcanzar los 1 350 millones de euros anuales a partir de 2025. Además, España va a destinar el 20 % de sus nuevos Derechos Especiales de Giro a países vulnerables: un mínimo de 350 millones al Fondo para la Reducción de la Pobreza del FMI y el resto al nuevo Fondo para la Resiliencia y la Sostenibilidad una vez se haya creado. Recursos que les permitirán invertir en las tecnologías que nos conducirán a un futuro más verde y sostenible.

—Ahora que parece que hay más consenso que nunca en cuanto al cambio climático, ¿el greenwashing podría convertirse en la nueva negociación del clima?

—Estamos viendo un gran número de anuncios y compromisos de países y de actores no gubernamentales que demuestran que hay un gran interés por aportar y sumar en cambio

**Muchas especies cultivadas ya no se encuentran en sus óptimos climáticos debido al aumento de temperatura atmosférica y el descenso en los recursos hídricos disponibles; esto se traduce en un descenso de los rendimientos y calidad de las cosechas**

climático. Cerca del 65 % del PIB mundial se ha comprometido a no superar el objetivo del 1,5°C. Un total de 50 países, además de la UE, se han comprometido a alcanzar el objetivo de cero emisiones netas cubriendo más de la mitad de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero, más de la mitad del PIB y un tercio de la población mundial.

Y en el contexto de iniciativas como la campaña *Race to Zero*, lanzada en el contexto de la Convención del Clima, casi 8 000 actores no estatales, incluidas 5 235 empresas, 67 regiones, 441 instituciones financieras, 1 039 instituciones educativas y 52 instituciones de salud se han comprometido a reducir a la mitad las emisiones para 2030. Estos son solo algunos ejemplos de lo que se está moviendo a nivel global, que son muy positivos y marcan el cambio de trayectoria de la economía. Sin embargo, sí que es cierto que hay cierta preocupación porque en muchos casos no se conocen los detalles de estos compromisos ni qué hay detrás de ellos.

—¿Y cómo podemos reconocer si esos compromisos son reales?

—En este sentido, el Acuerdo de París cuenta con una herramienta fundamental para garantizar que se proporciona una información comparable por parte de todos los países que permita entender bien qué hay detrás de los compromisos de los países que es su marco común de información y transparencia que, después de muchos años, se ha podido cerrar en Glasgow.

Además, hay distintas iniciativas en marcha para evitar el *greenwashing* de actores no gubernamentales, como puede ser la iniciativa *Science Based Targets* o la que acaba de anunciar el Secretario General de Naciones Unidas, que se ha comprometido a poner en marcha un expertos de alto nivel para desarrollar estándares claros para medir y analizar los compromisos de los actores no estatales. En este campo, Europa con su taxonomía va por delante estableciendo las métricas comunes de lo que es verde y lo que no lo es.

—Glasgow ha mantenido vivo el 1,5°C, pero no lo ha conseguido en esta Cumbre. ¿Cuanto más se retrase más costará alcanzarlo? ¿Cómo ve el vaso?, medio lleno con posibilidad de futura inundación, o medio vacío con riesgo de sequía.

—Glasgow es importante porque ha mantenido el objetivo de 1,5°C vivo y, aunque reconoce que hay una brecha entre la ambición de los compromisos y lo que pide la ciencia, pone en marcha los mecanismos necesarios para acelerar la ambición. Mantener vivo el 1,5°C requiere claridad de propósito y acción urgente a corto plazo para impulsar un cambio sistémico.

Y en mi opinión Glasgow apuntala esta máxima con varios elementos importantes. El primero es que, Glasgow actualiza la ambición que se acordó en París. No olvidemos que París hablaba de mantener el incremento de la temperatura por debajo de los 2°C y apuntaba a trabajar en el 1,5°C. Ahora en Glasgow el mensaje es inequívoco: tenemos que centrar los esfuerzos en el 1,5°C, que es lo que dice la ciencia. Y para ello pone una serie de pilares que son fundamentales, entre ellos que es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 45 % en 2030 (respecto a 2010) o que la neutralidad climática a mediados de siglo es la referencia en ambición a largo plazo. Para ello, acerca las agendas de los sectores público y privado, centrándose en las soluciones específicas necesarias para descarbonizar sectores clave y construir resiliencia. Pero, además, adelanta el ciclo de ambición que establece París para 2025 al año 2022, que será el nuevo hito en el que los países deben ver si sus compromisos están alineados con el 1,5°C o no.

**Somos capaces de reconocer las tendencias y podemos anticiparnos a los impactos potenciales: debemos reducir nuestra vulnerabilidad, incrementando nuestra capacidad adaptativa y reforzando nuestra resiliencia**

Como decía antes, en Glasgow se han movilizado desde iniciativas sectoriales muy concretas, a consensos a la hora de acelerar la ambición climática de manera urgente. Por ejemplo, en la Cumbre, se han realizado llamamientos sectoriales para fortalecer la ambición y la alineación público-privada para avanzar en tecnologías limpias en cinco sectores clave de la economía como son la energía, transporte por carretera, acero, hidrógeno y agricultura, responsables de más del 50 por ciento de las emisiones globales. Asimismo, 133 líde-

res mundiales responsables de alrededor del 90 % de los bosques del mundo, entre ellos España, se han comprometido a acabar y revertir deforestación para 2030 y más 33 instituciones financieras con 8 700 millones de dólares en activos bajo gestión se han comprometido a abordar la deforestación en la década de 2020.

—¿Por qué?

—Porque, efectivamente, cuanto más se retrase la ambición, más costará mantener el calentamiento global por debajo del objetivo 1,5°C. Sabemos que, hasta ahora, la temperatura media global ha aumentado en 1,1°C y que con los compromisos actuales podríamos llegar a un calentamiento de 2,7°C. No obstante, yo soy optimista y veo el vaso medio lleno. Es posible no superar el 1,5°C si aceleramos realmente la reducción de emisiones y logramos esas reducciones del 45 % en esta década. Para ello, el papel de las instituciones financieras va a ser crucial y el año que viene será el primer paso para ver hasta dónde se ha avanzado.

—Los fenómenos meteorológicos extremos son una de las consecuencias inmediatas del aumento de la temperatura... ¿Podemos achacarlos al cambio climático?

—El IPCC nos dice que estamos en alerta roja. Ya es indiscutible que las actividades humanas están causando un cambio climático, haciendo que los eventos extremos, como olas de calor, lluvias torrenciales y sequías, sean más frecuentes y severos.

El cambio climático antropogénico ya ha provocado el aumento de episodios extremos desde la década de 1950. Además, la influencia humana ha aumentado la posibilidad de que se produzcan eventos extremos combinados, en los que concurren, por ejemplo, sequías y olas de calor, al tiempo que se incrementa el riesgo de incendios al combinarse factores como temperaturas muy elevadas y humedad relativa del aire muy baja.

En cuanto a lo que esperamos para el futuro, las proyecciones apuntan a que experimentaremos eventos extremos sin precedentes por su magnitud, frecuencia, ubicación o fecha, cambios que se estiman más importantes con cada aumento adicional de calentamiento. Por ejemplo, un evento de altas temperaturas que antes ocurría una vez cada 10 años, en la actualidad es probable que ocurra 2,8 veces en el mismo periodo de tiempo. En el futuro, se estima que ese mismo evento ocurrirá 4,1 veces, si logramos que el calentamiento global no supere el objetivo de 1,5°C, pero llegaría a producirse 9,4 veces si el calentamiento alcanzase los 4°C. Por eso es tan





importante combinar las acciones de adaptación, que mejoran nuestra capacidad para hacer frente a los impactos del cambio climático presentes y futuros, con las medidas de mitigación que nos permitan evitar los niveles de calentamiento más peligrosos.

*—Hay efectos claros como el deshielo del Ártico pero, ¿en qué estamos notando los efectos del cambio climático en España?*

—En efecto, hay impactos derivados del cambio climático, como el deshielo en el Ártico, que hacen saltar nuestras alarmas porque son claros y muy visibles y —por supuesto— peligrosos; no olvidemos lo ligado que está este hecho a la subida del nivel del mar. Nos impresiona ver el desprendimiento de los bloques de hielo, la hambruna que sufren los osos polares y las amenazas para las comunidades cercanas debido al obligado desplazamiento de estos animales. La opinión pública es sensible a todos estos efectos y esta toma de conciencia es siempre muy positiva. No obstante, centrarnos sólo en estos ejemplos nos hace ver el problema como algo lejano. Estamos en un país que, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático. Por eso es importante conocer qué está pasando en nuestro entorno, qué estamos haciendo para afrontar el problema y cómo podemos protegernos mejor frente a estos efectos.

*—Es mejor ejemplificar para comprender...*

Un ejemplo claro y cercano es el impacto de las olas de calor, cada vez más frecuentes e intensas por efecto del cambio climático, que afectan a una de nuestras mayores

preocupaciones: la salud de la gente. Ya sabemos que por encima de un determinado umbral térmico se produce un aumento significativo de la mortalidad, muy especialmente por el agravamiento de enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Pero también debemos saber que se han hecho grandes progresos. Gracias a los planes de prevención puestos en marcha —como El Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud— activo desde el año 2004; al cambio de hábitos y a las mejoras en las infraestructuras, las muertes asociadas a las olas de calor han descendido en España de forma muy sustancial en poco más de una década —hasta situarse en torno a los 1 300 fallecimientos al año—. Hay que seguir trabajando con este objetivo: que las olas de calor tengan menos efectos en la salud.

*—Hablamos de salud... ¿y qué hay de la economía?*

—Otro ejemplo visible y cercano son los impactos del cambio climático en la agricultura, que es uno de los sectores más expuestos por su gran dependencia de las variables climáticas. Este sector es fundamental para nuestra economía. Supone una fuente de ingresos para miles de personas en nuestro país además de ser esencial para el desarrollo de las zonas rurales, sostener distintos medios de vida y proporcionar alimentos y materiales para la sociedad. Muchas especies cultivadas ya no se encuentran en sus óptimos climáticos debido al aumento de temperatura atmosférica y el descenso en los recursos hídricos disponibles. Esto se traduce en un descenso de los rendimientos y calidad de las cosechas. Además, debido a la prolongación de las temperaturas estivales, se está produciendo un adelanto de la floración y la cosecha debe adelantarse.

Y un tercer ejemplo en el que me voy a detener es en los efectos que el cambio climático produce sobre los ecosistemas. Es algo que nos toca muy de cerca. Los ecosistemas nos proporcionan servicios de un valor incalculable, como agua y aire de calidad, materias primas, polinizadores —indispensables en agricultura— y servicios intangibles como patrimonio paisajístico y cultural. En el caso de los ecosistemas es crucial la velocidad a la que se produce el cambio. Si bien podemos decir que en general la naturaleza —especies y ecosistemas— tiene cierta plasticidad y capacidad de adaptación, la velocidad a la que se está produciendo el cambio supera ampliamente estas capacidades. Ya se observan importantes desacoplamientos entre especies codependientes, migraciones tempranas o tardías hacia o desde lugares en los que ya no encuentran sus condiciones óptimas; una mayor expansión de especies invasoras propias de climas cálidos, que encuentran condiciones favorables para su desarrollo en España.

*—Estamos hablando de un fenómeno que afecta de manera global, ¿España tiene peores cartas?*

—Nuestro país se encuentra en un área geográfica considerada por los científicos del IPCC como un punto caliente en relación con el cambio climático. Ya he destacado que en España se están incrementando la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor; pero además eso ocurre al tiempo que el volumen global de precipitaciones se reduce moderadamente. AEMET calcula que, en la España peninsular, han aumentado en 3 000 km<sup>2</sup> los territorios con clima semiárido entre los periodos 1960-1990 y 1980-2010. Las proyecciones climáticas señalan que en las próximas décadas se mantendrán estas tendencias.

Estos cambios en el clima se traducen en impactos reales en la economía española. En nuestro caso, son especialmente sensibles sectores como la agricultura o el turismo, muy dependientes del clima, pero también hay que destacar la vulnerabilidad de los espacios urbanos costeros, afectados por la combinación del ascenso del nivel del mar y el incremento de eventos extremos. Sin embargo, me gustaría destacar que somos capaces de reconocer las tendencias y, por lo tanto, podemos anticiparnos a los impactos potenciales. Debemos reducir nuestra vulnerabilidad, incrementando nuestra capacidad adaptativa y reforzando nuestra resiliencia.

*—Dentro de nuestras fronteras hay territorios más vulnerables que otros pero, ¿alguno puede salir favorecido o el cambio climático no favorece a nadie?*

—A nivel global las diferencias entre territorios son enormes. No afecta de la misma manera el cambio climático a los pequeños estados insulares del Pacífico, muy amenazados por aumento del nivel del mar, que a las zonas polares, que están sufriendo un calentamiento mucho más rápido; o a la región mediterránea, donde la menor disponibilidad de agua va a ser un factor esencial. Pero también encontramos diferencias importantes dentro de nuestro propio país; por ejemplo, hay regiones del sur y del este peninsular más expuestas a las sequías y que sufren importantes procesos erosivos y, por tanto, se sitúan en grave peligro de desertificación.

Pero además de la exposición a los peligros climáticos, debemos tener en cuenta la vulnerabilidad diferencial de los territorios. Y es importante destacar que la vulnerabilidad no sólo depende de lo sensible que sea un territorio ante los cambios, sino también de su capacidad adaptativa. Si implementamos medidas que permitan mejorar la resiliencia y la capacidad de adaptación de estos sectores y

regiones sensibles, entonces, su vulnerabilidad se reduce. Es importante entender las diferencias regionales para diagnosticar mejor de forma local y ser más certeros en las medidas que tomamos para reducir el riesgo. Y sí que puede haber beneficios puntuales para algunas personas, alguna región o para alguna actividad, pero no debemos perder de vista que siempre hay impactos negativos y que habitualmente éstos sobrepasan ampliamente a los positivos. Buscar oportunidades dentro de una situación problemática es completamente legítimo, pero nuestro papel está en centrarnos en los problemas y tratar de darles solución hasta donde técnica y económicamente sea posible.

### **La Asamblea Ciudadana para el Clima es una nueva vía de participación ciudadana, una iniciativa pionera España para poner la voz del ciudadano en el debate sobre la emergencia climática**

*—¿Estamos preparados para reaccionar?, ¿tenemos infraestructuras resilientes o queda camino por recorrer?*

—Podríamos decir que ambas cosas son ciertas. Nos estamos preparando. Se ha avanzado en este sentido, pero hay que continuar. En esta década se tiene que producir un cambio sustancial. Tenemos que aprovechar las oportunidades que nos brinda el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, que ayuda a canalizar los fondos destinados por Europa a reparar los daños provocados por la crisis de la Covid-19. Estos fondos tienen que servir para construir de una manera diferente, de una manera resiliente, con especial énfasis en proyectos para preparar y proteger el territorio y los sectores económicos contra el cambio climático, lo que evita consecuencias y costes futuros. Una de sus 10 políticas clave es la resiliencia de infraestructuras y ecosistemas. Hablar de infraestructuras resilientes en general es difícil porque hay una gran diversidad: infraestructuras críticas en ciudades, infraestructuras de transporte terrestre, portuarias y aeroportuarias, energéticas, etc. Los eventos extremos, las inundaciones costeras... son algunas de las amenazas a las que se enfrentan.

Uno de los grandes retos que plantea el propio Plan Nacional de Adaptación 2021-2030 es reforzar de forma general estos sistemas y redes de infraestructuras para hacerlos

más resilientes frente a los impactos derivados del cambio climático: evitar interrupciones en los servicios, garantizar o mejorar la capacidad operativa durante y tras determinados fenómenos climáticos extremos, minimizando sus costes económicos, ambientales y sociales.

—¿En qué se está trabajando desde el ámbito público?

—España aprobó el año pasado el nuevo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, una nueva hoja de ruta orientada a evitar o reducir los impactos potenciales y aumentar nuestra resiliencia frente al cambio climático. El plan identifica 18 ámbitos de trabajo en los que se considera prioritario intervenir, incluyendo la salud humana, el agua, el patrimonio natural y la biodiversidad, la agricultura, el medio urbano, la movilidad y el transporte, la industria y los servicios, la energía o el turismo. Estamos haciendo un gran esfuerzo para transversalizar la adaptación al cambio climático en los diferentes ámbitos de la gestión pública y, de hecho, el nuevo Plan de Adaptación se va a desarrollar con el esfuerzo compartido de 18 ministerios y un buen número de agencias y organismos públicos. Los impactos potenciales del cambio climático afectan a todos y, en consecuencia, los esfuerzos para anticiparnos a sus consecuencias también deben ser de todos.

No se trata solo de una cuestión técnica, sino que incluye una dimensión social sobre la percepción de los riesgos a los que nos enfrentamos y cómo deseamos abordarlos. Por ejemplo, en algunos lugares, los técnicos han llegado a la conclusión de que mantener zonas inundables en las llanuras fluviales, en zonas poco sensibles, es una forma barata y eficaz de prevenir crecidas peligrosas aguas abajo. Pero, evidentemente, para que esta propuesta sea viable, no sólo se requiere una solvencia técnica, sino también una comprensión y consenso social.

### La adopción de medidas de adaptación tiene un importante potencial para el mantenimiento y la generación de empleo

—¿Qué importancia tienen los gestores locales en los planes de adaptación?

—La materialización de las políticas de adaptación no es posible sin la intervención de las administraciones que gestionan el territorio. Son los espacios y las co-

munidades concretas los destinatarios finales de estas políticas que, además, deben ajustarse en función de las características, necesidades y condiciones específicas de cada población. Las ciudades y pueblos y sus entornos van a experimentar —están experimentando ya en muchos casos— los impactos del cambio climático sobre múltiples ámbitos, servicios y sectores. Necesitan conocer a qué se enfrentan y prepararse para ello, y ahí es donde la planificación y gestión a nivel local pueden aportar muchas soluciones.

Nos parece fundamental apoyar a las entidades locales en este empeño. En 2015, la OECC promovió la realización de la ‘Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático’ con la intención de que fuese un recurso que ayudase a las administraciones locales a reflexionar en clave de impactos, vulnerabilidad y mejora de la resiliencia, y a planificar las medidas de respuesta necesarias. También mantenemos un convenio de colaboración con la Red de Ciudades por el Clima, una sección de la FEMP formada por los gobiernos locales que están integrando en sus políticas la mitigación y la adaptación al cambio climático. Esta red es un instrumento de apoyo técnico, a la vez que un interesante foro en el que intercambiar conocimientos y aprender de las experiencias de otros.

### Tenemos que aprovechar las oportunidades que nos brinda el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia para construir de manera diferente, sobre la base de infraestructuras y ecosistemas resilientes

En estos últimos años observamos muchos avances, aunque queda mucho por hacer. Diversas administraciones españolas han realizado ya sus propios análisis de impactos y vulnerabilidad, tanto en la escala local (Madrid, Murcia, Vitoria...) como provincial (Alicante), o incluso regional con desglose por municipios, como es el caso de Cataluña y Baleares. Asimismo, un número creciente de municipios cuenta con estrategias o planes de cambio climático, que contienen objetivos y acciones en materia de adaptación, y algunas ciudades, como Valencia y San Sebastián, han aprobado planes específicos sobre adaptación.

Algunos ejemplos de acciones con beneficios directos o indirectos en la adaptación local son el ‘Plan de Protección de la Huerta Valenciana’ o la medida orientada a la reducción del efecto sellado del terreno y aumento de las áreas permeables, contenida en el ‘Pla d’Acció per al Clima i l’Energia Sostenible’ del Ayuntamiento de Valencia; las acciones emprendidas en el marco del proyecto ‘San Sebastián se adapta’, como la ‘Mejora de la información a la ciudadanía para prevenir situaciones de emergencia por oleaje extremo y por inundaciones’ o el ‘Análisis del impacto del cambio climático en los servicios e infraestructuras críticas del municipio’.

—Hablemos de beneficios económicos o de empleo en la adaptación al cambio climático. ¿Es posible combinar equilibrio y beneficio económico con desarrollo sostenible?

—Yo diría que no sólo es posible, sino que es imprescindible hacer frente al cambio climático para minimizar las pérdidas económicas y de empleo que supone. Los riesgos deben identificarse y contabilizar hoy para informar la toma de decisiones y no comprometer oportunidades futuras. Es un reto, pero son riesgos presentes que afectan a todos, incluso al marco financiero global. Todas las estimaciones plantean que los costes de no actuar frente al cambio climático, lo que denominamos costes de la inacción, son mucho más elevados que los costes de la adaptación. Según estimaciones de la Agencia Europea de Medio Ambiente, los eventos extremos relacionados con la meteorología y el clima han causado en España unas pérdidas económicas directas superiores a los 37 000 millones de euros desde 1980. La Comisión Europea ha calculado que un calentamiento global de 3°C supondría una pérdida anual de bienestar en la Unión Europea de en torno al 1,4 % del PIB, y eso considerando sólo un conjunto limitado de impactos climáticos.

La adopción de medidas ambiciosas de adaptación tiene un importante potencial para el mantenimiento y la generación de empleo, a la vez que previene pérdidas económicas y promueve una economía más resiliente, especialmente en aquellos sectores económicos que se ven más afectados por el cambio climático. Según un informe de la Comisión Global de Adaptación, cada euro invertido en adaptación podría dar lugar a unos beneficios económicos netos de entre 2 y 10 euros. Este informe identifica como áreas con mayor potencial los sistemas de alerta temprana, la infraestructura resiliente al clima, la producción mejorada de cultivos agrícolas en tierras secas y las inversiones para hacer que los recursos hídricos sean más resistentes.



Valvanera junto a la ministra Teresa Ribera durante una de las reuniones de la COP25 celebrada en Madrid

—¿Está la sociedad concienciada de que estos fenómenos ya no son algo puntual?

—En los últimos años se han realizado diversos estudios de opinión que concluyen que la sociedad española es mayoritariamente consciente de que el cambio climático es real, es consecuencia de la actividad humana y es peligroso. Las demoscopías describen, además, una ciudadanía ampliamente favorable a la intervención de las Administraciones Públicas con políticas ambiciosas que ataquen las causas y limiten las consecuencias nocivas del cambio del clima. El punto de partida es, por tanto, bueno. No obstante, hay que seguir trabajando para que la gente conozca mejor las implicaciones del cambio del clima en su vida cotidiana, en su trabajo, en su salud y para que las instituciones públicas y privadas reconozcan no sólo las amenazas que les afectan, sino también las oportunidades que tienen para contribuir a la adaptación y la mitigación del cambio climático, por ejemplo, con el establecimiento de zonas de bajas emisiones o una apuesta por los productos de cercanía. En este sentido, nuestros aliados indispensables son los medios de comunicación, que están trasladando a la sociedad española, con gran responsabilidad, la información relativa al cambio climático.

—¿Qué medidas están en manos de los ciudadanos para afrontar el desafío del cambio climático?

—El cambio climático es un reto complejo por muchas razones, pero una de ellas es que para que las respuestas al mismo sean eficaces, deben ser masivas, coordinadas, provenir de múltiples sectores y ámbitos... y sostenerse desde muchos niveles de la organización social, desde el más personal y privado hasta el colectivo, de gobernanza global. Acabamos de vivir en la COP26 uno de esos momentos que ilustran cómo se va construyendo, más lentamente de lo que deseáramos, un acuerdo mundial hacia la descarbonización de nuestros sistemas socioeconómicos. No es fácil: los Gobiernos dan pasos adelante en la medida que sienten la comprensión y el refrendo de la ciudadanía. Así que ésta es una de las cosas que cada uno, cada una, puede hacer: informarse, comprender el reto que abordamos y apoyar las políticas que nos ayudan colectivamente a avanzar más rápidamente hacia el objetivo.

Por otro lado, como decía al principio, las respuestas globales para afrontar la crisis climática son finalmente el sumatorio de muchos cambios en el ámbito personal, familiar, comunitario, laboral, empresarial, político, nacional e internacional. Somos piezas de un enorme sistema de interrelaciones que debe transformarse de forma sistémi-

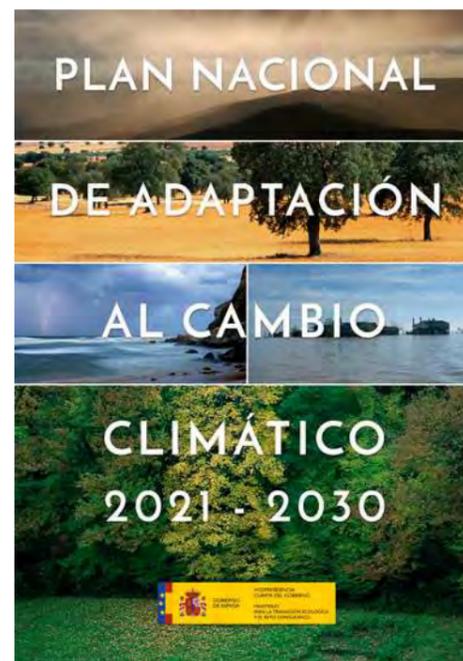
ca y radical. Cada cual, con diferente grado de responsabilidad o capacidad de incidencia, desde luego, pero todos formando parte de esa red.

—Pero, ¿qué podemos hacer en nuestro día a día?

—Son muchos los ámbitos de acción personal en los que nuestras decisiones pueden marcar la diferencia. Muchos de nuestros actos cotidianos u opciones vitales más esporádicas determinan —seamos conscientes o no— una contribución mayor o menor al agravamiento o a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, que están en la base del cambio climático. Optar por modos de desplazamiento activos o transporte colectivo; por una dieta mediterránea rica en legumbres, verduras y frutas y un consumo moderado de proteínas de origen animal; por productos de temporada y producción cercana; por fórmulas de turismo y ocio bajas en carbono, respetuosas con el medio natural y la cultura local; por sistemas de acondicionamiento de nuestro hogar que nos permitan ahorrar energía... En fin, somos los verdaderos agentes del cambio, por lo que ser conscientes, informarnos y tomar las mejores decisiones que estén a nuestro alcance para ser parte de la solución es una contribución decisiva como ciudadanos de a pie.

### Los medios de comunicación están trasladando a la sociedad española, con gran responsabilidad, la información relativa al cambio climático necesaria para concienciar a la sociedad

Y para ello es importante también que entre todos busquemos nuevas fórmulas para socializar, acercar a la ciudadanía y generar conocimiento en torno a las soluciones y propuestas para hacer frente a la emergencia climática. A modo de ejemplo, quería destacar cómo, en este contexto, se ha lanzado la Asamblea Ciudadana para el Clima, una nueva vía de participación ciudadana, una iniciativa pionera en nuestro país para poner la voz del ciudadano en el debate climático. Sin duda, una oportunidad para avanzar en estas cuestiones que destaca anteriormente, para debatir, generar consensos, percibir la transición como una oportunidad para todos. Y, sobre todo, para que desde todas las administraciones, desde todos los ángulos de la sociedad, escuchemos e integremos las propuestas de los ciudadanos para remar en la misma dirección.



—Asegura que España es uno de los países con más potencial verde del mundo... Pero es necesario combinarlo con grandes esfuerzos: ¿estamos dispuestos a ello?, ¿hay convencimiento o ganas de salir en la foto (greenwashing)?

—El potencial es claro y el esfuerzo también, pero ya nadie duda de que *el business as usual* ya no es una opción y hay que apostar por liderar la carrera verde. Hemos avanzado mucho. Ya hay claro convencimiento de que necesitamos planes para descarbonizar más allá de los gobiernos y debemos lograr avances a corto plazo en todos los sectores de la economía. Para ello necesitamos ir de la mano, sector público y privado.

En primer lugar, necesitamos que los gobiernos establezcan hojas de ruta e instrumentos claros de descarbonización para guiar a inversores, empresas, sociedad civil hacia una economía sin emisiones y resiliente al clima. Se trata de una cuestión de anticipación de riesgos, pero sobre todo de aprovechamiento de oportunidades, oportunidades de empleo, de crecimiento económico, de competitividad y consolidación de nuestras cadenas de valor, y mejora de calidad de vida de nuestros ciudadanos. Y esto es lo que se ha hecho en España con la hoja de ruta que nos hemos marcado, y en concreto con la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, una vía clara de descarbonización con hitos e instrumentos a medio plazo para guiar a los inversores, empresas, sociedad y a los promotores de proyectos en la transición hacia una economía climáticamente neutra, más segura y resiliente.

Para ello son muchos los campos que se impulsan con la Ley y que cambiarán nuestra forma de vida, como el fomento de la eficiencia en el uso de los recursos, señales claras al sector financiero, el impulso a las energías renovables y a la movilidad limpia, que nos va a permitir tener un aire saludable, ciudades más habitables. Todo ello no solo por su contribución a la descarbonización si no por su potencial para generar cadena de valor nacional, como es en el caso de las energías renovables. Hoy sabemos que se puede alcanzar el 90% de los componentes necesarios para una turbina eólica y el 60% de los componentes de un proyecto de energía fotovoltaica con componente local. La contribución conjunta y transversal de la Ley, a lo largo de las próximas décadas, será decisiva para alcanzar el objetivo de neutralidad climática y nos permitirá adaptarnos y aprovechar las oportunidades de la nueva revolución industrial asociada a la economía baja en carbono, que ya está en marcha.

—¿Los esfuerzos del sector público van de la mano de empresas privadas o hay más ganas de figurar que compromiso real?

—El sector privado debe amplificar su papel. La apuesta está siendo clara a favor de la ambición climática, no solo por responsabilidad sino por su enorme sentido económico: más de la mitad de los sectores que componen la economía mundial se han comprometido a reducir sus emisiones a la mitad en la próxima década y a alcanzar objetivos de reducción de emisiones a corto plazo. Ahora, estos compromisos deben materializarse en objetivos cualitativos y cuantitativos medibles y creíbles, y en hojas de ruta que puedan servir de base para las estrategias conjuntas de los sectores público y privado, para la transparencia y la rendición de cuentas, de modo que los ciudadanos y los consumidores puedan recompensar a los que apuestan en la dirección correcta, a los pioneros con sus elecciones.

Se está empezando a hacer, pero tiene que ser la nueva norma, porque es crucial para la credibilidad de todo lo que estamos haciendo, para asentar esta transformación sistémica, evitar el *greenwashing* y garantizar que podemos aplicar y supervisar realmente nuestros compromisos y planes. En definitiva, debemos ser capaces de medir si estamos remando en la misma dirección y debemos ser capaces que ese esfuerzo llegue y genere confianza a la ciudadanía. ✿

◆ Charo Barroso

Fotos © OECC



Oleaje provocado por fuertes vientos en la costa cántabra

# Efectos observados y previstos del cambio climático en España. Es momento de actuar

**Rubén del Campo, Beatriz Hervella**

Área de Información Meteorológica y Climatológica. Portavoces de AEMET

**M. Yolanda Luna**

Coordinadora del Centro de Formación de AEMET

Desde que nació, en 1977, Lucía ha pasado, en general, menos frío que sus padres y, por supuesto, que sus abuelos. En sus 44 años de vida, todos los meses, salvo uno, han tenido una temperatura superior al promedio del siglo XX a escala global. Conforme ha ido creciendo se ha acostumbrado a dejar de renovar el armario con el cambio de estación porque la ropa de invierno apenas ocupa sitio ya, o a utilizar paraguas porque cada vez llueve menos y cuando lo hace, arrecia: prefiere el chubasquero. Echa de menos el crujir del césped blanco, cubierto de helada, al salir de casa por las mañanas. Cuando nació su hija Zoe en julio de 2017, en plena ola de calor, no se imaginaba que tres años y medio después estrenaría su primer trineo en Madrid con Filomena. Su padre, que vive en Toledo, acaba de comentarle sorprendido por WhatsApp cómo su ciudad ha batido, el año pasado, todos los records: volumen de nieve, frío, calor y lluvia acumulada en 24 horas. Lucía no puede evitar pensar que lo

**Dos de cada cinco olas de calor acaecidas en España en los últimos 45 años han tenido lugar en la década pasada**

que ella ha vivido hasta ahora no le ha supuesto un reto excesivo, pero ¿y Zoe? ¿Está preparada para lidiar con esta nueva realidad? ¿Se están acelerando los fenómenos extremos o solo es una sensación suya?...

Quienes trabajamos en meteorología/climatología tenemos clara la respuesta. Trataremos de detallarla, sin aburrir ni abrumar, pues no queremos causar desidia, de la manera más objetiva posible.

Las consecuencias del cambio climático son ya visibles en España y lo ya observado sirve para dar respuesta a Lucía: en líneas generales, los fenómenos extremos ya están aumentando en frecuencia y severidad en España. Vamos a analizar punto por punto lo sucedido porque hay excepciones y porque estudiarlo, además, nos ofrece una oportunidad única de comprender, en toda su complejidad, qué nos espera en el futuro; lo observado supone una pequeña ventana al futuro y una guía para comprender emocionalmente en qué se traduce la fría racionalidad de los datos.

## ¿Cómo nos ha afectado ya el cambio climático?

Dentro de las consecuencias tangibles más estudiadas del cambio climático en la actualidad podemos describir el comportamiento de los extremos térmicos.

En 2020 la temperatura media en España se estima que habría aumentado 1,7°C desde la época preindustrial (entendida como tal la segunda mitad del siglo XIX) y la mayor parte de este aumento de la temperatura se ha producido en los últimos 60 años; desde entonces, cada década ha sido más cálida que la anterior. Y un país más cálido supone extremos térmicos inevitablemente más cálidos.

Los veranos son más cálidos actualmente en España. Ocho de los diez veranos con la temperatura media más alta se han registrado en el siglo XXI y, cuatro de ellos, en los últimos nueve años; se trata, además, de veranos más largos: según un estudio del climatólogo César Rodríguez Ballesteros<sup>(1)</sup>, la estación estival se está extendiendo claramente

hacia la primavera y, un poco menos, hacia el otoño. Se puede afirmar que un verano actual dura entre cinco y seis semanas más que un verano de los años 80.

Centrándonos en los episodios de calor extremo, entre 1975 y 2020 se registraron en España 63 olas de calor, de las que 24 ocurrieron en la década de 2011 a 2020. Es decir, dos de cada cinco olas de calor acaecidas en nuestro país en los últimos 45 años han tenido lugar en la década pasada. En ese decenio, el número de olas de calor fue el doble que el registrado en cada una de las décadas anteriores.

Atendiendo al número de días bajo situación de ola de calor en nuestro país, nos encontramos con que en la década comprendida entre 2011 y 2020 hubo un promedio de catorce jornadas cada verano, mientras que en cada una de las tres décadas anteriores la media fue de seis días por verano. Así pues, concluimos que las olas de calor en España se han duplicado en la última década con respecto a las anteriores.

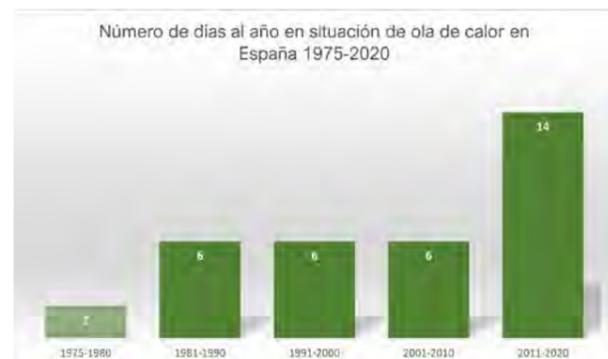


Figura 1: Elaboración propia con datos de AEMET<sup>(2)</sup>

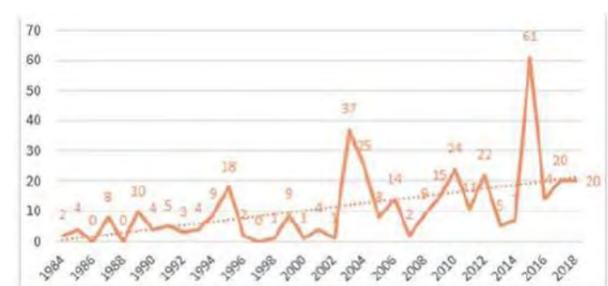


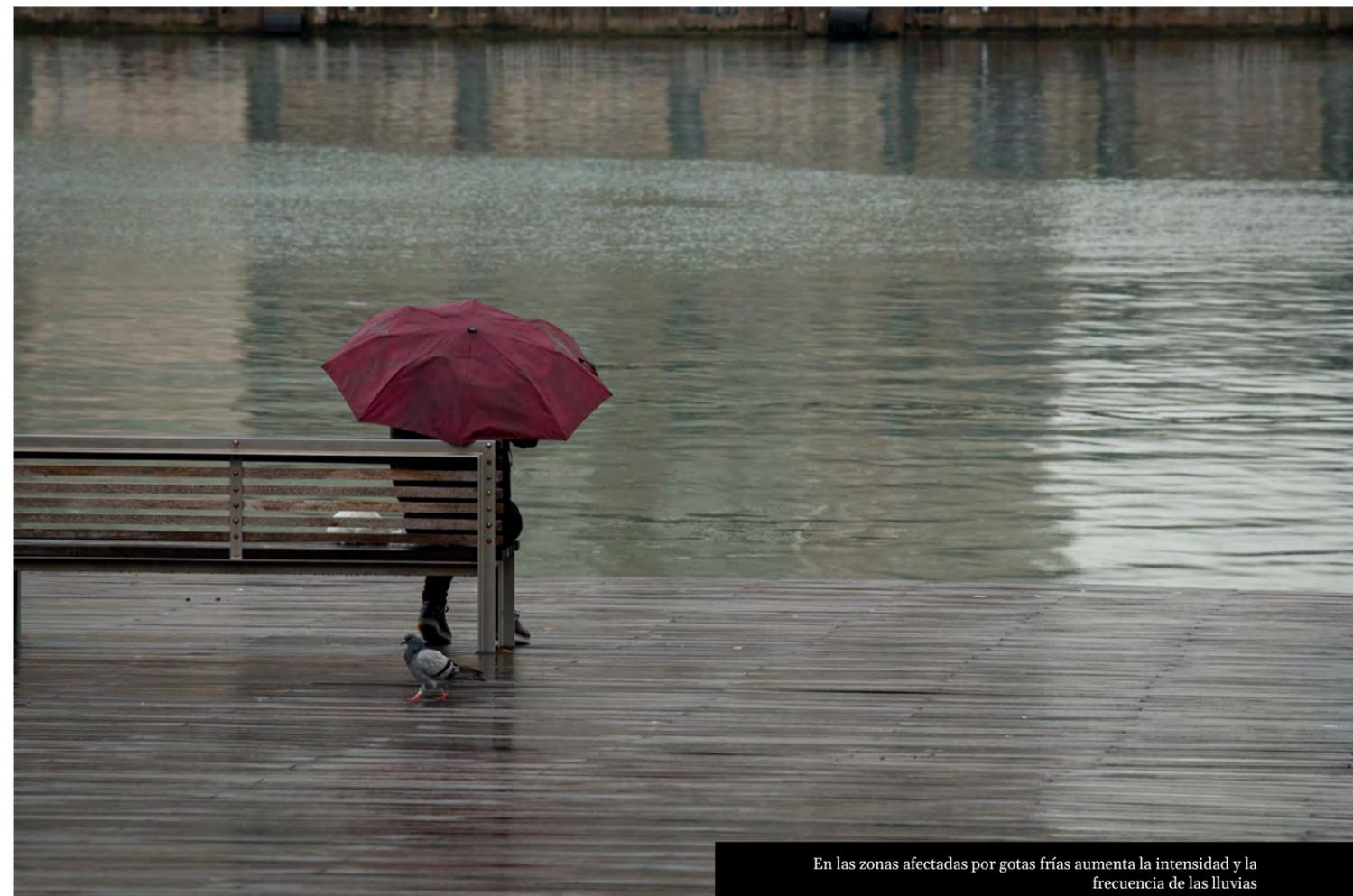
Figura 2: Evolución del número anual de noches tórridas para el conjunto de las 10 capitales españolas más pobladas desde el año 1984. Fuente: AEMET (3)

Dos de las tres olas de calor más intensas en España se han vivido en los dos últimos años (junio de 2019 y verano de 2021). Si nos referimos a su duración, la más prolongada tuvo lugar en julio de 2015, mientras que la que afectó a mayor extensión de territorio fue la de agosto de 2012. Hay que destacar, también, que hemos visto olas de calor cada vez más tempranas en fechas recientes.

No solo las temperaturas máximas son extremadamente altas cuando se producen olas de calor. Las temperaturas mínimas, es decir, los valores más bajos registrados en el transcurso de un día, también aumentan notablemente. En este sentido, hablamos de «noche tropical» cuando la temperatura mínima en un lugar determinado es igual o superior a 20°C. En Madrid, el número de noches tropicales de los últimos treinta años duplica al de los treinta años previos; Barcelona prácticamente lo triplica y Valencia lo cuadruplica. Hay que tener en cuenta que no solo el calentamiento global está detrás del aumento de las temperaturas en las grandes ciudades. También influye en zonas costeras el calentamiento del agua del mar y el propio crecimiento de las ciudades asociado a la expansión urbanística de mediados y finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI, que ha propiciado el fenómeno conocido como «isla de calor urbana». Si hablamos de «noches tórridas», en las que los termómetros se mantienen por encima de los 25°C durante toda la jornada, éstas se han multiplicado por 10 desde el año 1984 en las 10 capitales españolas más pobladas, lo que afecta a cerca de 9 000 000 de personas (aproximadamente una quinta parte de la población de nuestro país).

Que los termómetros alcancen valores cada vez más elevados no significa, ni mucho menos, que no tengamos que enfrentarnos a episodios muy adversos asociados a las bajas temperaturas, como olas de frío o nevadas intensas. Todos tenemos muy presentes en nuestra mente la borrasca Filomena. En promedio, España vivió cerca de ocho días cada invierno bajo situación de ola de frío entre 1975 y 2010. En la década de 2011 a 2020, esa cifra se redujo a la mitad: cuatro días al año. No han desaparecido los días extremadamente fríos en nuestro territorio, pero ciertamente la tendencia es decreciente.

En cuanto a la evolución observada para las precipitaciones, estudios recientes<sup>(4)</sup> señalan que para el conjunto del suroeste europeo no hay una tendencia clara desde finales del siglo XIX o comienzos del XX hasta nuestros días. Si por algo se caracteriza el clima de nuestro país, es por su gran variabilidad interanual en lo que a precipitaciones se refiere. Históricamente se han alternado períodos muy lluviosos (como, por ejemplo, las décadas de los años 50 y 60 del siglo XX) con otros más secos (años 40 del mismo



En las zonas afectadas por gotas frías aumenta la intensidad y la frecuencia de las lluvias

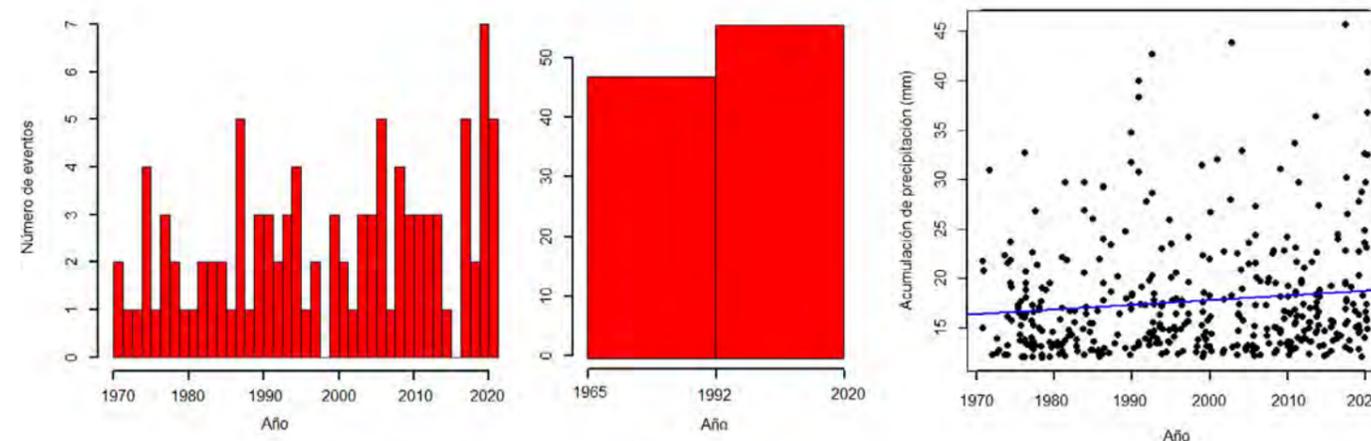


Figura 3: A la izquierda y en el centro, histogramas de precipitación por encima del percentil 99,5 (que representa los episodios más extremos) para la precipitación sobre el conjunto de estaciones. A la derecha, la evolución temporal de la precipitación de eventos que superan el percentil 98 junto a una recta de regresión lineal ajustada a los datos. © Autor: Peio Oria (AEMET)

siglo o década de 2010). No obstante, pese a esa falta de tendencia en cuanto a la evolución de las precipitaciones atribuible al cambio climático antropogénico en el suroeste de Europa, sí que se observa cierto descenso en las precipitaciones en el sur de la Península Ibérica. Además, otros estudios han evidenciado que en el tercio meridional peninsular los períodos secos se han incrementado en las últimas décadas. El IPCC, en su Sexto Informe, considera probable que el cambio climático antropogénico haya tenido que ver en una menor disponibilidad de agua (sequía agrícola y ecológica) en la región mediterránea en las últimas décadas.

También se ha observado un incremento estadísticamente significativo de las precipitaciones en los días más lluviosos del año en las regiones mediterráneas de la Península y Baleares (5). Estas zonas, que han sido históricamente las más afectadas por las inundaciones y riadas asociadas a 'gotas frías' o danas, reciben actualmente un 19 % más de precipitación en los episodios de lluvias torrenciales que en los años 60. Pero no solo aumenta la intensidad de la lluvia en este tipo de episodios extremos, sino que también se ha observado un incremento de la frecuencia con la que se producen, especialmente en la pasada década. Ambas

tendencias, tanto la del incremento de la frecuencia como la de la intensidad de los episodios de lluvias extremas, también se nota en otras áreas de la Península Ibérica (6), aunque no de manera tan clara como en el Mediterráneo. Para el conjunto de la región mediterránea, no obstante, el IPCC considera que la disparidad de resultados obtenidos en diferentes estudios no permite concluir si estas precipitaciones intensas han ido a más o no.

Por lo comentado hasta ahora, podemos concluir que parece que, aunque llueve 'lo mismo' que antes, comienza a hacerlo de forma diferente. Y en este sentido, el catedrático de Geografía Física de la Universidad de Barcelona Javier Martín Vide (7), señala que los patrones estacionales de precipitaciones también han cambiado en algunas zonas de España: el máximo de lluvias otoñales se está desplazando hacia el interior de la Península desde el Mediterráneo, en dirección oeste, desplazando a la primavera como estación más lluviosa del año en la parte oriental de las dos mesetas y cuenca del Ebro.

Estos cambios también tienen su reflejo en la aridez del terreno. Si entre 1961 y 1990 las zonas de clima árido y semiárido ocupaban un 6,5 % de nuestro territorio, entre

1981 y 2010 aumentaron hasta cerca del 13 % de la superficie, con un incremento más significativo en el sureste peninsular, meseta sur y cuenca del Ebro.

El aumento de las temperaturas también tiene otra consecuencia importante, como es la desaparición de las masas de hielo a escala global. Nuestro país no escapa a esta tendencia y es sabido que los glaciares del Pirineo están retrocediendo. Un reciente informe de la Confederación Hidrográfica del Ebro (8) ponía de manifiesto que el glaciar de La Madaleta, en el Pirineo aragonés, ha perdido dos terceras partes de su extensión en los últimos treinta años.

La temperatura del agua del mar es un factor que hay que tener muy en cuenta en un país con casi 8 000 km de costa. Actúa como un termorregulador de primera magnitud. De hecho, se estima que a nivel global, los océanos almacenan alrededor del 90 % de la energía extra acumulada en el sistema climático por la mayor concentración de gases de efecto invernadero. Dada la gran inercia térmica del agua, las superficies de las masas de agua se han calentado menos que los continentes. No obstante, ese calentamiento, aunque menor, puede liberarse en forma de grandes tempestades: el calor procedente de los océanos cálidos tropicales sirve como combustible para la formación de huracanes, pero también puede ayudar u actuar como germen, en nuestras latitudes, a episodios de lluvias más violentos. En las aguas marítimas circundantes a España se observa un incremento de la temperatura superficial cifrado en torno a 0,5°C desde 1950, y los dos años con la temperatura del agua del mar más alta han sido muy recientes: 2017 y 2020.

**Los vectores transmisores de la malaria, la fiebre del Nilo occidental, el zika, el chikungunya o la fiebre amarilla encuentran ahora hábitats adecuados para desarrollarse por las variaciones en los patrones climáticos**

**El calor procedente de los océanos cálidos tropicales sirve como 'combustible' para la formación de huracanes, pero también puede ayudar o actuar como germen, en nuestras latitudes, a episodios de lluvias más violentos**

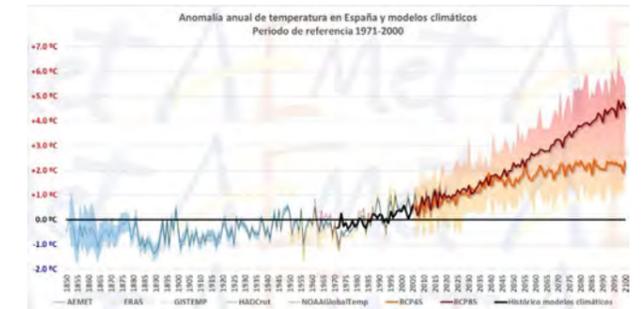


Figura 4: Todas las fuentes de datos coinciden en el incremento de las temperaturas. La línea negra indica el incremento previsto por los modelos climáticos entre 1971 y 2005. También se muestran las proyecciones. Fuente: Informe sobre el estado del clima de España 2020, AEMET(9)

Basaremos nuestras proyecciones en las conclusiones del 6º informe del Grupo de Trabajo I del IPCC (10) para la región mediterránea (comprende a los países ribereños con el Mediterráneo del sur de Europa, Oriente Próximo y norte de África), un horizonte a medio plazo (mediados de siglo XXI), un escenario de emisiones moderado (SSP2 – 4.5) y tomando en general como referencia el período 1981-2010.

Para mediados de siglo, se estima que la temperatura media de la región mediterránea aumentará alrededor de 1,9°C, lo que supone una aceleración de la tasa de calentamiento actual. Las temperaturas máximas y medias estivales de mediados de siglo serán en promedio unos 2,4°C superiores a las actuales. Para entender qué supone este dato, el verano de 2003, con más de 70000 muertes en Europa atribuidas a la ola de calor, fue 'solo' 1,9°C más cálido de lo normal. Con el calentamiento previsto, un verano normal de mediados de siglo será significativamente más cálido que el más caluroso que hayamos tenido que afrontar hasta ahora y el verano de 2003 será considerado frío a mediados de siglo. De hecho, para el conjunto de la región mediterránea, el número de días con temperaturas máximas superiores a 40°C podría incrementarse en una semana; pero en algunos puntos del sur peninsular ese aumento podría llegar a diez días.

**¿Qué nos espera en el futuro?**

Hasta aquí, hemos hablado de fenómenos observados: el cambio climático ya está entre nosotros, y ha llegado para quedarse. Aunque el grado de adversidad de los fenómenos asociados dependerá de lo capaces que seamos como sociedad de revertir la situación reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y la manera en que consigamos adaptarnos a la nueva realidad climática, dos cosas parecen claras a finales de 2021 en lo que a proyecciones climáticas se refiere: en primer lugar, que los modelos climáticos han sido capaces de reproducir con una aceptable exactitud los cambios observados en las últimas décadas del siglo XX y comienzos del siglo XXI. En segundo lugar, que todos los escenarios son muy similares hasta aproximadamente 2050, aunque existe una gran divergencia para la segunda mitad de siglo. Y si los modelos climáticos han demostrado solvencia para proyectar la evolución del clima en las décadas pasadas, ¿por qué no habrían de tenerla de cara al futuro?

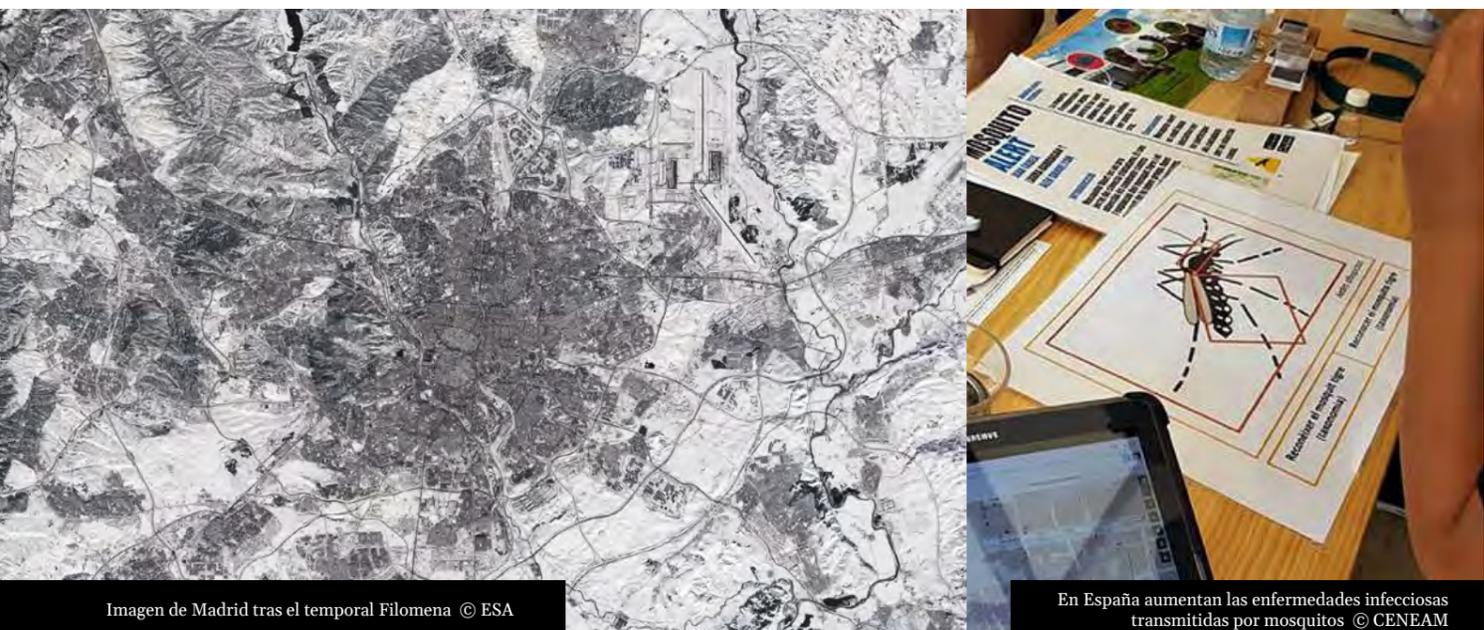


Imagen de Madrid tras el temporal Filomena © ESA

En España aumentan las enfermedades infecciosas transmitidas por mosquitos © CENEAM

**Que los termómetros alcancen valores cada vez más elevados no significa, ni mucho menos, que no tengamos que enfrentarnos a episodios muy adversos asociados a las bajas temperaturas, como olas de frío o nevadas intensas**



En junio de 2021 cayeron en España más de 50.000 rayos en 24 horas



El glaciar La Madaleta ha perdido gran parte de su extensión

En lo que a las precipitaciones se refiere, si nos centramos en la cantidad total anual, se espera para la región mediterránea en su conjunto un descenso de alrededor del 9 %, aunque en el extremo sur de la Península Ibérica la caída podría ser mayor y acercarse al 15 %.

Se estima también una prolongación de los períodos secos, que podrían durar anualmente 9 días más, y que en nuestro territorio se notaría sobre todo en el sureste peninsular, área mediterránea y Baleares. Estos períodos

secos más largos, ¿serán también más intensos? Para valorar este aspecto, el IPCC utiliza el índice SPI (Standard Index Precipitation) a seis meses, que evalúa cuánto se desvían las precipitaciones de la media en ese período temporal. Los valores significativos se interpretan como déficit de precipitaciones. Pues bien: el índice SPI experimentará un descenso de en torno al 33 % a mediados de siglo, así que además de padecer períodos secos más largos, las sequías serán más intensas.



Figura 5: Variación, en porcentaje, del índice SPI (Standard Precipitation Index) en la región mediterránea suponiendo el escenario de emisiones SSP2-4.5. La zona sombreada señala el período 2041-2060. Fuente: Atlas Interactivo del Sexto Informe del Grupo de Trabajo I del IPCC.

Finalmente, el IPCC también subraya que los días con mayor precipitación (aquellos en los que se registran lluvias torrenciales) también podrían ser ‘más’ lluviosos en la región mediterránea. En un escenario intermedio de emisiones, estos días podrían dejar casi un 5 % más de precipitación a mediados de siglo que respecto al clima no alterado por la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, hay que destacar que de cara al futuro existe mucha incertidumbre a este respecto.

En resumen, podemos hablar de una región mediterránea (en la que se incluyen la Península Ibérica y Baleares) más cálida y seca a mediados de siglo y en la que las lluvias torrenciales serán más intensas cuando se produzcan y en síntesis, un país más árido con menor disponibilidad de agua. Además, hay que destacar que estas proyecciones se basan en un escenario moderado de emisiones. A mayores emisiones, nuestros descendientes tendrán que enfrentarse a un clima más hostil, y en nuestras manos está poder evitar, si acaso en parte, esa mayor hostilidad climática.

### Mitigación, adaptación y resiliencia

Si bien el cambio climático refiere, en sentido estricto, al campo de la meteorología y la climatología, sus efectos resuenan por todo el planeta y afectan, de manera transversal, a casi cualquier área.

En 2016 Ángela Merkel declaraba que “No es exagerado decir que la lucha contra el cambio climático es una cuestión de supervivencia”, y es que el cambio climático es ante todo y sobre todo un problema de salud. En 2019 se estimó que en España morían 1 300 personas al año por olas de calor y 1 050 por olas de frío<sup>(11)</sup>, fundamentalmente por el empeoramiento de enfermedades previas existentes de carácter respiratorio y cardiovascular. Además, en nuestro país se desarrollan ya nuevas enfermedades infecciosas como la malaria, la fiebre del Nilo Occidental, el zika, el chikungunya o la fiebre amarilla porque los vectores de estas enfermedades encuentran ahora hábitats adecuados en España para desarrollarse como consecuencia de las variaciones en los patrones climáticos. Los refugiados climáticos triplican actualmente a los generados por conflicto o guerras, y previsiblemente la situación se complicará puesto que el cambio climático pondrá en riesgo nuestro capital hídrico y nuestra capacidad de producción agrícola y ganadera, al tiempo que aumentará la superficie quemada, favoreciendo la aridez de un terreno ya estresado en esa dirección.

Lidiar con las consecuencias presentes y futuras del cambio climático, reforzar nuestra resiliencia, reducir nuestra vulnerabilidad, al tiempo que buscamos soluciones al problema, suponen uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad. Tenemos, por tanto, una doble tarea que debemos realizar de forma simultánea: adaptación y mitigación. Puede parecer abrumador, pero lo cierto es que contamos cada vez con más ayuda.



El área mediterránea padecerá períodos secos más largos y las sequías serán más intensas



La temperatura del mar aumenta. El calor procedente de los océanos cálidos tropicales sirve como combustible para la formación de huracanes

### En Madrid, el número de noches tropicales de los últimos treinta años duplica al de los treinta años previos; Barcelona prácticamente lo triplica y Valencia lo cuadruplica

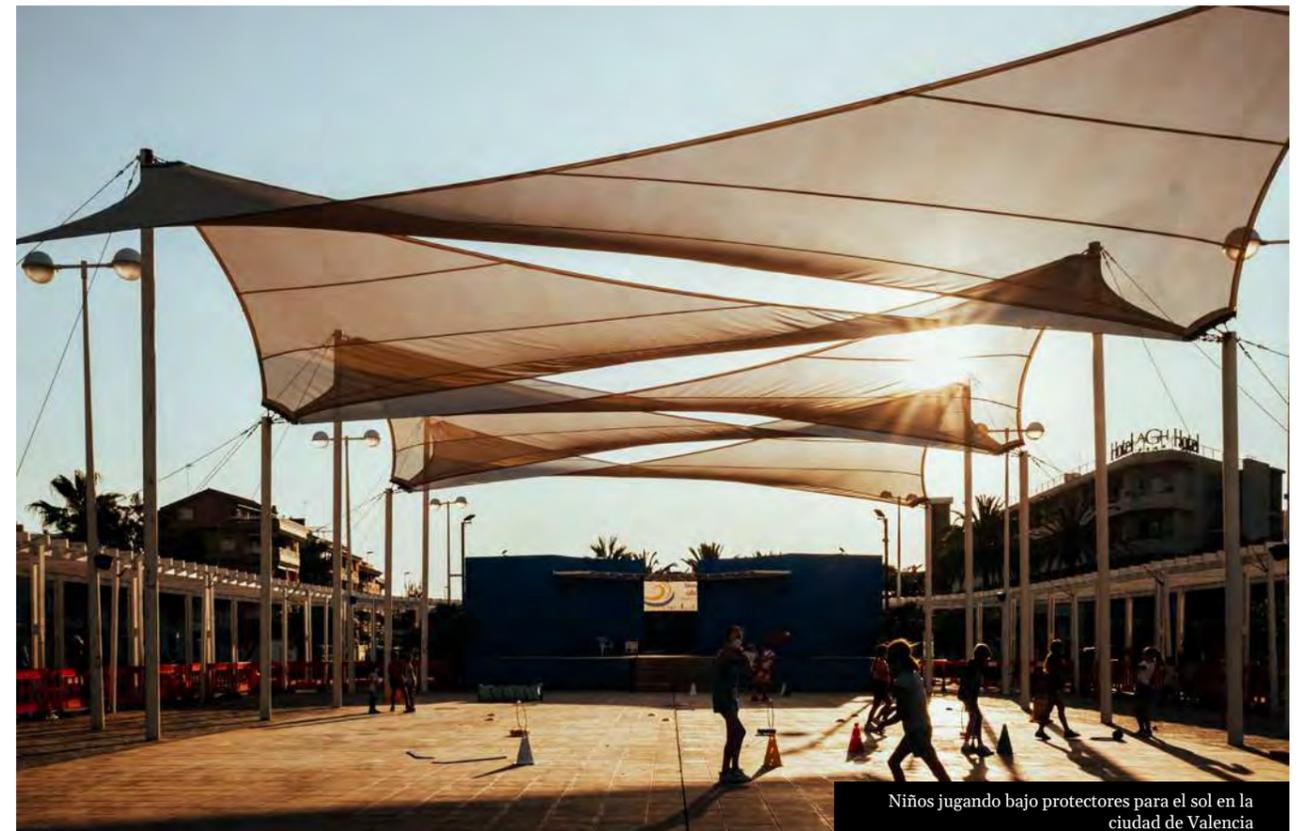
Sabemos, por encuestas recientes, que la sociedad se muestra cada vez más preocupada por el cambio climático y cada vez más dispuesta a incrementar su compromiso en la reducción de los gases de efecto invernadero, que es en síntesis la base de la mitigación. Una sociedad más madura podrá aprovechar los nuevos espacios de gobernabilidad ciudadana que previsiblemente se van a abrir y que, en relación al cambio climático, tan buenos resultados han dado en otros países europeos con la adopción de medidas eficaces de mitigación que se superpondrán a las ya existentes.

Aún estamos a tiempo de enfrentar y reducir las consecuencias del cambio climático, pero debemos entender que trabajamos a futuro; la cantidad de gases de efecto invernadero emitida es tal, y su tiempo de permanencia en la atmósfera es tan elevado, que la reducción de emisiones solo supondrá escenarios futuros menos adversos que si no hacemos nada. Y debemos trabajar con rapidez, porque el cambio climático impacta no solo por

las alteraciones climáticas que produce; lo hace por la velocidad del cambio que pone a prueba nuestra capacidad de adaptación.

Justamente en relación a la adaptación, los continuos avances en el campo de la meteorología y climatología están demostrando ser herramientas clave al anticiparnos nuestros potenciales futuros. Las continuas mejoras en supercomputación, un mayor número de observaciones, modelos de predicción más ajustados y por tanto mejores pronósticos y sistemas de alerta temprana unidos a un mayor compromiso por la divulgación y educación ambiental redundan en un claro beneficio en la reducción de riesgos y vulnerabilidades.

El cambio climático es una dura prueba; supone un reto adaptativo al que tenemos que enfrentarnos como sociedad. Pero la inteligencia siempre se ha entendido como capacidad de adaptación. Tenemos ahora una oportunidad única de demostrar que somos realmente inteligentes. 🌱



Niños jugando bajo protectores para el sol en la ciudad de Valencia

### Anotaciones y Referencias

- <sup>1</sup> “¿Son los veranos en España cada vez más largos?” César Rguez. Ballesteros, blog “Clima en Mapas”. <https://cli-maenmapas.blogspot.com/p/durverano.html>
- <sup>2</sup> “Olas de calor en España desde 1975”. AEMET. [http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/estudios/detalles/olascalor](http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/olascalor)
- <sup>3</sup> “El calor como nueva normalidad”, sección de información de la web de AEMET. [http://www.aemet.es/es/noticias/2019/12/Rueda\\_prensa\\_invierno\\_2019](http://www.aemet.es/es/noticias/2019/12/Rueda_prensa_invierno_2019)
- <sup>4</sup> “Long-term precipitation in Southwestern Europe reveals no clear trend attributable to anthropogenic forcing” Peña-Angulo *et al.* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab9c4f>
- <sup>5</sup> “¿Está aumentando la frecuencia o la intensidad de las precipitaciones extremas en el Mediterráneo?” Peio Oria, blog de AEMET. <https://aemetblog.es/2021/05/02/esta-aumentando-la-frecuencia-o-la-intensidad-de-las-precipitaciones-extremas-en-el-mediterraneo/>
- <sup>6</sup> “¿Se están volviendo más frecuentes e intensos los grandes temporales de precipitación en la Península Ibérica?” Peio Oria, blog de AEMET. <https://aemetblog.es/2021/10/13/se-estan-volviendo-mas-frecuentes-o-intensos-los-grandes-temporales-de-precipitacion-en-la-peninsula-iberica/>
- <sup>7</sup> “¿Ha cambiado el reparto estacional de la lluvia en España?” Javier Martín Vide, Blog Iagua. <https://www.iagua.es/blogs/javier-martin-vidе/ha-cambiado-reparto-estacional-lluvia-espana>
- <sup>8</sup> “Treinta años de estudio del balance anual del glaciar de La Madaleta (Huesca)”, web Conf. Hidrográfica del Ebro. <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=66993>
- <sup>9</sup> “Informe Anual del estado del clima de España 2020”. AEMET. [http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/informe\\_estado\\_clima](http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/informe_estado_clima)
- <sup>10</sup> “AR6 Climate Change 2021: The Physical Science basis”. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
- <sup>11</sup> Mortality attributable to high temperatures over the 2021–2050 and 2051–2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate. J. Díaz, M. Sáez, R. Carmona, I.J. Mirón, M.A. Barceló, M.Y. Luna, C. Linares. Environmental Research 172 (2019) 475–485. Mortality attributable to high temperatures over the 2021–2050 and 2051–2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate - ScienceDirect



El temporal Filomena colapsó a primeros de 2021 gran parte de España

# Olas de frío y de calor: impacto en la salud

**Julio Díaz, José Antonio López- Bueno**

Unidad de Referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano.  
Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III

Las temperaturas globales, que son hoy al menos 1,2°C superiores a los niveles preindustriales, aumentan de forma alarmante<sup>(1)</sup>. Además, el futuro no es muy alentador, teniendo en cuenta que en la mayoría de los escenarios de emisiones contemplados estas tendencias no se revierten. Según estas previsiones, se espera que el 80 % de las ciudades del globo sean más cálidas. Así, en 2050, el clima de Madrid se asemejará al de Marruecos hoy día.

En esta línea, los últimos seis años consecutivos han sido los más cálidos de los registros históricos. Entre éstos, en 2020 se alcanzaron medias globales de 1,25°C superiores a las registradas en el periodo 1850-1900. En relación con las temperaturas extremas, éstas están aumentando en frecuencia e intensidad; tanto para las olas de calor, como las olas de frío<sup>(1)</sup>. Y si estas tendencias se mantienen, en 2099 las olas de calor podrían ser entre 3,4 y 6,6 grados celsius mayores que las de 2016.

**Los ingresos hospitalarios y la mortalidad por frío ocurren entre 7 y 14 días después de la bajada de las temperaturas. Los grupos de especial susceptibilidad son niños y mayores de 65 años**

Este fenómeno en la cuenca del Mediterráneo ocurre a mayor velocidad que las tendencias globales, y podría adquirir especial relevancia en los entornos urbanos de Europa. En ellos, la estructura urbanística, los materiales y el uso del suelo tienden a aumentar la exposición al calor por el efecto de *Isla térmica urbana*, que conduce a oscilaciones diarias de temperatura más amplias en las zonas urbanas que en su entorno rural.

Esta situación crítica ha llevado a los Gobiernos a actualizar sus objetivos de emisiones en 2020. Si estos se cumplieran, nos encaminaríamos a un calentamiento de 2,7°C, muy lejos del objetivo de 1,5°C del Acuerdo de París<sup>(1)</sup>.

### Olas de calor y grupos vulnerables

El impacto que las olas de calor tienen sobre la mortalidad quedó claramente de manifiesto en el verano de 2003 cuando se produjo un exceso de mortalidad asociado al calor de 70000 defunciones en Europa<sup>(3)</sup>, de las cuales 6600 se produjeron en España. Como consecuencia de este notable impacto de las altas temperaturas sobre la mortalidad, la gran parte de los países europeos, entre ellos España, puso en marcha en el verano de 2004 el ‘Plan Nacional de actuaciones preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud’.

Este Plan en un principio asumía que el aumento de la mortalidad por olas de calor se producía cuando la temperatura máxima y mínima diaria superaban ambas el percentil 95 de las series de temperaturas máximas y mínimas de los meses de verano. Investigaciones posteriores demostraron que suponer efectos en salud a partir del mismo percentil 95 para todas las ciudades no era lo más adecuado. Existen factores demográficos, sociales, sanitarios y económicos, entre otros, que pueden hacer que ese percentil varíe de unos lugares a otros, por lo que es preciso su cálculo a nivel de cada provincia española (fig. 1). Es decir, basándose en diagramas temperatura-mortalidad se trata de determinar a qué temperatura máxima diaria se produce un incremento de la mortalidad de forma estadísticamente significativa. Esa temperatura, determinada para cada capital de provincia es la base del actual plan de prevención por olas de calor. La determinación de estas temperaturas de umbrales de definición de ola de calor, junto con el cálculo del riesgo asociado por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera esa temperatura

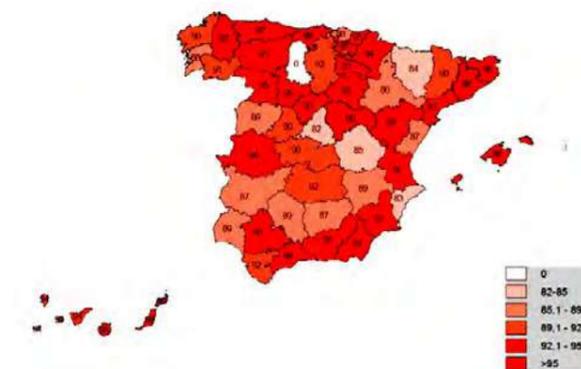


Figura 1. Mapa de los percentiles umbrales de ola de calor en España. Fuente: Díaz et al. 2015

umbral, ha permitido calcular cuál es la mortalidad atribuible a las olas de calor en España, para cada provincia, en el periodo 2000-2009, resultando ser, en este periodo, 1 300 muertes/año. En el periodo analizado en España hubo 4 400 días con ola de calor, por lo que la mortalidad diaria es de 3,0 muertes/día<sup>(3)</sup>.

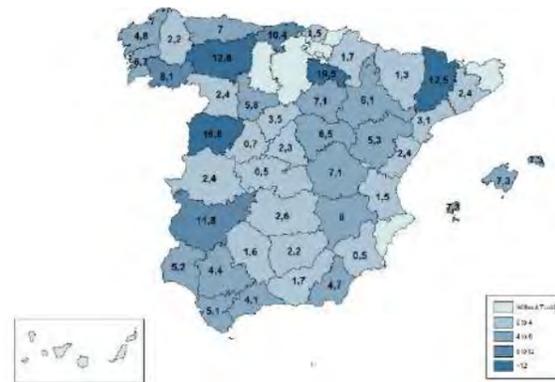


Figura 2. Mapa con los percentiles umbrales de comienzo de la ola de frío en las provincias de España. Fuente: Carmona et al. 2016

En gran medida la mortalidad asociada al calor no se debe de forma directa a las altas temperaturas, lo que se llamaría “golpe de calor” si no que se relaciona con el agravamiento de otras patologías ya existentes, fundamentalmente cardiovasculares y respiratorias, si bien se ha encontrado incremento en la mortalidad por causas renales, gastrointestinales e incluso neurológicas. Por tanto, los grupos especialmente susceptibles son las personas mayores de 65 años, en especial las mujeres mayores de 75 años<sup>(4)</sup>. Normalmente los efectos del calor ocurren desde el mismo día que se produce la ola de calor hasta 4 ó 5 días después. Por otro lado, se ha encontrado asociación entre el incremento de las temperaturas y el número de partos que se producen, así como el número de nacidos con bajo peso o sobre los partos prematuros. Por tanto, las mujeres embarazadas deben considerarse un grupo de especial riesgo en olas de calor. El grupo de personas que trabajan en el exterior y los que realizan ejercicio al aire libre también son grupos especialmente vulnerables.

### Efectos de las olas de frío y grupos vulnerables

Aún en un entorno de cambio climático como el actual con un constatado calentamiento global, las olas de frío no van a desaparecer ni la mortalidad asociada a ellas tampoco.

Los efectos de las olas de frío suelen ser a más largo plazo que los del calor. Normalmente la mortalidad y los ingresos hospitalarios en relación al frío ocurren entre 7 y 14 días después de la bajada de las temperaturas. Su impacto

**La mortalidad asociada al calor no se debe de forma directa a las altas temperaturas, lo que se llamaría “golpe de calor”, sino que se relaciona con el agravamiento de otras patologías ya existentes**



Niños, ancianos mujeres embarazadas son grupos de especial riesgo en olas de calor

no suele ser tan agudo como el de las olas de calor y suele relacionarse con patologías circulatorias y respiratorias relacionadas a su vez con procesos de carácter infeccioso. Los grupos de especial susceptibilidad son los niños y mayores de 65 años especialmente.

Siguiendo un análisis similar al de las olas de calor, se conoce a nivel de cada provincia cuál es el percentil de temperaturas mínimas diarias a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad por ola de frío (fig. 2). La mortalidad asociada a las olas de frío es de unas 1 050 muertes/año<sup>(5)</sup>. En el periodo estudiado en toda España se han producido 3 000 días olas de frío, es decir, cada día que hay una ola de frío la mortalidad se incrementa, en media, en 3,5 muertes/día.

### Evolución temporal del impacto de las olas de calor y del frío

Es evidente que tanto los impactos de las olas de calor como el de las olas de frío sobre la mortalidad no permanecen constantes, entre otros motivos porque influyen muchas variables que varían en el tiempo.

Con el objetivo de cuantificar esta variación se realizó un estudio en España<sup>(6)</sup> en el que se analizó cuál había sido el impacto debido a las olas de calor en diferentes ciudades españolas en tres décadas: 1983-1992; 1993-2003 y 2004-2013. Los resultados muestran que por cada grado en que la temperatura máxima diaria supere la temperatura de definición de ola de calor, la mortalidad pasaba de un 14 % en el



Personas refrescándose en las fuentes de Córdoba



Con precios de la energía elevados e ingresos reducidos es difícil tener confort térmico

primer periodo a prácticamente al 1 % en el periodo 2004-2013. No existe una causa única para explicar este brusco descenso experimentado en la última década analizada, sino que son varios factores que pueden explicar esta bajada acusada del impacto del calor, observado también en otros lugares como EE UU, Australia o Japón. Entre ellos está la existencia de planes de prevención, la mejora de los servicios sanitarios y de las infraestructuras, el aumento del número de aparatos de aire acondicionado, la mejora en las viviendas, y, sobre todo la denominada “cultura del calor,” que ha hecho que las personas especialmente vulnerables adopten medidas para disminuir su exposición y los riesgos de las elevadas temperaturas. Sin embargo, no se ha observado el mismo efecto para el caso de las olas de frío.

**Existe relación entre el incremento de las temperaturas y el número de partos, de nacidos con bajo peso y sobre los partos prematuros**

### Mortalidad atribuible a las olas de calor en el siglo XXI

Recientemente se ha publicado un estudio realizado en España<sup>(7)</sup>, para cada capital de provincia, y teniendo en cuenta las predicciones de las temperaturas máximas diarias de AEMET en un escenario de máximas emisiones RCP8.5. En él se calcula cuál será la mortalidad asociada a las olas de calor en dos supuestos. El primero de ellos denominados “sin adaptación” es aquel en el que se considera constante la temperatura de definición de ola de calor que existe en la actualidad para cada provincia. En este caso las olas de calor se multiplicarían por 5 en relación a las actuales, y la mortalidad anual atribuible a las olas de calor en España en el horizonte 2051-2100 sería de 12 000 muertes/año, es decir 8 veces las actuales. La otra hipótesis consiste en suponer que a medida que suben las temperaturas por el calentamiento global lo hacen, al mismo ritmo, las temperaturas provinciales de definición de ola de calor. Es decir, se mantiene constante el percentil de definición de ola de calor. En este caso, denominado de “adaptación completa”, no habría más olas de calor, ya que los percentiles son constantes y la mortalidad anual atribuible a las olas de calor presentaría un moderado descenso como consecuencia de una menor mortalidad en España.

### Vulnerabilidad por nivel socioeconómico y género

Además de la fisiopatología de la población expuesta a las olas de calor y frío, hay otros factores que inciden en la vulnerabilidad a los extremos térmicos, entre los cuales está la renta como condicionante directo o subyacente<sup>(1)</sup>.

En primer lugar, la condición de la vivienda es clave en explicar cómo se distribuye la vulnerabilidad por olas de calor y olas de frío. Así, las personas de menor renta habitan hogares con peores propiedades térmicas, y tienen dificultades para renovar los electrodomésticos. Por tanto, cuando coinciden precios de la energía elevados, hogares energéticamente ineficientes e ingresos reducidos; se dan situaciones en las que es difícil mantener la vivienda en condiciones de confort térmico.

Por otro lado, hay evidencia que sostiene diferencias por género<sup>(8)</sup>. En este caso, se ha observado en los distritos de Madrid una incidencia mayor de ambos extremos térmicos sobre las mujeres. Los resultados encontrados no se ajustaron a lo esperado según las diferencias biológicas por sexo, por lo que fueron explicados en función de los distintos roles sociales adoptados por hombres y mujeres. En este caso,

las mujeres tienden a ganar salarios inferiores, a hacerse cargo de hogares con un solo progenitor y a tener que salir del mercado laboral a causa de las presiones del hogar. Por tanto, una hipótesis de trabajo es que cuando en la vivienda se dan temperaturas no confortables, podría ser más probable que los impactos derivados los sufra una mujer.

**Cuando en la vivienda se dan temperaturas no confortables, podría ser más probable que los impactos derivados los sufra una mujer**

Además de los factores socioeconómicos comentados, la vulnerabilidad a los extremos térmicos también depende de factores climáticos. Así, se ha observado que los riesgos asociados con cada grado de ola de calor son superiores ahí donde las temperaturas tienden a ser menores<sup>(3)</sup>. Esto se puede explicar en base a dos fenómenos principalmente. En primer lugar, en los climas más cálidos, las poblaciones se encuentran fisiológicamente mejor habituadas al calor. Por otro lado, los hábitos de vida y las caracterís-

ticas de la vivienda se adaptan al clima local. Por tanto, las zonas cálidas estarían mejor predisuestas para afrontar olas de calor que las zonas más frescas.

Finalmente, hoy se discute en la bibliografía el papel que juega la tipología rural-urbana del territorio. Este factor se confunde con el estatus económico, el desarrollo de infraestructuras y la accesibilidad geográfica y económica al sistema sanitario. Por ello, varía profundamente por países. Sin embargo, controlando por esos factores, parece que la población urbana tiende a ser más vulnerable a las olas de calor que la población rural<sup>(9)</sup>.

Varias cualidades de la población rural podrían explicar los resultados encontrados. En primer lugar, se trata de entornos más naturalizados, con una menor exposición a la contaminación atmosférica química, al ruido y al estrés. En segundo lugar, las zonas rurales podrían favorecer una vejez más activa. Por otro lado, la vivienda tradicional rural podría tener mejores propiedades térmicas que la vivienda urbana moderna. Por último, en estos entornos tienden a darse unas relaciones sociales más estrechas y una menor incidencia del aislamiento social y abandono a la tercera edad. Estos atributos combinados podrían ser protectores frente a las olas de calor y frío<sup>(9)</sup>.

### ¿Nos estamos adaptando al calor?

Cuando representamos en un diagrama de abscisas la relación mortalidad diaria —eje y— temperatura —eje x— (Fig. 3), esta tiene forma de “V” siendo su vértice la denominada temperatura de mínima mortalidad (TMM). A la derecha de la TMM se representa la mortalidad por calor, a la izquierda por frío. Si la TMM aumenta indica que cada vez hace falta más calor para que las personas fallezcan y, por tanto, sería indicador de adaptación al calor<sup>(10)</sup>. Basándonos en esta premisa, se ha determinado cuál es la variación de la TMM en el periodo 1983-2018 para el conjunto de todas las provincias españolas. La TMM en media se ha incrementado para toda España a un ritmo de 0,64°C/década, mientras que las temperaturas máximas diarias lo han hecho a 0,41°C/década, es decir, que a nivel general podemos decir que España se ha adaptado al calor. Pero existen grandes diferencias geográficas, mientras en provincias como Córdoba se han adaptado a un ritmo de 1,8°C/década, en otras como Valladolid esta TMM no sólo no ha aumentado, sino que ha decrecido (Fig. 4). Qué factores pueden explicar esta heterogeneidad geográfica es algo que se está estudiando en la actualidad. Parece ser que factores locales como la ruralidad podrían explicar este comportamiento. Las zonas urbanas se adaptan mejor que las rurales, pero por el contrario los impactos de las olas de calor y de las olas frío son mayores en las áreas urbanas que en las rurales como se ha citado anteriormente. Se trata

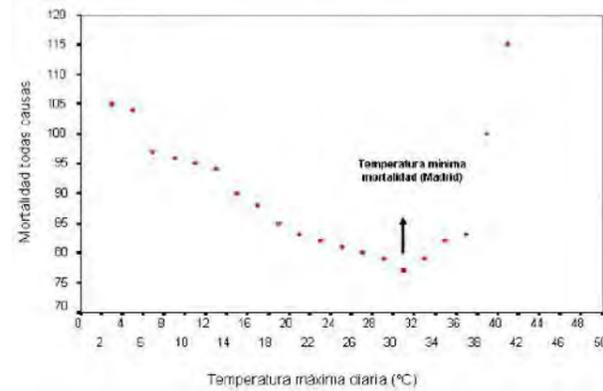


Figura 3: Diagrama de la relación mortalidad-temperatura en la Ciudad de Madrid.

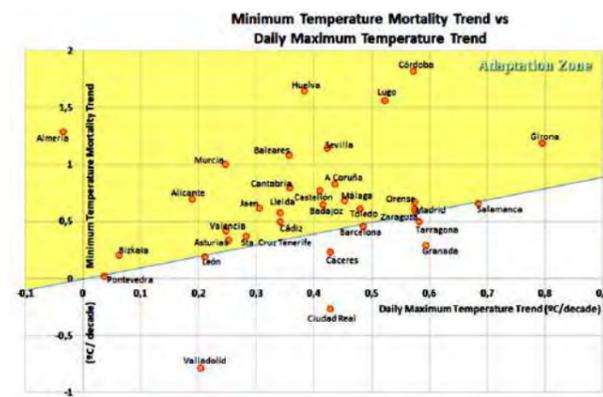


Figura 4. Provincias españolas que se han adaptado al calor en el periodo 1983-2018 frente a las que no lo han hecho. Follos et al., 2021.

de una línea de trabajo que identifica claramente que en los procesos de adaptación el nivel local juega un papel esencial y es a este nivel al que hay que dirigir los esfuerzos en investigación que permitan identificar cómo mejorar estos procesos adaptativos en la población.

**Las zonas urbanas se adaptan mejor que las rurales y el impacto de las olas de calor y de frío es mayor en las ciudades**



### Bibliografía

- Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, Drummond P, Hughes N, Jamart L, et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. The Lancet [Internet]. 2021 [citado 22 de octubre de 2021]; Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6)
- Linares C, Díaz J, Negev M, Sánchez-Martínez G, Debono R, Shlomit P. Impacts of climate change on the public health of the Mediterranean Basin population - Current situation, projections, preparedness and adaptation. Environmental Research. 1 de marzo de 2020;182:109107.
- Díaz J, Carmona R, Mirón I, Ortiz C, León I, Linares C. Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. Environment International. 2015;85:273-83.
- Díaz J, López IA, Carmona R, Mirón IJ, Luna MY, Linares C. Short-term effect of heat waves on hospital admissions in Madrid: Analysis by gender and comparison with previous findings. Environmental Pollution. diciembre de 2018;243:1648-56.
- Carmona R, Díaz J, Mirón IJ, Ortiz C, León I, Linares C. Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan. Environment International. marzo de 2016;88:103-11.
- Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Luna MY, Linares C. Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983–2013). Environment International. 2018;116(January):10-7.
- Díaz J, Sáez M, Carmona R, Mirón IJ, Barceló MA, Luna MY, et al. Mortality attributable to high temperatures over the 2021–2050 and 2051–2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate. Environmental Research. 2019;172:475-85.
- López-Bueno J, Díaz J, Peiró M, Sánchez-Guevara C, Fernández AS, Gayoso Heredia M, et al. Impacto a nivel municipal e inframunicipal de las olas de calor y frío sobre la salud de hombres y mujeres: la feminización de la pobreza en Madrid. Revista de Salud Ambiental. 2020;20(2):101-8.
- López-Bueno JA, Navas-Martín MA, Díaz J, Mirón IJ, Luna MY, Sánchez-Martínez G, et al. Analysis of vulnerability to heat in rural and urban areas in Spain: What factors explain Heat's geographic behavior? Environmental Research. octubre de 2021;112213.
- Follos F, Linares C, López-Bueno JA, Navas MA, Culqui D, Vellón JM, et al. Evolution of the minimum mortality temperature (1983–2018): Is Spain adapting to heat? Science of The Total Environment. agosto de 2021;784:147233.



# La nueva gestión del incendio forestal ante el cambio climático

**José Manuel Moreno**

Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo

*En un contexto de calentamiento global, hay que determinar cuáles son los ecosistemas más vulnerables y planificar una estrategia de anticipación a las consecuencias más indeseadas de los incendios, conociendo el posible efecto del fuego y la respuesta de los ecosistemas. Pero el objetivo no debe centrarse en disminuir la superficie quemada, sino en controlar los riesgos ocasionados por el fuego, minimizando los daños sobre los valores y recursos humanos y ecológicos. Apagar todos los incendios, a cualquier coste, puede no ser útil desde el punto de vista ecológico, ni rentable. Este artículo analiza las perspectivas de la gestión de los incendios forestales ante la realidad del cambio climático*

España es un país de incendios forestales. Durante el medio siglo transcurrido entre 1970 y 2019 se registraron 12.194 incendios cada año, que afectaron a un promedio de 154.422 ha. Los incendios se distribuyen por todo el país, pero son más abundantes en Galicia, Levante, Sistema Central y sierras béticas. En general, son más frecuentes en las zonas de montaña (fig. 1). Es también frecuente que afecten repetidamente a una misma zona, quemándose una y otra vez en un tiempo demasiado corto, habiendo llegado a darse en algunas zonas hasta tres o cuatro incendios en el curso de los últimos 40 o 50 años, tiempo insuficiente para que el ecosistema pueda recuperarse.

La mayor parte de los incendios afectan a poca superficie; muchos de ellos apenas superan el nivel de conato (<1 ha) (63,3%), otros son pequeños (1-5 ha) (24,2 %), los medianos (5 a 50 ha) solo son un 10,3%, los grandes (50 a 500 ha) apenas un 2% y los muy grandes (>500 ha) solo unas décimas porcentuales. La importancia de los incendios en términos

de superficie quemada está en relación inversa a su tamaño: los conatos apenas suponen un 2 % del total quemado cada año, los pequeños un 7,2 %, los medianos un 20 %, los grandes un 33 % y los muy grandes un 39 %. Los incendios ocurren mayoritariamente en verano, siendo los meses de julio y agosto los que concentran alrededor de tres cuartas partes de la superficie quemada. Además, suele haber un segundo pico de incendios en primavera, aunque mucho menor que el estival. En las provincias del norte peninsular suelen ser frecuentes también en invierno, por las suradas que traen viento seco y cálido a la región. La mayoría de los incendios tienen un origen humano, siendo los ocasionados por rayos apenas un 5 % del total, aunque en algunas zonas pueden ser llegar a ser relevantes (1).

La incidencia anual ha ido cambiando con los años. Parte de este cambio es debido a que no todos los incendios eran registrados en los primeros años de la serie actual. Aun así, los incendios de cierto tamaño sí se registraban, por lo que la fiabilidad en términos de superficie quemada es mayor. Mientras que en los años sesenta se registraban pocos incendios, que afectaban a menos de 50 kha anuales (50.000), el abandono masivo del campo en esa y posteriores décadas hizo que en los años ochenta se alcanzase el máximo de área quemada (244 kha anuales), con cifras anuales que, en algún año (1985), casi alcanzaron las 500 kha. Con posterioridad, la superficie quemada ha ido disminuyendo hasta situarse en las 94 kha anuales registradas en la última década. El número de incendios también ha venido descendiendo desde el máximo registrado de 18.087 incendios anuales en la década de los noventa hasta los 11.718 de la última década (fig. 2).

No solo ha disminuido la frecuencia y el área quemada por los incendios, sino que también lo han hecho los tamaños medio y extremo, a juzgar por las tendencias decrecientes estadísticamente significativas de los percentiles 50 y 95 del tamaño de incendio (2). Además, ha disminuido la proporción de superficie arbolada quemada, lo que hace que se quemen más frecuentemente superficies no arboladas, compuestas por matorral o pasto. Dentro del arbolado, la proporción de superficie quemada de pinar ha disminuido también, dando mayor entrada a vegetación formada por frondosas del género *Quercus* (2). En suma, ha disminuido también la peligrosidad del territorio que se viene quemando.

## Factores que afectan a los incendios

### Meteorología y clima

Los incendios se ven afectados por factores que operan a distintas escalas espaciotemporales (3). Al nivel más bajo de esta escala, el fuego se inicia en tanto que haya una

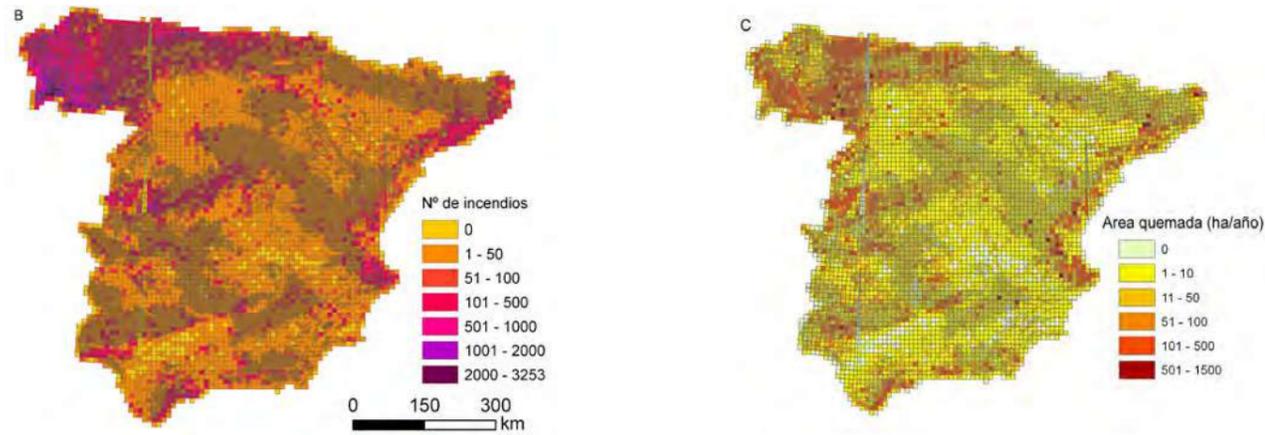


Figura 1. Número total de incendios (izda.) y área quemada (dcha.) en España durante el periodo (1974-2008) (cuadrículas de 10x10 km.) Las áreas sombreadas representan la superficie forestal (Mapa Forestal de España 1986-1997) Fuente: ©MITECO.

fuentes de calor externa que sea suficiente para inflamar las partículas de combustible, esto es, las partes vegetales vivas o muertas, incluyendo la hojarasca, y que provoca su entrada en ignición. Este proceso es exotérmico, por lo que una vez que se activa por una fuente de calor externa (e.g., una colilla, una chispa de una máquina agrícola o de un tendido eléctrico, un rayo) el fuego se mantendrá de forma autónoma en tanto exista combustible y oxígeno. A niveles medios espaciotemporales, el fuego, convertido en incendio, se ve controlado por la topografía, la meteorología y la vegetación, esto es, los combustibles. A escalas espaciotemporales mayores, tanto el clima como la vegetación o las fuentes de ignición son determinantes.

Durante las últimas décadas, los cambios habidos en el clima y la meteorología subyacente, el paisaje y el contexto socioeconómico español han afectado a los facto-

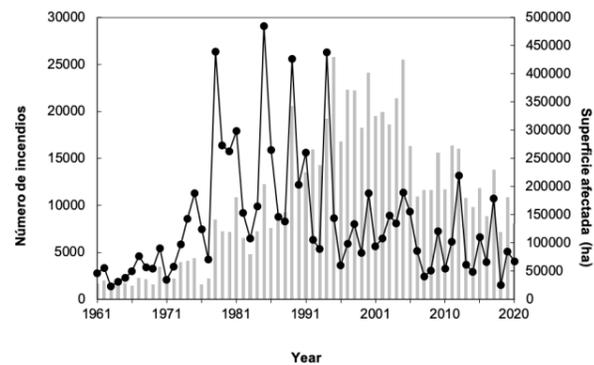


Figura 2. Incendios forestales registrados en España anualmente durante las últimas décadas (barras) así como superficie quemada por los mismos (líneas y puntos, ha). Fuente: © MITECO.

res espaciotemporales que controlan los incendios. En lo que concierne al clima, la temperatura ha cambiado como consecuencia del calentamiento global que, en 2021, supera 1,1°C a nivel de la superficie terrestre (4). Por su latitud, España se calienta algo más que la media global, por lo que el aumento de temperatura media asciende a 1,7°C (5). Las precipitaciones y la humedad del aire juegan un papel capital, al afectar a la humedad de los combustibles vivos y muertos. Las precipitaciones y el contenido en humedad del aire muestran una tendencia descendente en España (6). Otro elemento capital para el fuego es el viento, aunque no existen evidencias de un cambio significativo en este meteoro (6). La estrecha relación entre la meteorología y los incendios convierte a esta en la base de los distintos índices de peligro que usan las agencias de lucha contra el fuego. En la Unión Europea y en otros países del mundo se usa el sistema canadiense, denominado FWI (*FireWeatherIndex*, por sus siglas en inglés).

Existen numerosos estudios que muestran una buena correlación entre el FWI o sus componentes y derivados y los incendios, tanto su número como, sobre todo, la superficie quemada (2). La relación es más potente en las zonas más limitadas por el clima (zonas húmedas y frescas), mientras que disminuye en aquellas donde las condiciones son permanentemente más favorables para el fuego (secas, cálidas) (7). El FWI ha aumentado en España durante las últimas décadas. Como a medida que aumenta la media de una variable aumentan de manera desproporcionada los extremos de la gaussiana que caracteriza su distribución de frecuencias, los extremos de FWI (percentil 95) están también aumentando. Estos extremos son particularmente relevantes, pues durante ellos tienden a darse los ma-



La labor de los efectivos de extinción es clave para controlar el fuego © MITECO

yores incendios (8). Habida cuenta que unos pocos incendios grandes pueden acaparar una gran proporción de la superficie quemada, estas situaciones de peligro extremo son particularmente relevantes, pues bajo ellas los incendios se vuelven incontrolables, los frentes pueden alcanzar decenas de kilómetros y la alta intensidad que generan hace que la lucha frontal contra ellos sea imposible, por lo que la capacidad para detenerlos es más reducida.

La importancia de los fenómenos meteorológicos extremos no puede ser sino enfatizada. Su ocurrencia se ve favorecida por ciertas situaciones sinópticas de circulación atmosférica que, además, pueden afectar a varios extremos de manera concurrente. En concreto, las olas de calor y las sequías suelen estar asociadas, dando lugar a las situaciones más extremas y peligrosas. Estas situaciones pueden causar episodios de grandes incendios, que terminan afectando a grandes extensiones del territorio y causan grandes pérdidas. Situaciones extremas de este tipo fueron las causantes de los grandes incendios de Levante en 1994; o de Galicia, en 2006. Circunstancias de este tipo se han dado también en otras zonas mediterráneas, como en Portugal en los años 2003 y 2005; o en Grecia en 2007, entre otros (9). Más recientemente se están dando incendios que por su virulencia se los denomina de sexta generación, por su capacidad para liberar tal cantidad de energía que

producen estructuras meteorológicas propias, como pirocúmulos, producto de una rápida e intensa quema del combustible. Ejemplos de estos incendios los sufridos en Pedrogão (Portugal) en 2017, o más recientemente (2021) en Sierra Bermeja, Málaga.

## Vegetación, paisaje y otros factores

La vegetación que puebla nuestros paisajes, tanto en cantidad, calidad y continuidad horizontal ha experimentado notables cambios en las últimas décadas. La industrialización del país y la emigración del campo a mediados del siglo pasado trajo consigo el abandono de las tierras menos productivas, haciendo que los matorrales hayan ocupado buena parte de las zonas de cultivo o pasto abandonadas. Por otro lado, en los años cuarenta del siglo pasado se iniciaron planes de reforestación de muchas zonas poco aptas para el cultivo o el pastoreo, que se han mantenido hasta los años noventa. Con ellos se repoblaron con especies de pinos o eucaliptos amplias superficies. El resultado neto es que la superficie forestal ha aumentado y los paisajes se han vuelto más peligrosos. Por otro lado, los incendios pueden incrementar también la peligrosidad del paisaje, al hacer que las zonas quemadas se vuelvan más homogéneas, facilitando así la futura propagación del fuego.

Se están produciendo incendios de sexta generación que liberan enormes cantidades de energía y pueden generar estructuras meteorológicas propias en la zona afectada



El escenario que hay que tener en mente es lo ocurrido en Australia: grandes incendios favorecidos por el calor y la sequía. © Adam Dederer / Judi and Brendon Gray / WWF Australia

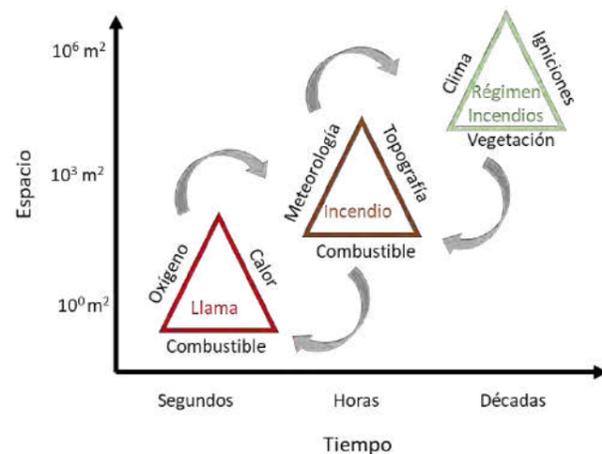


Figura 3. Factores que controlan el fuego a diferentes escalas espaciotemporales. De Moritz et al. 2005 (3).

Otros cambios importantes tienen que ver con la sociología española y el tipo de utilización del territorio, en tanto en cuanto haya podido afectar al número, lugar y momento en el que se aportan fuentes de ignición. Los datos que marcan esta tendencia son más elusivos, pues son múltiples los factores que pueden intervenir en las pautas de comportamiento que dan lugar a una ignición. En algunas zonas se ha producido una urbanización del monte, particularmente relevante a lo largo de la costa mediterránea o en ciertas zonas de montaña, lo que ha aumentado el riesgo de incendio por el incremento de igniciones que se producen en la interfaz urbano-forestal. En los sitios más despoblados, la tendencia ha sido hacia la disminución de las igniciones en los sitios remotos, para concentrarse en situaciones más cercanas a los núcleos urbanos (10). En paralelo a esto, a nivel estatal y autonómico se han puesto en marcha auténticos ejércitos de lucha contra el fuego. La

detección temprana y la capacidad de actuar de manera rápida contra el fuego, unido a los equipos motorizados y, particularmente, los medios aéreos, han hecho que la incidencia de los incendios haya disminuido notablemente, como se comentaba anteriormente (2).

## Los incendios bajo el clima futuro y otros cambios ambientales

### Proyecciones de clima futuro

El clima futuro depende de los compromisos que se alcancen en las cumbres de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y de su efectiva puesta en marcha. Se estima que los compromisos establecidos antes de iniciar la de Glasgow (Reino Unido) nos pueden conducir a un calentamiento superior a 2,7°C. Los que se han anunciado durante la misma, de materializarse, podrían situarnos en una senda inferior a 2°C (11). No obstante, dado que muchos países asumen pocos compromisos a corto plazo y, los que asumen, aunque ambiciosos en algunos casos, los trasladan a fechas posteriores a mediados de siglo, hace que sea difícil valorar su credibilidad. De momento, lo que sigue siendo muy cierto es que la tasa actual de emisiones nos conduce a un calentamiento mayor que lo acordado en el Acuerdo de París.

El reciente ‘VI Informe de Evaluación del IPCC (grupo I)’ resume las proyecciones que se hacen para el clima del Sur de Europa y el Mediterráneo según distintos escenarios, incluyendo algunos compatibles con cumplir el Acuerdo de París (4). En general, se prevé que el calentamiento durante este siglo aumente, siguiendo la senda de lo que ya viene ocurriendo, y será tanto mayor cuanto más altas sean las emisiones de gases de efecto invernadero. Las precipitaciones muestran una tendencia decreciente, aunque el nivel de incertidumbre es más alto. Aun así, se espera que disminuyan tanto más cuanto mayores sean las emisiones. Los extremos climáticos de calor y sequía se prevé que aumenten también, tanto más cuanto mayores sean las emisiones. No se proyectan grandes cambios en el viento y los que se hacen son a la baja. En general, el nivel de incertidumbre disminuye conforme aumentan las emisiones y el consiguiente calentamiento global. Estos cambios vienen acompañados de otros de singular importancia para los incendios, tales como un aumento en la frecuencia de rachas cálidas o del número de noches tropicales (e.g., con altas temperaturas y baja humedad relativa del aire), aumento de la sequía estival, disminución del contenido de humedad del suelo, aumento del número



mero de días consecutivos con suelos secos, o aumentos en el déficit de la presión de vapor del aire, entre otros.

En resumen, el clima se hará más cálido y seco, así como más extremo, y lo hará en mayor medida cuanto mayores sean las emisiones. Consiguientemente, el clima y la meteorología favorables para los incendios es muy probable que aumenten en el Sur de Europa y el Mediterráneo, incluida la Península Ibérica. El cambio es menor, pero detectable, y con un nivel alto de certidumbre incluso para un calentamiento global de 1,5° C, reforzándose en intensidad y robustez conforme pasamos a calentamientos de 2° C o superiores (12). Estas tendencias regionales se manifiestan en la Península Ibérica en forma de calentamientos mayores hacia el interior y sureste que en las zonas próximas a la costa. De igual manera, las precipitaciones disminuyen más hacia el sureste que en el norte y noroeste.

### Proyecciones de peligro meteorológico

Las proyecciones de clima indicadas más arriba están basadas en los últimos escenarios (CMIP6) que se han utilizado en el ‘VI Informe de Evaluación del IPCC’. Hasta ahora, estos escenarios no han sido utilizados tan extensamente como sus predecesores para el cálculo de los impactos que se derivan de ellos, en concreto en lo que se refiere a los incendios. No obstante, el cambio climático que emerge de esta nueva tanda de simulaciones no difiere sustancialmente del obtenido con simulaciones en bases a escenarios previos (CMIP5, SRES). Dada la abundante bibliografía que trabaja con dichos escenarios, nos basaremos en ellos para valorar el peligro futuro de incendio. Nos centraremos en el impacto sobre el FWI y sus componentes.



Fajinadas y mulching contra la erosión © MITECO

La tendencia que se obtiene es hacia un incremento del índice de peligro FWI con el tiempo, incremento que es tanto mayor cuanto mayores sean las emisiones, y que es consistente entre diferentes modelos de simulación de clima y escenarios (13, 14). Así, para el escenario SRES A1B (+2,8° C de calentamiento global a finales de siglo) (equivalente a la senda de calentamiento actual) (15), de un FWI medio de 30 para España y la estación de incendios (junio-septiembre) se pasaría a cerca de 50 a finales de siglo. Esto daría lugar a un incremento promedio de 50 días en la duración de la estación de incendios y haría que el nivel medio actual se rebasara más del 90 % de los días (13) (fig. 4).

### Proyecciones de frecuencia de incendios y área quemada

Las proyecciones realizadas sobre el área quemada están basadas en extrapolar las relaciones pasadas entre variables climáticas o índices de peligro y las estadísticas de incendios bajo escenarios de clima futuro. En general, estos trabajos arrojan incrementos importantes del área quemada para finales de siglo, incrementos que son dependientes del calentamiento global que se alcance. Así, mientras que para el escenario SRES B2 (+2,4° C de calentamiento global) el aumento sería del 39 %, para el SRES A2 (+3,4° C) sería del 45 %. A nivel global de los países mediterráneos de la UE, incluyendo Portugal, estos porcentajes ascienden al 66 % y 140 %, respectivamente (16), para dichos escenarios, mientras que para España ascenderían a 504 % y 839 %, equivalente a áreas quemadas de 899 y 1.396 kha anuales.

Las cifras de incremento, no obstante, varían entre diferentes trabajos, según se hagan las extrapolaciones y los modelos climáticos que se usen, llegando a arrojar aumentos del 200-300 %, equivalentes a 372 y 558 kha anuales, para el escenario A1B (+2,8° C) y varios modelos regionales y técnicas de reescalado (17), o a cifras más moderadas (40-54 % [+1.5 ° C], 62-87 % [+2 ° C], 96-187 % [+3 ° C]) (18). En todo caso, el aumento del área quemada anualmente es mayor cuanto mayor es el nivel de calentamiento.

La incertidumbre asociada a estas proyecciones es grande, pues no incorporan las complejas interacciones que pueden surgir entre la vegetación y los paisajes con el cambio climático y el aumento de CO<sub>2</sub>, así como con las que generan los propios incendios. Así, la aridización esperable en las zonas de clima seco o subhúmedo, conllevará un menor crecimiento de la vegetación, reduciendo así la peligrosidad del paisaje. No obstante, el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> puede contribuir a aumentar la eficiencia en el uso del agua, manteniéndolo

**La superficie forestal está aumentando y los paisajes se han vuelto más vulnerables al fuego por el progresivo abandono de los terrenos de cultivo y las repoblaciones en zonas rurales**

se la productividad y con ello la peligrosidad. De igual manera, estas proyecciones no incorporan los cambios que pueden surgir por modificaciones en las políticas o las mejoras en la lucha contra incendios. Con todo ello, la tendencia hacia una mayor severidad de la estación de incendios conforme el clima se calienta y se hace más seco es robusta, tendencia que es tanto mayor cuanto más grande es el calentamiento global.

Los aumentos de área quemada que se proyectan son importantes, si bien, los más moderados podrían llevarnos a situaciones que prácticamente ya hemos vivido recientemente, pues no debemos olvidar la magnitud de lo que se quemaba en los años ochenta. Los más extremos nos situarían en situaciones sin precedentes. Las cifras globales no permiten valorar dónde se van a producir los auténticos cambios, aunque es probable que estos sean mayores allá donde los incendios se ven más limitados por el clima (i.e., zonas de climas más húmedos) (17) que coincide también con los sitios más productivos, productividad que también se puede beneficiar de un aumento de las temperaturas. Uno de los aspectos más notables del cambio que se espera (ya está ocurriendo) afecta a la mayor frecuencia de situaciones extremas, que son las causantes de los incendios que queman miles de hectáreas y causan mayores impactos. Justo las situaciones donde la capacidad de lucha es menos eficiente. Por tanto, todo hace pensar que habrá un aumento de los grandes incendios incluyendo situaciones de múltiples incendios. El escenario que hay que tener en mente es lo ocurrido en Australia en 2019-2020 (19) o en California

en 2020 (20), donde se produjeron numerosos incendios de gran tamaño, favorecidos por situaciones extremas de calor y sequía, que quemaron enormes superficies, superando los registros anteriores por mucho en zonas donde los megaincendios han sido frecuentes. Escenarios de este tipo se harán más probables cuanto mayores sean los niveles de emisión y calentamiento.

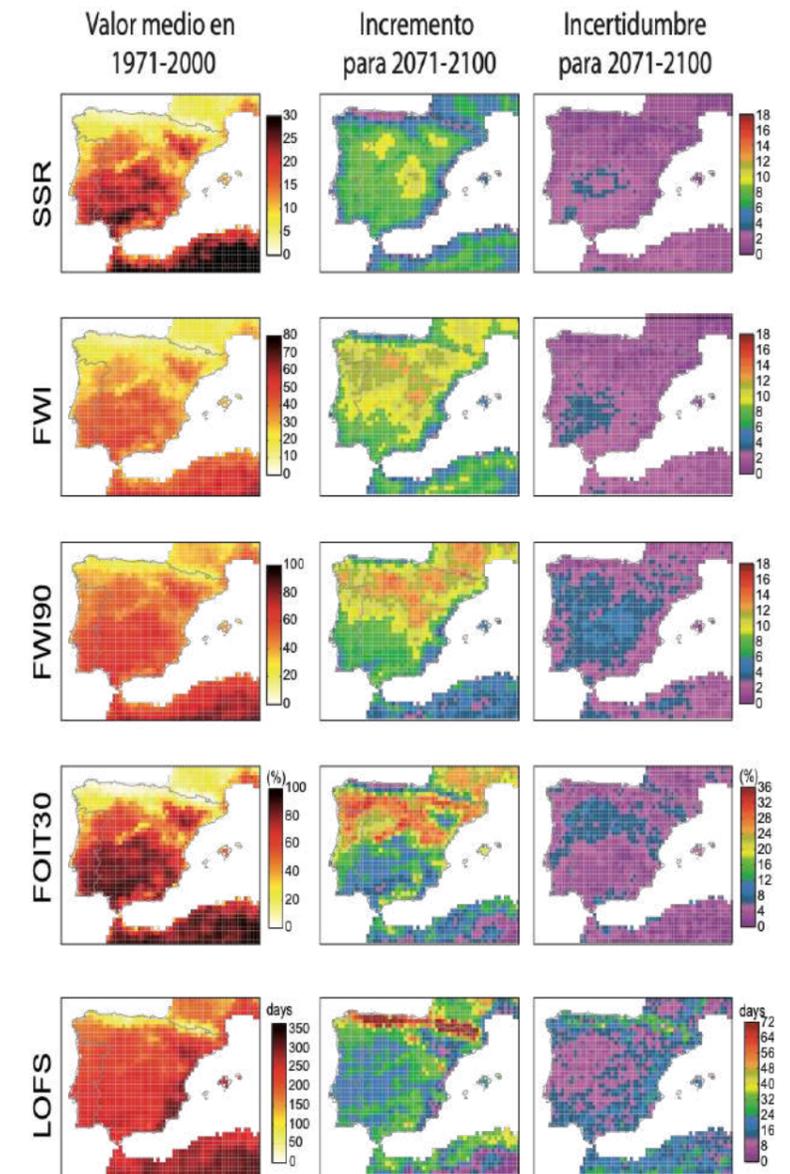


Figura 4. Mapas de peligro de incendio futuro basados en las proyecciones del proyecto ENSEMBLES para indicadores de las condiciones de peligro medias (SSR, 'Seasonal Severity Rating' y FWI, 'Fire Weather Index') y extremas (FWI90, percentil 90 del FWI, y FOT30, 'Frequency-over-threshold 30', o porcentaje de días en que FWI>30), para la estación de incendios de junio a septiembre (ambos inclusive). LOFS (Length of the Fire Season) indica el número de días de duración de la estación de incendios típica en el Mediterráneo. Se muestran las simulaciones del periodo de control (1971-2000) y futuras bajo el escenario de emisiones A1B (+2,8° C a finales de siglo), representándose como anomalías (o diferencias en términos absolutos con respecto a los valores del periodo de control para cada punto de la rejilla). Los resultados mostrados corresponden al promedio de cinco modelos regionales diferentes, acoplados a 2 GCMS distintos. La dispersión del multimodelo se presenta en la columna derecha en términos de su desviación típica. Adaptado de Bedia et al. 2014.



Un paisaje cortafuegos, clave contra los incendios © WWF

**Los sistemas de lucha contra incendios deben estar preparados para hacer frente a temporadas de incendio más largas y situaciones extremas más frecuentes, que pueden desencadenar incendios múltiples y simultáneos, repartidos por amplias zonas del territorio nacional**

extremas más frecuentes, que pueden desencadenar incendios múltiples y simultáneos, repartidos por amplias zonas del territorio nacional.

La gestión de los ecosistemas quemados no puede basarse en el clima pasado, sino que debe planificarse teniendo en cuenta el dinamismo de la vegetación bajo el clima cambiante que nos espera. La gestión, particularmente en las zonas protegidas, no puede basarse solamente en la prevención, sino que debe incorporar la ecología del fuego. El objetivo debe ser restaurar los ecosistemas para hacerlos más resistentes y resilientes al fuego y al cambio climático, maximizando los servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad.

Hay que diferenciar de manera explícita los objetivos de protección de los activos humanos, por su interés económico o de otro tipo, de los naturales, pues la consecución de ambos puede ser contradictoria. Hay que dar cabida al fuego como aliado de la gestión, a través de quemadas prescritas o del uso oportunista de los incendios que se produzcan, con el fin de conseguir los objetivos de la gestión. Apagar todos los incendios a cualquier coste, puede no ser útil desde el punto de vista ecológico, ni rentable. La gestión forestal debe incluir como parte de la gestión no solo la prevención sino los efectos del fuego. Puesto que no todos los incendios son igualmente dañinos y en algunos casos el fuego puede ser favorable para el mantenimiento del ecosistema y, además, puede contribuir a evitar la acumulación de combustible y el subsiguiente incendio de mayor severidad, y por tanto más lesivo, es necesario cambiar el paradigma de la gestión (9). El objetivo no debe centrarse en disminuir la superficie quemada, sino en disminuir los riesgos ocasionados por el fuego, minimizando los daños sobre los valores y recursos humanos y ecológicos.

El cambio climático que se proyecta hasta mediados de siglo está determinado por las inercias del clima y socioeconómicas, lo que limita grandemente las incerti-

dumbres del clima. Esto permite usar las herramientas de modelado climático existentes para calcular el peligro futuro y usar esas proyecciones para guiar la gestión. Como los incendios no se reparten al azar por el territorio, sino que se concentran en zonas particulares, sus impactos no son homogéneos. Anticiparse a las consecuencias más indeseadas de los incendios requiere conocer cuáles los ecosistemas más vulnerables, y planificar las posibles respuestas con anterioridad sabiendo el posible efecto del fuego y la respuesta del ecosistema. Esto requiere un conocimiento espacialmente explícito de dónde ocurren los incendios, así como de sus riesgos sobre los sistemas naturales y humanos. Necesitamos una cartografía del riesgo causado por los incendios. 🌿



Incendio en Sierra Bermeja (Málaga)

**El clima se hará más cálido, seco y extremo y es muy probable que aumente la meteorología favorable para los incendios en el sur de Europa y el Mediterráneo, incluida la Península Ibérica**



**Conclusiones y recomendaciones para la adaptación**

Los incendios forestales se reparten por toda la geografía nacional. Consiguientemente, la gestión del territorio y sus ecosistemas, tanto en zonas protegidas como sin proteger, tiene que hacerse contemplando el papel del fuego, no ignorándolo, como se hace hasta ahora. El cambio climático trae consigo un incremento del peligro meteorológico medio, así como del extremo. Otros cambios relacionados con el clima o la socioeconomía pueden contribuir también a aumentar la peligrosidad del territorio. Los sistemas de lucha contra incendios deben estar preparados para hacer frente a temporadas de incendio más largas y situaciones



## Bibliografía

1. J. M. Moreno, A. Vázquez, R. Vélez, "Recent History of Forest Fires in Spain" in Large forest fires, J. M. Moreno, Ed. (Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 1998), pp. 159-185.
2. I. R. Urbieto, M. Franquesa, O. Viedma, J. M. Moreno, Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science* **76**, 90-90 (2019).
3. M. A. Moritz, M. E. Morais, L. A. Summerell, J. M. Carlson, J. Doyle, Wildfires, complexity, and highly optimized tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**, 17912-17917 (2005).
4. IPCC, "Summary for Policymakers" in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L., Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K., Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou Ed. (Cambridge University Press, 2021), pp. In press.
5. AEMET (2021) Informe sobre el estado del clima de España 2020. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Agencia Estatal de Meteorología, Madrid).
6. S. M. V. Serrano, E. R. Camino, F. D. Castro, C. A. Molina, An updated review on recent trends in observational surface atmospheric variables and their extremes over Spain. *Cuadernos de Investigación Geográfica/Geographical Research Letters*, 209-232 (2017).
7. I. R. Urbieto *et al.*, Fire activity as a function of fire-weather seasonal severity and antecedent climate across spa-

8. J. San-Miguel-Ayanz, J. M. Moreno, A. Camia, Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management* **294**, 11-22 (2013).
9. F. Moreira *et al.*, Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environmental Research Letters* **15**, 011001 (2020).
10. O. Viedma, I. R. Urbieto, J. M. Moreno, Wildfires and the role of their drivers are changing over time in a large rural area of west-central Spain. *Scientific Reports* **8** (2018).
11. C. O'Grady, New pledges could keep global warming below 2°C target. *Science* **374**, 801-802 (2021).
12. S. I. Seneviratne, X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J., Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S. M. Vicente-Serrano, M. Wehner, B. Zhou, "Weather and climate extreme events in a changing climate" in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L., Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou, Ed. (Cambridge University Press, Cambridge, UK), pp. In press.
13. J. Bedia, S. Herrera, A. Camia, J. M. Moreno, J. M. Gutiérrez, Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. *Climatic Change* **122**, 185-199 (2014).
14. J. Bedia *et al.*, Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: Implications for climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* **214**, 369-379 (2015).
15. UNEP (2021) Emissions Gap Report 2021: : The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered. (United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya), p 112.
16. G. Amatulli, A. Camia, J. San-Miguel-Ayanz, Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of the total environment* **450**, 209-222 (2013).
17. P. M. Sousa, R. M. Trigo, M. G. Pereira, J. Bedia, J. M. Gutiérrez, Different approaches to model future burnt area in the Iberian Peninsula. *Agricultural and Forest Meteorology* **202**, 11-25 (2015).
18. M. Turco *et al.*, Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nature communications* **9**, 1-9 (2018).
19. M. M. Boer, V. Resco de Dios, R. A. Bradstock, Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change* **10**, 171-172 (2020).
20. J. E. Keeley, A. D. Syphard, Large California wildfires: 2020 fires in historical context. *Fire Ecology* **17**, 22 (2021).



Incendio de Navalafuente (Ávila) en agosto de 2021, uno de los peores que ha sufrido España © MITECO

# Ciclones tropicales en las cercanías de España: el probable futuro que nos espera

**Juan Jesús González Alemán**

Doctor en Física y Meteorólogo Superior del Estado. Área de Modelización del Departamento de Desarrollo y Aplicaciones de la AEMET

Una vez que está ampliamente establecida la idea de que el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera –debido a las emisiones antropogénicas– está causando un calentamiento global, todas las investigaciones se dirigen ahora a los efectos que puede tener este calentamiento y su consecuente cambio climático en fenómenos meteorológicos adversos y extremos. Es decir, eventos que tienen un gran impacto negativo en la sociedad y que no se dan con frecuencia.

**Se empiezan a notar cambios hacia una mayor tropicalización de los ciclones en la cuenca mediterránea, donde reciben el nombre de ‘medicanes’**

Uno de estos fenómenos más llamativos que se proyecta que sufra cambios atmosféricos es el de los ciclones tropicales. De forma resumida, y sin entrar en otros detalles de sus características que son también importantes, se espera que reduzcan su frecuencia en general, pero aquellos que son más intensos (como los huracanes de categoría 3, 4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson) aumentarían su frecuencia e incluso serían cada vez más intensos. Siempre refiriéndonos a sus regiones propicias de formación, es decir, las regiones tropicales. Esto es un resultado robusto confirmado por numerosos estudios, como ya queda reflejado en el último informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). Sin embargo, otro de los cambios más notables y sorprendentes es el de una expansión de su zona de influencia hacia latitudes medias, y con ello afectar regiones de interés español. A continuación, exploraremos esta idea.

## Alteraciones observadas y tropicalización

Si ponemos la mirada al Atlántico, podemos intuir que ya están avisando de ese cambio. En los últimos años se están observando alteraciones en la dinámica atmosférica que afecta a regiones del norte de la Macaronesia, región que engloba Azores, Canarias, Madeira e Islas Salvajes, así como la zona marítima al suroeste de la Península Ibérica. La atmósfera en esta región está indicando que el clima puede estar ya tropicalizándose.

En los últimos quince años, desde el paso por Canarias de la histórica tormenta tropical Delta en 2005, causando enormes pérdidas socioeconómicas y humanas, el norte de la Macaronesia ha sido testigo de un aumento considerable del paso de ciclones con características tropicales. Este tipo de ciclones son zona bajas presiones de tiempo adverso que no muestran un típico comportamiento de las borrascas de latitudes medias –o ciclones extratropicales– a las que suelen estar acostumbradas estas regiones. Estas bajas muestran características más similares a los típicos ciclones tropicales que suelen afectar a regiones tropicales del planeta, como por ejemplo la



El huracán Florence fue un poderoso ciclón tropical de categoría 4 sobre el océano Atlántico © NASA

región caribeña al otro lado del Atlántico. De hecho, estos fenómenos cada vez se están pareciendo más a los ciclones tropicales en su estructura y naturaleza. Tal es así que el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos ha aumentado la actividad centrada en nuestra cuenca en los últimos años, con el nombramiento continuado de un nada despreciable grupo. De hecho, esta anomalía se ha incrementado en los últimos 5 años. Tenemos varios ejemplos notables:

- El huracán **Alex** en 2016, que se generó al sur de Azores. Sus vientos máximos sostenidos fueron de 140 km/h., alcanzando categoría de huracán mientras se movía por todo el Atlántico Nordeste de forma inusual. Fue el primer huracán en formarse en un mes de enero desde 1938.
- El huracán **Ophelia** en 2017, primer huracán en adquirir categoría 3 en el Atlántico Nordeste desde que hay registros (1851), con vientos máximos sostenidos de más de 170 km/h.
- El huracán **Leslie** en 2018, el primer huracán en situarse tan cerca de la costa peninsular (~100 km). Golpea Portugal con rachas de vientos de hasta 190 km/h.
- El huracán **Pablo** en 2019, el huracán que se ha formado más cerca de Europa.
- La tormenta tropical **Theta**, que el pasado año amenazaba a las Islas Canarias y quedó a tan solo 300 km. de afectarles de lleno.



El medicane Ianos, de categoría 2, afectó principalmente a Grecia en septiembre de 2020



Efectos del viento del huracán Gloria en Alicante

### Los análisis científicos apuntan a que los cambios documentados están relacionados con el cambio climático

Además de estos casos, existe una larga lista que los acompañan, de tal forma su frecuencia de aparición e intensidad se ha incrementado notablemente. Antes de 2005, la frecuencia era de 1 cada 3 o 4 años, e incluso sin llegar a tener mucho potencial de impacto dañino por ausencia de condiciones atmosféricas y oceánicas favorables.

Pero estos cambios no solo se están observando a nuestro oeste. Si dirigimos la mirada al Mediterráneo también se empiezan a notar cambios hacia una mayor tropicalización de los ciclones con características tropicales que allí se forman. En esta cuenca, reciben el nombre de *medicanes* —de MEDiterraneanhurriCANES, en inglés—. Al igual que sucede con algunos ciclones tropicales en el Atlántico, los *medicanes* en realidad surgen de las típicas borrascas de invierno a las que están acostumbrados allí. Lo que ocurre es que hay algunas que cuando llegan o se forman en el Mediterráneo empiezan a adquirir ciertas características tropicales.



La tormenta tropical 'Delta' dejó una racha de viento de hasta 248 km/h en Canarias. El mayor valor registrado en España © AEMET



Figura. La predicción del Centro Nacional de Huracanes para el Huracán Ofelia en 2017, cuando amenazaba con cierto potencial de impactar en la Península Ibérica. © Centro Nacional de Huracanes.

### ‘Medicane’, un concepto teórico

Se les llama “hurricanes”, pero en realidad no suelen adquirir intensidad ni estructura de huracán real. Hay un largo debate en la comunidad científica sobre ello, ya que históricamente se ha tratado mal el concepto de *medicane* y se ha llamado así a muchos ciclones que no son realmente huracanes, sino que se parecen a los ciclones tropicales —sin llegar a intensidad de huracán— al adquirir ciertas características tropicales. *Medicane* es un concepto teórico que surgió para explicar la posibilidad de que el Mediterráneo pueda albergar huracanes. Sin embargo, no ha habido evidencias de que estos ciclones hayan podido llegar a comportarse como auténticos huracanes. Es decir, el concepto de *medicane* se ha aplicado a aquellos ciclones que llegan a tener ciertas semejanzas con los ciclones tropicales, pero no tienen por qué ser ciclones tropicales.

Pero este relato de clima sin calentamiento global antropogénico podría estar empezando a cambiar y, de hecho, ya que se están observando estos fenómenos con mayor potencial de comportarse como auténticos ciclones tropicales. Hace unas semanas, la comunidad científica meteorológica y atmosférica quedaba sorprendida por la publicación en la prestigiosa revista 'Bulletin of the American Meteorological Society' de la primera evidencia de formación de un huracán de categoría 2 —*medicane* Ianos— en el Mediterráneo. El evento sucedió el pasado septiembre de 2020, pero se han debido realizar unos análisis posteriores a partir de satélites y observaciones en tierra para poder determinar tal conclusión.

### Proyecciones climáticas para predecir los cambios

Ante estos cambios detectados, una primera reacción obvia es preguntarnos si existe alguna relación con el cambio climático. La respuesta es que todo apunta a que sí, pero debemos profundizar más en conocer esta relación con más investigaciones:

Por un lado, debemos conocer la relación con los eventos observados, para lo cual en España de momento no

### La atmósfera en la Macronesia atlántica está indicando que el clima puede estar ya tropicalizándose

hemos estado en disposición técnica de poder realizar este tipo de estudios operativos de atribución que ya se empieza a hacer en otros países. Lo que sí podemos establecer es una relación fundamentada en los estudios de proyecciones de escenarios climáticos futuros. Estos estudios vislumbran una mayor frecuencia de llegada de estos fenómenos a nuestras regiones. Todo ello es debido a una expansión hacia latitudes medias de las condiciones favorables para el desarrollo de estos fenómenos y sobre todo para conservar su estructura tropical una vez se desarrollan en zonas cercanas. En parte debido a una extensión de la región de altas temperaturas oceánicas hacia el nordeste en el Atlántico Norte, aunque se necesita indagar más en la componente atmosférica. Es en estos estudios de proyecciones climáticas donde sí que podemos establecer una relación, aunque los análisis disponibles actualmente son escasos. Se nece-



Tormenta en la ciudad costera italiana de Camogli



Destrozos provocados por una tormenta en 2018 en la ciudad griega de Kalamata

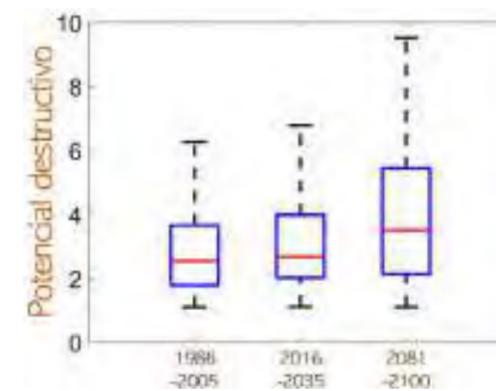


Figura. Aumento futuro del potencial destructivo de los medicanes. © González-Alemán et al. (2019) [GRL; <https://doi.org/10.1029/2018GL081253>]

sitan más estudios que confirmen y afinen aún más las características concretas de estos futuros eventos para poder efectuar una mejora en los planes de adaptación al cambio del clima esperable.

Por otro lado, también se esperan cambios en el Mediterráneo. A pesar de que en los últimos 40 años los

*medicanes* prácticamente no sido capaces de alcanzar una estructura completa ni intensidad de huracán, diversos estudios han establecido un vínculo entre el calentamiento global y el aumento de la intensidad y robustez en la estructura tropical de estos fenómenos. Los *medicanes* disminuirán en frecuencia, pero su comportamiento se volvería potencialmente más dañino conforme nos adentramos en el calentamiento global. Tenderían a durar más, a la vez que producirán vientos más fuertes y precipitaciones más intensas y abundantes. Estos cambios están asociados a la obtención de una estructura cada vez más auténtica de huracán, y se espera incluso que lo tengan bastante más fácil para alcanzar la categoría 2 de huracán, algo que en un clima sin cambio climático es prácticamente imposible.

**Cuando estos ciclones empiezan a acercarse a nuestra región, aumenta la incertidumbre y la predicción es más compleja**



Tornados sobre el mar Mediterráneo

Por tanto, una continuación del calentamiento antropogénico incrementará el riesgo asociado a los *medicane*s, incluso en un escenario intermedio (rcp 4.5), con nefastas consecuencias naturales y socioeconómicas en la cuenca mediterránea. De ahí la importancia de limitar el calentamiento global a 1.5°C. Pero el hecho de que se haya evidenciado por primera vez la formación de un auténtico huracán, incluso de categoría 2, muestra que los *medicane*s ya están teniendo el potencial de formar

**Los ‘medicane’ tienden a dejar un alto impacto en la población, y son un serio riesgo para las zonas altamente pobladas de las costas mediterráneas debido a sus intensas precipitaciones, fuertes vientos, oleaje y marejada ciclónica**

huracanes reales y con intensidades más esperables en un contexto de cambio climático profundizado.

### Impacto en la población

Si bien es cierto que es muy improbable que estos fenómenos lleguen a alcanzar intensidades mayores como las de los huracanes de categoría 3 o más —las típicas alcanzadas en regiones tropicales del Mar Caribe y Golfo de Méjico— al afectarnos, los huracanes y tormentas tropicales de menor entidad son también vigiladas con especial atención por su alto impacto en las costas americanas, a lo que tenemos que añadir que en nuestra región no estamos tan preparados para ello.

Otra característica que tener muy en cuenta es que están asociados a una mayor incertidumbre en su predicción. Al contrario que en los trópicos, donde las trayectorias de los ciclones son afectadas por factores más fácilmente predecibles, cuando estos ciclones empiezan a acercarse a nuestra región de latitudes medias empiezan a ser afectados por factores menos predecibles típicos de la dinámica atmosférica en latitudes medias, con el consiguiente aumento de la incertidumbre. Otro aspecto importante es el potencial que tienen de causar un mayor impacto cuando empiezan a evolucionar a borrascas de latitudes medias —transición extra-tropical— lo que los lleva a ampliar su radio de acción e incluso con posibilidad de volverse más intensos. Por tanto, las predicciones podrían convertirse en más complejas ante un aumento de estos fenómenos.

Por otro lado, los *medicane*s tienden a dejar un alto impacto en la población, lo cual supone un serio riesgo para las zonas altamente pobladas de las costas mediterráneas debido a sus intensas precipitaciones, fuer-



Resulta improbable que en el Mediterráneo se lleguen a alcanzar intensidades y destrozos como ocurre en las regiones tropicales

tes vientos, oleaje y marejada ciclónica. Causan notables pérdidas económicas —en mayor medida— como pérdidas humanas. Por ejemplo, el caso del *medicane* Numa, que en noviembre de 2017 dejó pérdidas económicas entorno a los 100\$ millones. O el *medicane* Ianos, que dejó 4 víctimas mortales y pérdidas del orden de los 100\$ millones. Aunque es de destacar la importante mejora en la preparación ante estos fenómenos, pues en 1969 un *medicane* dejaba 600 muertos en Túnez y Argelia. Por tanto, estudiarlos para entender mejor y anticipar su comportamiento es importante, pero además comprender cómo el calentamiento global podría afectarles es crucial, lo cual ayudará a conseguir una mejor adaptación.

### Incertidumbre en la observación

Por último, no podemos acabar sin explicar también las posibles incertidumbres en las tendencias asocia-

das a estos fenómenos. Si bien todos estos cambios en el Atlántico suelen considerarse con referencia a los registros históricos que empiezan en 1851, es a partir de 1966 cuando realmente podemos suponer los registros como robustos y comparables a los de nuestra época actual, por ser cuando se pudo empezar a observarlos mediante satélite. En el Mediterráneo ocurre lo mismo. A partir de la década de los 60 es cuando realmente podemos tomar los registros como equivalentes por el mismo motivo. Además, las técnicas y análisis para estudiarlos no permiten detallar con exhaustividad sus estructuras al ser fenómenos de pequeña escala y afectar sobre todo a zonas oceánicas despobladas. Es en la última decena de años cuando esto está empezando a cambiar. Por tanto, siempre hay que tener esto en consideración cuando hablamos de tendencias observadas en estos fenómenos, aunque es cierto que los modelos climáticos son claros al respecto en sus proyecciones, los cuales suponen una herramienta muy robusta. 🌿

# Sequías, inundaciones y DANAs

## La urgente adaptación de los territorios a los fenómenos extremos del agua

**Jorge Olcina Cantos**

Presidente de la Asociación Española de Geografía. Catedrático de Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Alicante



España está registrando periodos de sequía más cortos pero más intensos

El cambio climático es una evidencia científica. No hay discusión posible. Los datos son concluyentes. Lo importante ahora es investigar su evolución regional para las próximas décadas y desarrollar soluciones para reducir sus efectos en los territorios, en las sociedades y en las actividades económicas. España es un “territorio de riesgo”. Algunas de sus regiones registran un nivel de riesgo muy elevado, de los más altos en el conjunto de Europa, debido a la confluencia de una peligrosidad natural, climática principalmente, muy elevada y a un grado de ocupación del territorio por población y actividades económicas de elevado valor (vulnerabilidad) intenso.

La relación entre cambio climático y riesgos se puso de manifiesto ya en el 4º Informe (2007) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y, desde entonces, los siguientes informes no han hecho sino confirmarlo y elevar su intensidad. El 6º Informe, publicado en agosto de 2021, indica que en la región mediterránea, en la que se incluye nuestro país, los efectos del cambio climático van a suponer una frecuencia mayor de eventos meteorológicos de rango extraordinario, especialmente de sequías e inundaciones. El agua, por exceso y defecto, va a ser protagonista como eje de actuaciones de las administraciones en nuestro país debido a las consecuencias en la sociedad y la economía previstas en el contexto de cambio climático actual.

**El agua, por exceso y defecto, va a ser protagonista como eje de actuaciones de las administraciones en nuestro país debido a las consecuencias en la sociedad y la economía previstas en el contexto de cambio climático actual**

Es cierto que la Tierra tiene un clima, o mejor, unos climas cambiantes por naturaleza. Desde el origen de nuestro planeta las condiciones climáticas nunca han sido las mismas; se han modificado en función de factores ‘naturales’ (cambios en la inclinación del eje de la Tierra, en la órbita de traslación alrededor del Sol, cambios en la ocupación vegetal del suelo, grandes erupciones volcánicas). Hemos pasado por fases cálidas y frías, húmedas y secas. La propia configuración y posición de las masas continentales han favorecido las alteraciones zonales o regionales de los climas terrestres a lo largo de la historia. Pero el cambio

climático actual es diferente. Tiene un nuevo agente causal que se ha sumado a los factores naturales señalados: el ser humano. En efecto, la fase climática actual es un proceso de anormal calentamiento térmico de las capas bajas de la atmósfera terrestre que está causado por la emisión de gases de efecto invernadero procedentes, principalmente, de la combustión de fuentes de energía fósil.

Si hace poco más de un siglo el clima terrestre salía lentamente de un período frío (Pequeña Edad del Hielo, entre finales de la Edad Media y el siglo XIX), iniciado el siglo XXI las condiciones climáticas del planeta siguen un ritmo anormalmente acelerado de calentamiento.

La solución principal para esta cuestión es evidente: disminuir la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Pero ello implica un cambio importante, sustancial en numerosos países y regiones, en el modelo de abastecimiento energético para el desarrollo de las actividades económicas, para el funcionamiento de las áreas urbanas y para la movilidad, que no es posible asumir en el corto plazo o es rechazado, directamente, por algunos de ellos.

El cambio climático está adquiriendo en latitudes ibéricas unos rasgos propios que permiten hablar de una ‘mediterraneización’ del proceso de calentamiento climático, debido a la acumulación de calor en esta cuenca marina que está alterando de forma rápida los procesos atmosféricos: intensificación de lluvias, incremento de “noches tropicales”, mayor frecuencia de eventos extremos. Un clima, en suma, térmicamente menos confortable, con mayor duración del calor y temperaturas más elevadas por la noche (noches tropicales) y con eventos meteorológicos de gran energía que generan daños.

Un aspecto poco conocido por la sociedad del actual proceso de calentamiento climático es la alteración que se está registrando en la circulación general de la atmósfera terrestre, es decir, en el sistema de vientos y presiones que regula en funcionamiento del clima de nuestro planeta. Y este hecho tiene incidencia directa en el desarrollo de los tiempos meteorológicos que vivimos a diario. En España, esta alteración de la circulación atmosférica está causando el desarrollo más frecuente de fenómenos meteorológicos de carácter extremo. Básicamente, este cambio está afectando al desarrollo de tormentas con lluvias de intensidad y mayor aparato eléctrico, de temporales marítimos con oleaje intenso (p.e. ‘Gloria’), de borrascas explosivas, de fenómenos de tornado, de olas de calor de larga duración, de gotas frías en invierno que causan temporales de nieve intensa (p.e. ‘Filomena’), o de períodos cortos pero muy intensos de falta de lluvias. Se puede afirmar que, en los



La singularidad del cambio climático en latitudes mediterráneas. Elaboración propia.

últimos años, a causa del cambio climático, están incrementándose los episodios meteorológicos de rango extraordinario relacionados con las mayores temperaturas en el aire y en el mar y con la existencia de mayor energía atmosférica, mientras pierden protagonismo los relacionados con el frío prolongado (heladas), sin olvidar que se pueden desarrollar, como hemos comprobado en los últimos años, nevadas torrenciales en los meses invernales.

### Corriente en chorro polar

La causa última de este aumento, ya registrado, de episodios atmosféricos de rango extraordinario en España, está en los cambios observados en la velocidad de la corriente en chorro (en este caso, el jet polar del hemisferio norte) que estaría circulando durante más días al año con menor velocidad originando circulaciones de bloqueo. Algunos estudios señalan que la velocidad media de la corriente en chorro polar se habría reducido un 14 % desde 1980. Esto implica, como se ha señalado, una mayor ondulación del chorro, es decir, la generación más frecuente de ondas planetarias (crestas y vaguadas) con desplazamientos más rápidos de masas de aire cálido hacia latitudes septentrionales y de aire polar o ártico hacia el sur. Recientemente se ha confirmado el aumento de la circulación atmosféricas de 'gota fría' (DANAs) en latitudes medias planetarias, que en hemisferio norte habría supuesto un incremento

del 20 % desde 1960 a 2017. Además, en el sector europeo de las latitudes medias las áreas donde se habría concentrado la instalación de estas depresiones aisladas en niveles altos de la atmósfera corresponderían a Golfo de Cádiz y al Mediterráneo Occidental en su conjunto.

Los dos extremos relacionados con el agua por defecto y exceso (sequías y lluvias abundantes que causan inundaciones) constituyen las dos caras de una misma moneda en los climas de tipo mediterráneo, como los que tenemos se producen en gran parte de España, salvo en la franja cantábrico-pirenaica y en el archipiélago canario. Y presentan una tendencia clara de intensificación de sus efectos en las últimas décadas. Además, las proyecciones climáticas para las próximas décadas hablan de un incre-

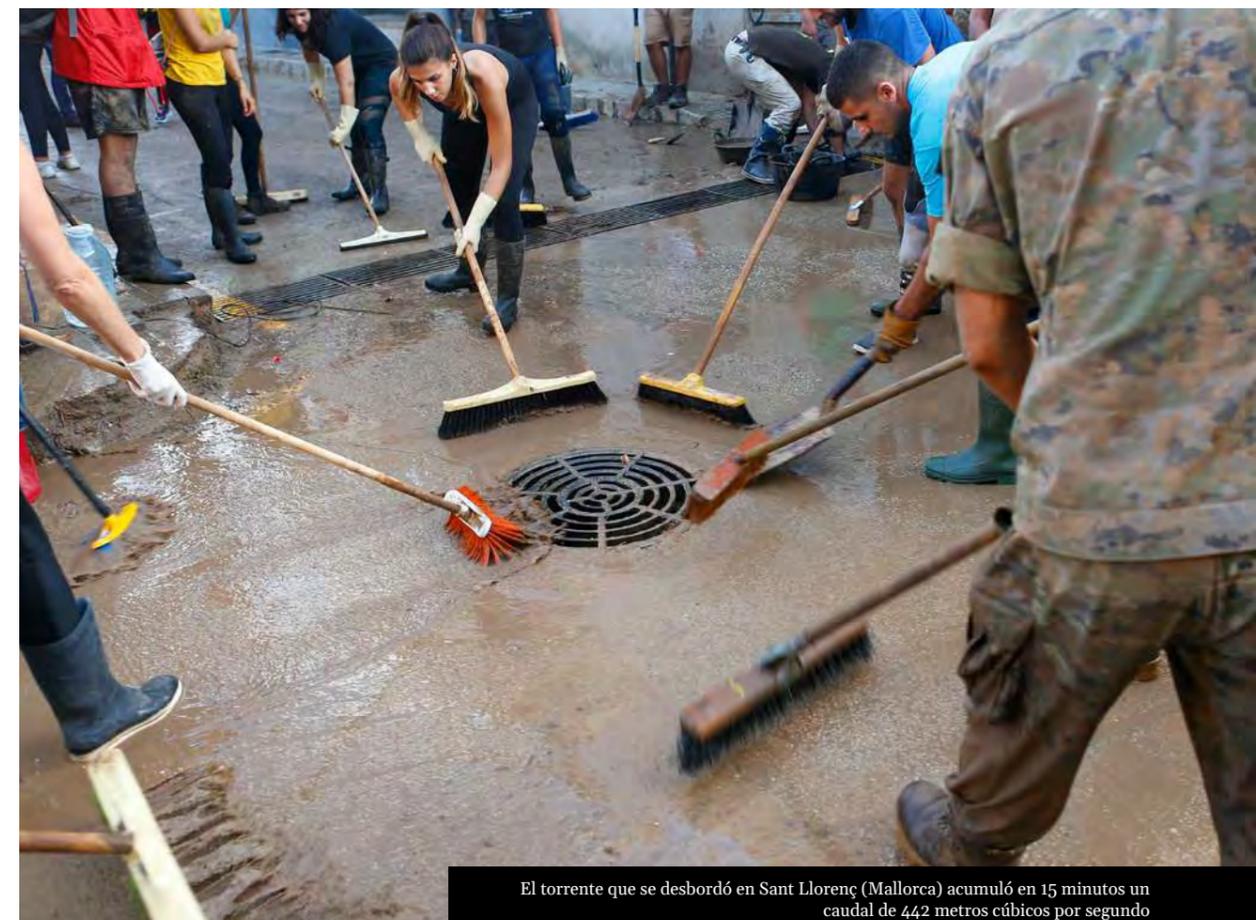
**La alteración del sistema de vientos y presiones que regula en funcionamiento del clima está causando en España el desarrollo más frecuente de fenómenos meteorológicos de carácter extremo**

mento en este comportamiento, de manera que episodios de sequía y eventos de lluvia intensa o torrencial serán más frecuentes en el futuro próximo. Las tendencias de precipitación en España señalan un descenso en todo su territorio que será más notable a medida que avanzamos hacia el sur peninsular. Pero este proceso de largo plazo (horizonte 2100), se va a ver salpicado de episodios de sequía y de inundación frecuentes.

### Tipos de sequía

España tiene distintos tipos de sequía, en función del territorio afectado, de la duración de sus efectos y de las causas atmosféricas que los originan. Al menos se pueden distinguir cuatro tipos principales: sequías ibéricas, que afectan a todo el país y tienen una duración mínima de un par de años (p.e. sequía 1991-94); sequías cantábricas, que afectan a la fachada cantábrica peninsular, y que son muy excepcionales, pero con efectos importantes en los abastecimientos de agua (p.e. sequía 1989-90); sequías en el noreste peninsular (Cataluña), también intensas en sus efectos y con mayor frecuencia de

desarrollo que las cantábricas (p.e. 2007-08); y sequías en el sureste ibérico, con alta frecuencia de aparición y carácter prácticamente estructural (2004-08). En todos los casos, el origen atmosférico es la mayor frecuencia de desarrollo de situaciones atmosféricas de estabilidad anticiclónica, si bien la propia posición media de dichos anticiclones justifica que sus efectos sean mayores en unas u otras regiones de nuestro país. En el caso de las sequías que afectan al sureste peninsular, su propia ubicación geográfica, alejada de los efectos pluviométricos de las borrascas atlánticas, agrava la intensidad y la duración de estas secuencias de falta de lluvia, que se convierten en un rasgo estructural de su clima. Los modelos de tendencia de las precipitaciones señalan, como se ha señalado, un descenso progresivo en las mismas para las próximas décadas que afectaría de forma más notable a las regiones del centro, sur y sureste de nuestro país. Hay un área geográfica que está experimentando un descenso preocupante de lluvias y de aportación a los recursos hídricos en las últimas décadas. Se trata de los Montes Universales, en la cordillera Ibérica, que es un nudo hidrográfico fundamental para España, donde tienen su



El torrente que se desbordó en Sant Llorenç (Mallorca) acumuló en 15 minutos un caudal de 442 metros cúbicos por segundo

origen los ríos Tajo y Júcar. De ahí la reducción de aportaciones hídricas en cabecera que se estima importante a mediados de siglo con las implicaciones para la planificación hidrológica de estas demarcaciones hidrográficas.

En los últimos años se observa, además, un fenómeno singular en relación con las sequías en España. No se desarrollan secuencias largas de dos o más años, pero los períodos de reducción de lluvias respecto a lo normal son muy intensos. Es decir, que asistimos al desarrollo de sequías más cortas pero intensas. Este dato tendría su justificación en la mencionada alteración de la circulación atmosférica en latitudes medias y la frecuencia mayor de desarrollo de situaciones de 'fría' o DANA que romperían con jornadas de precipitaciones abundantes las secuencias anticiclónicas secas.

Más efectos directos están teniendo ya los episodios de lluvia intensa que originan inundaciones en España. Este aspecto, relacionado directamente con el proceso de calentamiento climático, está causando graves pérdidas económicas en los últimos años y sigue provocando víctimas mortales. Hay una serie de procesos atmosféricos, relacionados con el desarrollo de precipitaciones, que están manifestando ya los efectos del cambio climático en nuestro país. En general podemos decir que está cambiando la forma de llover en España. Por una parte, la señalada disminución general de la cuantía anual, aunque con ma-



trices regionales y comarcales. Por ejemplo, en algunas zonas del litoral mediterráneo la tendencia de las precipitaciones está resultando positiva en los últimos treinta años. Esto se debe al mayor desarrollo de episodios de lluvia torrencial debido al calentamiento que también está experimentando el agua del mar Mediterráneo, lo que favorece la formación de nubes muy cargadas de energía que concentran espacialmente las precipitaciones en corto espacio de tiempo.

En segundo lugar, los cambios en la estacionalidad de las precipitaciones, con una tendencia a la disminución de lluvias en primavera y un aumento de cantidades en otoño. Esto es especialmente notable en la mitad este peninsular y va a tener efectos importantes en la gestión



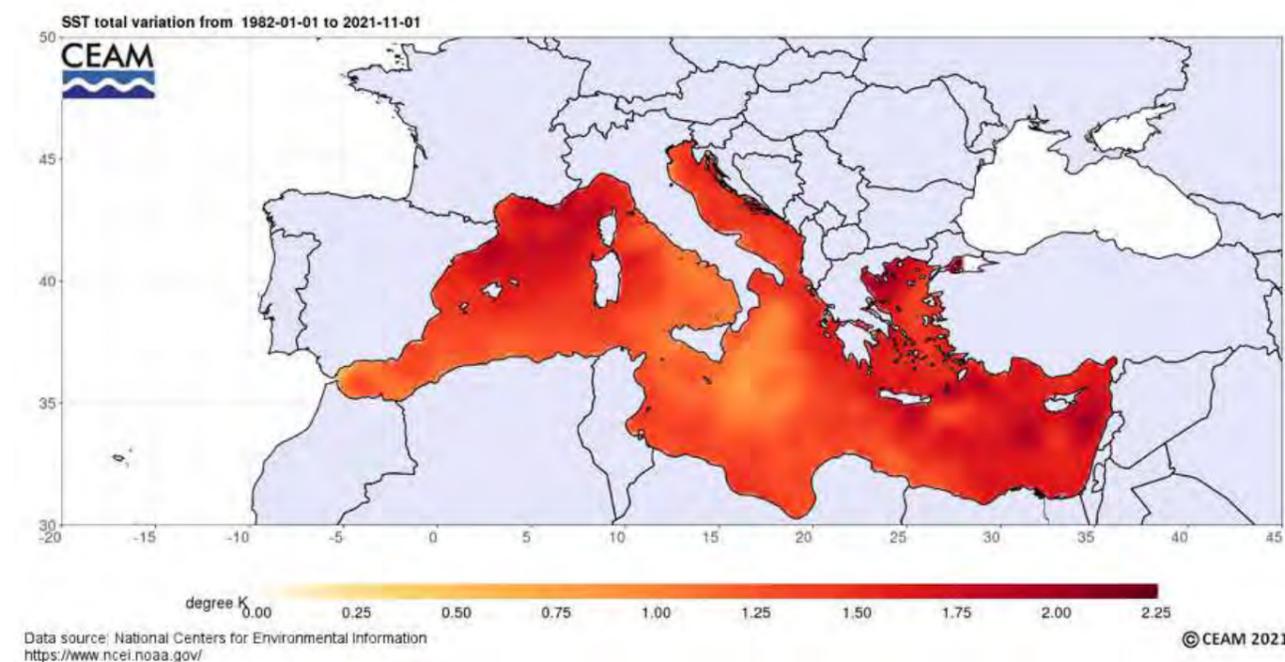
hidráulica en las próximas décadas, porque las lluvias de primavera tienen una efectividad mayor para la actividad agraria y para el gasto turístico de agua; por el contrario, las lluvias de otoño suelen tener un carácter torrencial y son poco aprovechables. Por último, un cambio ya muy evidente manifiesto es la intensificación horaria de las lluvias. Lluvia menos días al año, pero cuando llueve lo hace con mayor intensidad, con mayor torrencialidad, de manera que estas lluvias terminan generando daños allá donde caen. Otra cuestión es la desorganización territorial que hay en muchas zonas de nuestro país, donde se han invadido áreas inundables en las últimas décadas, agravando los efectos de las inundaciones cuando caen lluvias torrenciales.

### Planes de adaptación

Ante esta situación, España debe impulsar las acciones de adaptación ante el cambio climático y sus extremos atmosféricos asociados. Resulta prioritaria la elaboración de planes de adaptación al cambio climático en las escalas regional y local. Especialmente interesante es el diseño de actuaciones en la escala local porque es la más próxima a la ciudadanía y donde la implicación de las esferas pública y privada puede ser más efectiva. Estos planes de adaptación deben incorporar medidas de ordenación territorial (diseño urbano), de cambios en los sectores económicos, de movilidad sostenible, de educación ciudadana y de co-

### Episodios de sequía y eventos de lluvia intensa o torrencial serán más frecuentes en el futuro próximo

municación a la población. Es necesario adaptar la planificación y gestión del agua a los escenarios de cambio climático. Los planes hidrológicos (de demarcación y de escala estatal) deben abandonar las medidas de oferta, como criterio de planificación, y centrarse en la gestión de los recursos propios en un territorio y en la demanda existente. En un contexto de cambio climático, con reducción de precipitaciones o, en el mejor de los casos, con alteración significativa de regímenes de lluvia, los trasvases de agua no van a ser la mejor solución, sino todo lo contrario, para los problemas de agua ya existentes y los que se presenten en el conjunto del país. En el marco del cambio climático actual, la planificación hidrológica debe estar basada en la gestión eficaz de los recursos existentes y en la incorporación de recursos no convencionales (depuración y desalación) son medidas racionales y realistas para la garantía de los abastecimientos. La reducción de costes del agua para uso agrario puede producirse, bien por la subvención directa por parte de las administraciones estatal y regional o bien por el establecimiento de sistemas de compensación entre la ciudad y el campo, a través del mecanismo



Aumento de la temperatura del agua del mar en la Cuenca del Mediterráneo (1982-2021). Fuente: CEAM (<http://www.ceam.es/ceamet/SST/MAPS/NCEI/TREND/SST-NCEI-Mediterranean-map-global-daily-trend.png>)

**La planificación hidrológica debe estar basada en la gestión eficaz de los recursos existentes; la depuración y desalación son medidas racionales y realistas para garantizar el abastecimiento**

del canon de saneamiento, depuración, al que habría que incorporar la tasa por desalación. Es importante que los municipios elaboren planes de gestión de sequía para escenarios de cambio climático.

Las ciudades deben adaptar sus sistemas de alcantarillado al tipo de precipitaciones (más intensas) que se está ya registrando en la región mediterránea. En definitiva, se trata de instalar sistemas de drenaje sostenible (tanques de tormenta y parques inundables). Un buen ejemplo de esto es el desarrollo de planes de drenaje sostenible en los municipios de la Vega Baja del río Segura, que resultaron gravemente afectados por la inundación ocurrida en septiembre de 2019. En el marco del Plan Vega Baja Renhace (2020), puesto en marcha por el gobierno valenciano para la adaptación de este espacio comarcal a los efectos del cambio climático y sus extremos atmosféricos, se está renovando la red de alcantarillado y de pluviales de es-

tos municipios, bajo los principios del drenaje sostenible, en una acción de colaboración público-privada, entre los ayuntamientos de la zona y las empresas concesionarias del abastecimiento municipal de agua. Va a ser necesario, por último, actualizar los protocolos de gestión de las emergencias ante la realidad de fenómenos extremos más frecuentes y que se están desarrollando en cualquier época del año.

El protagonismo que van a tener los episodios de sequía e inundación en nuestro país y que comienza ya a manifestar evidencias como se ha indicado, obliga a adaptar los territorios ante la gravedad de los efectos previstos. El Informe 'Peseta IV' de la Comisión Europea (JRC, 2021) señala pérdidas en el PIB de los países del sur de Europa, que pueden alcanzar el 1,5 % anual para el horizonte de subida de 2° C a finales de siglo y cercanos al 3 % si la subida térmica alcanza los 3° C. La puesta en marcha



El protagonismo que van a tener los episodios de sequía e inundación obliga a adaptar los territorios © Armada Española

**Llueve menos días al año, pero cuando llueve lo hace con mayor intensidad, con mayor torrencialidad, y estas lluvias generan daños allá donde caen**

del *European Green Deal*, y la movilización de fondos europeos para la recuperación económica tras la Covid-19, tiene como objetivo, precisamente, la preparación de los territorios de la Unión Europea ante los efectos del cambio climático y la búsqueda de la sostenibilidad. Estamos ante un momento decisivo para la adaptación ante el cambio climático, que para España supondrá movilizar importantes recursos para la gestión de los extremos del agua (sequías e inundaciones).

El cambio climático va a ser, por tanto, el gran eje de políticas públicas y actuaciones privadas del siglo XXI. No queda otra. Hay que ir desarrollando acciones orientadas a la reducción de los efectos señalados en la modelización climática. En nuestro país, la adaptación de los territorios a los extremos del agua (inundaciones y sequías), incentivados en el marco del calentamiento climático actual, es una acción urgente para los próximos años, una exigencia ciudadana, una responsabilidad política. 🌿



Campos de girasoles secos por el calor



Efectos de las inundaciones causadas por la DANA de septiembre de 2019 en la Vega Baja del Segura. © Plan Vega Baja Renhace.

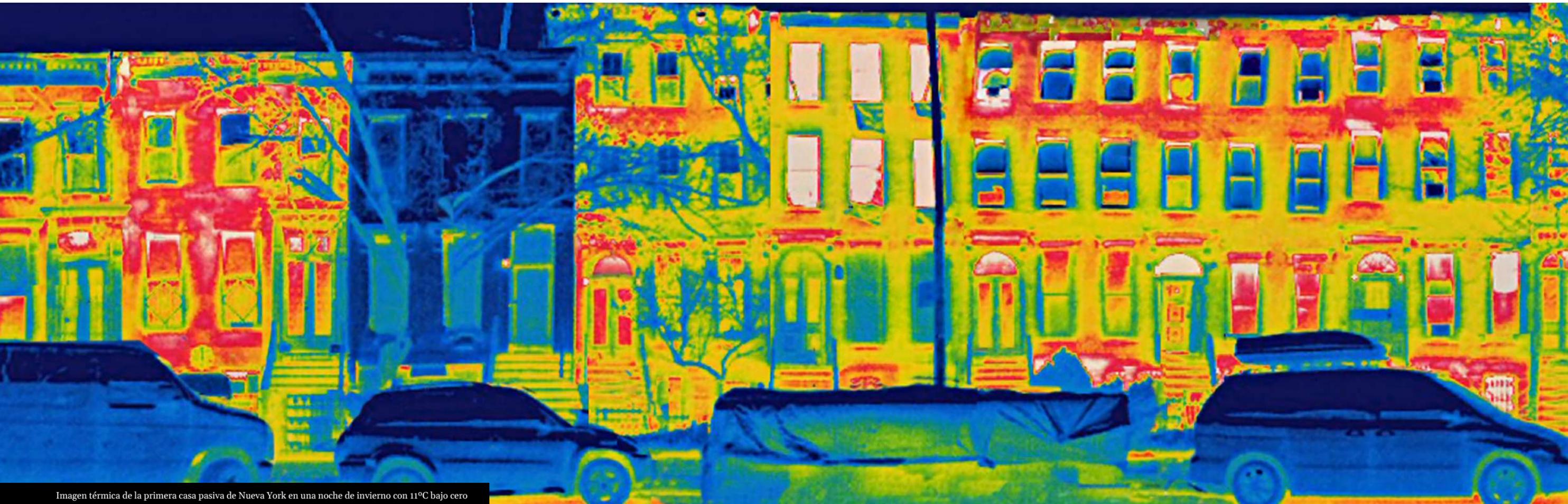


Imagen térmica de la primera casa pasiva de Nueva York en una noche de invierno con 11°C bajo cero

# Adaptación urbana a eventos climáticos extremos

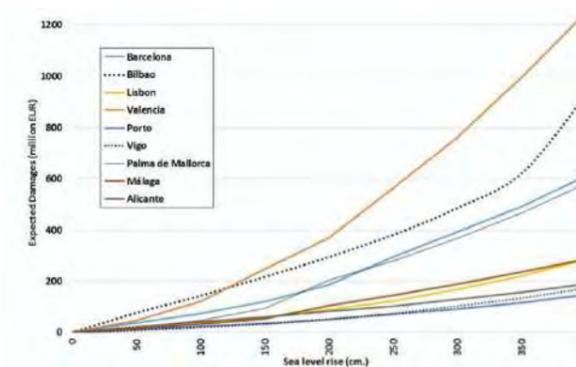
**Marta Olazabal**

Experta en adaptación al cambio climático en zonas urbanas. Responsable del Grupo de Adaptación en el Basque Centre for Climate Change, BC3

La adaptación al cambio climático representa uno de los retos más importantes a los que se ha enfrentado la humanidad. No se trata solo de un reto tecnológico o económico, sino también de un reto humanitario y social. Estamos ante un desafío que ya afecta de manera desigual a los diferentes grupos de población y a distintos sectores, infraestructuras y territorios. Por ejemplo, según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente<sup>1</sup>, las pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos extremos y relacionados con el clima en España desde 1980 a 2019

sumaron 45 329 millones de euros, y solo el 26 % de las mismas estaban aseguradas. En Reino Unido, donde las pérdidas alcanzaron 53 605 millones de euros, el porcentaje asegurado era del 70 %, mientras que en países como Grecia, Hungría, Rumania o Lituania se situaba entre el 1 y el 2 %.

Así como los impactos del cambio climático son diferentes entre territorios, también los instrumentos de adaptación y recuperación se tienen que acomodar a las condicio-



Daños esperados (en millones de euros) como resultado de la subida del nivel del mar, en algunas de las ciudades más pobladas de la Península Ibérica. Los daños dependen de la orografía y de las infraestructuras y población expuesta. Fuente: Abadie et al, 2020<sup>2</sup>

nes, capacidades y a los recursos locales. Se habla de que, mientras la mitigación es global (la reducción de emisiones tiene aplicación y beneficios universales), la adaptación es un proceso local, pero no por ello la responsabilidad de la acción recae únicamente en los actores locales o regionales. La adaptación requiere promover una acción y coordinación multinivel, pública y privada.

Se entiende como “adaptación al cambio climático en los sistemas humanos” al proceso de ajuste al clima que “trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas”<sup>3</sup>. Ésta es una definición certera pero también ambigua, como veremos, propuesta en su último informe por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC). Mediante esta definición, todo tipo de ajuste llevado a cabo por cualquier persona, sistema u organización privada o pública, se considera adaptación, independientemente de si esta actuación es justa, equitativa o de si produce o producirá unos costes sociales, económicos o ecológicos elevados o inabordables para los sistemas afectados por el proceso de adaptación. En unos meses se publicará el nuevo informe de evaluación del Grupo de Trabajo de Adaptación del IPCC (el sexto desde 1990). En este informe, adquieren más importancia las posibles consecuencias negativas de la adaptación al cambio climático, proceso conocido como maladaptación, y la necesidad de integrar la adaptación en procesos de transición justos y sostenibles.

## Integrar la naturaleza en la ciudad

Intuitivamente, la adaptación ya se implementa desde una aproximación muy amplia, que muchas veces se interpreta como sostenibilidad o desarrollo, debido a la búsqueda, precisamente, de co-beneficios para la salud, el bienestar, la economía o los ecosistemas. Esto es, sobre todo, tangible a nivel urbano, donde las medidas de adaptación comprenden, por ejemplo, intervenciones muy populares de integración de infraestructura verde en la trama urbana. Integrar la naturaleza en la ciudad genera indudables beneficios para la salud física y mental, para la economía y para la ecología urbana. Aunque este proceso de rehabilitación urbana mejora la calidad de los barrios, también es necesario tener en cuenta posibles efectos negativos como el desplazamiento de residentes por otros de rentas más altas, debido al aumento de los precios en las zonas intervenidas, fenómeno conocido como “gentrificación”<sup>4</sup>. En cualquier caso, este tipo de medidas conocidas como soluciones basadas en la naturaleza, están en su máximo apogeo debido a la facilidad de transferencia (de replicar prácticas y emular diseños e intervenciones) y también debido al aumento general de la calidad de vida urbana. Sin embargo, en su mayoría se implementan sin una base adecuada de conocimiento sobre la “cantidad” de adaptación que conseguirán generar.

**Hay que invertir y gestionar recursos para que nuestras ciudades se enfrenten de la manera más exitosa posible a los fenómenos extremos**

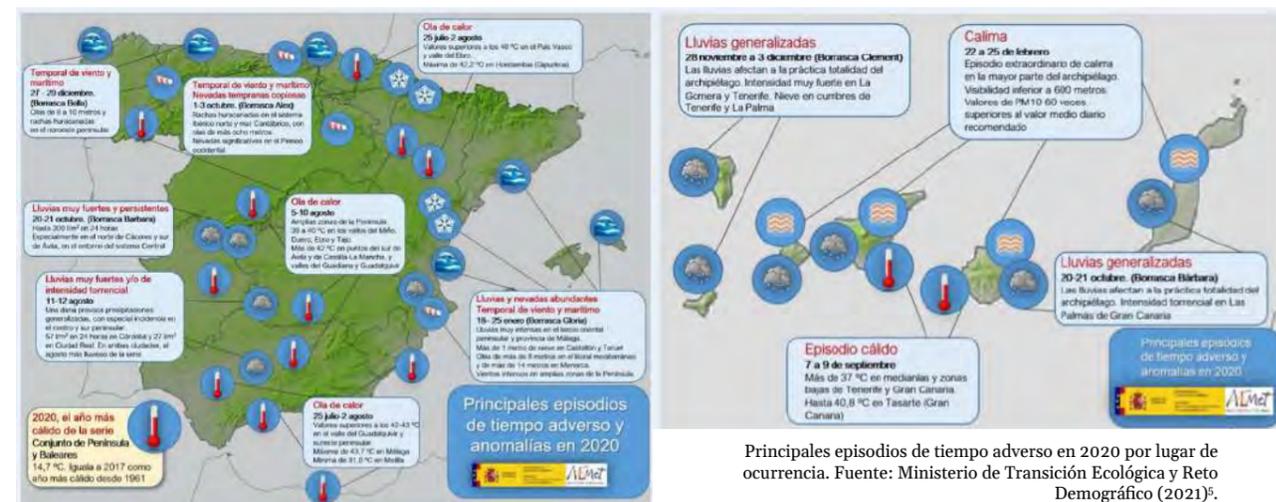
## Aislamiento arquitectónico

Otro ejemplo muy ilustrativo es el aislamiento de edificios. Recientemente, por fin, se ha comenzado a dar más importancia a la naturaleza holística de la acción climática mediante la integración, por ejemplo, de la adaptación en los programas locales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Aislar edificios no solo produce beneficios para la reducción del gasto energético general y, en consecuencia, de las emisiones asociadas, si no también proporciona temperaturas más estables en los interiores que ayudan a aumentar la capacidad de adaptación a cambios de temperaturas en el exterior y también, en consecuencia, a reducir el gasto energético que supondría hacer frente a estas variaciones de temperatura.

Pero, ¿cuánto riesgo climático reducimos a través de este tipo de intervenciones?

Si bien la adaptación requiere procesos graduales de integración de criterios climáticos en el diseño de nuestras ciudades, nuestras viviendas, nuestros espacios públicos y los procesos urbanos en general, probablemente, el aspecto más importante y más diferenciador de la adaptación es la incertidumbre y el riesgo asociado a los eventos climáticos extremos.

Aunque la ciencia empieza a avanzar en la determinación de la contribución del cambio climático en la ocurrencia o magnitud de un determinado evento extremo (por ejemplo, una determinada ola de frío), es difícil en general atribuir fenómenos extremos aislados al cambio climático. Al igual que el tiempo de un día en una localidad no describe el clima de esa región, un solo evento extremo no representa el proceso gradual de cambio climático que estamos experimentando a nivel global. Lo que popularmente usamos para describir el cambio climático, es el cambio gradual en las series históricas



Principales episodios de tiempo adverso en 2020 por lugar de ocurrencia. Fuente: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2021)<sup>5</sup>.

cas de parámetros como la temperatura del aire y del agua del mar, los cambios en la precipitación, u otros parámetros como la subida del nivel del mar. Por ejemplo, las temperaturas en las principales ciudades españolas aumentaron 0,73°C entre 1893 y 2020<sup>6</sup>, habiendo diferencias entre ciudades y gran contraste con las zonas rurales.

Pero el incremento gradual en la magnitud y en la frecuencia de los eventos meteorológicos extremos, como las precipitaciones intensas, los vendavales, los periodos de sequía, las olas de calor y de frío o las mareas meteorológicas, también describen el cambio climático. Por ejemplo, según la evaluación del informe “Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España” (2020)<sup>7</sup>, a finales de siglo, los daños por inundación permanente por subida del nivel del mar en la costa cantábrica podrían alcanzar entre 1 000 y 8 000 millones de euros, que representa entre el 0,05 y el 0,6 % del PIB (2008) de cada provincia, pero estos daños podrían llegar a duplicarse si se consideran los eventos meteorológicos extremos.

## Amenazas climáticas e impactos

Estudios recientes<sup>8</sup> indican que las ciudades españolas se preparan para diversidad de impactos climáticos como resultado de las observaciones y los escenarios de cómo los riesgos climáticos podrían evolucionar en las próximas décadas.

**Hay mucha evidencia a nivel global de la alta efectividad de los sistemas de alerta temprana en la reducción de morbilidad y mortalidad por eventos de temperaturas extremos**

Es importante diferenciar las amenazas climáticas (olas de calor, subida del nivel del mar...) de sus impactos, ya que a menudo se confunden y esto lleva a muchos errores de comunicación, de planificación y de gestión<sup>9</sup>. En ciudades, por ejemplo, los impactos de los fenómenos climáticos mencionados antes, pueden resultar en: daños a infraestructuras (por inundaciones, vendavales, intrusión salina o inestabilidad térmica), erosión y retroceso de la línea de costa o márgenes fluviales, daños en la habitabilidad de los edificios, incremento de gastos de mantenimiento, pérdida de biodiversidad, de funcionalidades y de valores de los ecosistemas, contaminación ambiental, daños personales, daños sobre la salud o pérdida de bienes materiales, aumento de desigualdades sociales y económicas, pérdidas en la economía local, pérdidas de empleo y muchos otros. Estos impactos pueden surgir de manera gradual o como resultado de eventos extremos con cada vez más frecuencia y magnitud.

Por lo tanto, no solamente el reto reside en integrar gradualmente criterios climáticos en la gestión, diseño y modelos de vida de nuestras ciudades, sino también en invertir y en gestionar recursos y capacidades locales para que nuestras ciudades se enfrenten de la manera más exitosa posible a los fenómenos extremos, teniendo en cuenta que nunca podremos reducir el 100 % del riesgo frente a fenómenos extremos concretos.

No es fácil gestionar la incertidumbre climática, aunque tenemos experiencia en la planificación de nuestras ciudades bajo escenarios cambiantes. Es habitual en áreas urbanas planificar teniendo en cuenta las proyecciones de población o los cambios en el mercado, en la oferta y demanda. Es habitual también apostar por un determinado modelo urbanístico para atraer inversiones privadas o públicas que generen sostenibilidad urbana. No es tan habitual, en cambio, estar preparados para crisis económicas,



Daños a la infraestructura portuaria de Zarautz (Gipuzkoa) durante los eventos extremos costeros en febrero de 2014. © Asier Aranzadi.



Cubierta verde en edificios urbanos



Moderno barrio sostenible en Almere, Holanda

Huerto urbano Barcelona

ecológicas o sanitarias, pero sí desarrollar planes de emergencia y tener a disposición técnicos locales o regionales responsables de su revisión, monitorización y ejecución. Es precisamente en estas capacidades en las que nos tenemos que apoyar para preparar nuestras ciudades a los eventos climáticos extremos.

Un caso muy ilustrativo de cómo históricamente se ha sabido gestionar la incertidumbre son las barreras del Támesis y del Hull en Londres (Reino Unido). Estas barreras se construyeron durante los 80. En su diseño, se estimó que sería necesario cerrar estas barreras una vez cada 6 años. Ya entonces, aunque no se habían integrado parámetros climáticos en las simulaciones, se consideraba que los daños potenciales de un fenómeno costero extremo eran demasiado grandes, aunque la probabilidad de ocurrencia fuese pequeña. Hoy en día la efectividad de estas barreras está más que probada. Solamente durante los eventos costeros extremos en febrero del 2014, estas barreras se cerraron decenas de veces, evitando daños por valor de millones de libras.

## Refugios climáticos

Pero no solo las grandes infraestructuras ayudan a prepararse contra los eventos extremos. Barcelona, mediante su Plan Clima (2018-2030), ha ideado una red de refugios climáticos usando la infraestructura existente a lo largo de la ciudad para que puedan ser utilizados como espacios de protección para la ciudadanía que lo necesite durante los episodios de temperaturas extremas, en concreto, olas de calor. Ya se han puesto en marcha varios de ellos, en escuelas y centros públicos. Y es que, en Barcelona se espera que, si no se implementan medidas de mitigación suficientes, a

finales de siglo pueda haber hasta 4-5 olas de calor al año (más de 33,1°C durante tres días consecutivos o más)<sup>10</sup>.

## Coordinación y planificación multinivel

La coordinación multinivel es importante cuando hablamos de eventos climáticos extremos. La Comunidad de Madrid, por ejemplo, dispone de un sistema de alerta temprana que opera a través del Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de Calor 2021<sup>11</sup>. Dependiendo de la observación y predicción de temperaturas proporcionados por AEMET, se activan alertas asociadas a determinados niveles de riesgo dirigidas a diferentes agentes de interés como la Red de Asistencia Sanitaria y a las diferentes Instituciones responsables de la intervención (Servicios sociales, Ayuntamientos y otras Consejerías), también incluyendo, según el nivel de riesgo, a profesionales sanitarios, servicios sociales, residencias, instituciones deportivas o protección civil, así como intervenciones directas sobre la población vulnerable. También se emite diariamente un boletín de información sobre olas de calor, como parte del proceso de información ambiental. Hay mucha evidencia a nivel global de la alta efectividad de los sistemas de alerta temprana en la reducción de morbilidad y mortalidad por eventos de temperaturas extremos. Es una medida imprescindible y paralela a cualquier medida de intervención directa en el diseño urbano o en los cambios de hábitos de la población.

Por último, cerrando esta selección de ejemplos, es preciso subrayar la importancia de los marcos regulatorios y de la gobernanza climática multinivel. En muchos casos, la intervención en suelo urbano no solo depende de los

## A finales de siglo, los daños por inundación permanente por subida del nivel del mar en la costa cantábrica podrían alcanzar entre 1 000 y 8 000 millones de euros y duplicarse si se suman los fenómenos extremos

agentes locales, sino también de los marcos regulatorios a otros niveles. En este ámbito hay mucho que avanzar ya que son pocos los casos en los que se estén integrando criterios climáticos en los instrumentos de planificación multinivel. Un ejemplo pionero es la adaptación del Plan Territorial Sectorial del Litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco al Cambio Climático<sup>12</sup>, ahora en revisión. En el avance publicado, se plantean, por ejemplo, medidas adaptativas para distintos casos (ámbitos desarrollados, regeneración urbana, nuevos desarrollos urbanos...) teniendo en cuenta la capacidad de intervención

en cada caso, pero siempre, también, el incremento del nivel del mar por cambio climático asociado al escenario más desfavorable (RCP 8.5) en el año 2100.

Es difícil hacerse a la idea del reto multinivel al que nos enfrentamos sin ejemplos concretos, como los anteriores, que nos ayuden a ir creando un imaginario de sociedad en la que el cambio climático sea considerado un criterio más entre los que deben tenerse en cuenta a la hora de tomar cualquier tipo de decisión que afecte a las áreas urbanas. La adaptación al cambio climático nos exige actuar ya, e integrar sin demora el clima como un factor de incertidumbre decisivo a la hora de gestionar las ciudades. Pero no debemos olvidar que, aunque durante décadas (incluso siglos) hemos desarrollado capacidades importantes para gestionar la resiliencia, estamos aún aprendiendo cómo hacerlo de manera efectiva, porque estamos ante niveles de antropización coyunturales en nuestros territorios. El alto nivel de urbanización del territorio y la concentración de población, bienes e infraestructuras en nuestras ciudades requiere intervención directa sobre el diseño urbano, pero también desarrollar e innovar en instrumentos regulatorios, económicos y de gestión multinivel. Para esto, la coordinación entre agentes privados y públicos a todos los niveles es imprescindible. ✿

## Notas y referencias

- [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/impacts-of-extreme-weather-and-2#tab-chart\\_1](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/impacts-of-extreme-weather-and-2#tab-chart_1)
- Abadie, L. M., Sainz de Murieta, E., & Galarraga, I. (2020). The Costs of Sea-Level Rise: Coastal Adaptation Investments vs. Inaction in Iberian Coastal Cities. *Water*, 12(4), 1220. <https://doi.org/10.3390/w12041220>
- IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.
- Rice, J. L., Cohen, D. A., Long, J., & Jurjevich, J. R. (2020). Contradictions of the Climate-Friendly City: New Perspectives on Eco-Gentrification and Housing Justice. *International Journal of Urban and Regional Research*, 44(1), 145-165. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12740>
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2021). Informe sobre el estado del clima de España 2020. Agencia Estatal de Meteorología. Madrid, España. [http://www.aemet.es/es/conocer/mas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/informe\\_estado\\_clima](http://www.aemet.es/es/conocer/mas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/informe_estado_clima)
- Observatorio Sostenibilidad (2021). Aumento temperaturas por ciudades en España 1893-2020. <https://www.observatoriosostenibilidad.com/2021/09/11/aumento-de-las-temperaturas-en-las-ciudades/>
- Sainz De Murieta (2020) Impactos del cambio climático en las costas. En Sanz, M. J., & Galan, E. (eds.). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Olazabal, M., & Gopegui, M. R. de. (2020). ¿Para qué impactos climáticos se preparan las ciudades españolas? *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 97, 212-239.
- McPhillips, L. E., Chang, H., Chester, M. V., Depietri, Y., Friedman, E., Grimm, N. B., Kominoski, J. S., McPhearson, T., Méndez-Lázaro, P., Rosi, E. J., & Shafiei Shiva, J. (2018). Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review. *Earth's Future*, 6(3), 441-455. <https://doi.org/10.1002/2017EF000686>
- Plan Clima (2018-2030) <https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/es/>
- Vigilancia y control de los efectos de las olas de calor 2021. Plan de respuesta ante los riesgos. [https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/calor/plan\\_de\\_vigilancia\\_y\\_control\\_efectos\\_olas\\_de\\_calor\\_2021.pdf](https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/calor/plan_de_vigilancia_y_control_efectos_olas_de_calor_2021.pdf)
- <https://www.euskadi.eus/revision-del-plan-territorial-sectorial-de-proteccion-y-ordenacion-del-litoral/web01-a2lurral/es/>



Descendientes de habitantes de pueblos en declive demográfico están restaurando viviendas, abriendo oportunidades para nuevos pobladores y nuevas actividades © Inmaculada G. Bonilla

# La adaptación al cambio climático en zonas en declive demográfico

**José Ramón Picatoste Ruggeroni**

Jefe de Área SG de Análisis, Planificación y Coordinación  
DG de Políticas contra la Despoblación

**Francisco Heras Hernández**

Consejero Técnico SG Coord. Acciones frente al Cambio Climático  
Oficina Española de Cambio Climático

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

## Un escenario futuro posible: la ciudad sale al campo

2050

- La temperatura media en España se ha incrementado 2,5°C en menos de un siglo. Las olas de calor son ahora más intensas, más largas y mucho más frecuentes. Las sequías se suceden y los territorios de carácter árido se han extendido. Las lluvias tienen un carácter más torrencial en muchas regiones.
- El valle recibió población en sus municipios, siguiendo un patrón repetido en muchos territorios, basado en lo virtual y que permitió replicar en cierto modo la oferta de la vida urbana en el medio rural. Familias de jóvenes profesionales altamente cualificados se instalaron en unas viviendas totalmente renovadas, teletrabajando desde lugares dotados de infraestructuras de transporte mejoradas, conectividad, digitalización y unos servicios públicos educativos, sanitarios, culturales y de protección social de una calidad comparable a los disponibles en las ciudades... La oferta de ocio, consumo y servicios se hizo accesible de forma virtual desde cada rincón del territorio
- La actividad rural tradicional, sin embargo, se abandonó progresivamente y como consecuencia los paisajes se simplificaron con la expansión y homogenización de las superficies forestales arboladas y los matorrales.
- La transformación fue todo un éxito: la tendencia a la despoblación y el envejecimiento se invirtió y las nuevas actividades reforzaron la economía en el medio rural y aportaron un nuevo equilibrio territorial.
- Hasta que los impactos y los riesgos derivados del cambio climático se hicieron insoportables.

(Avance: más adelante se puede descubrir otro escenario imaginable)

## Cambio climático y despoblación rural

España se ubica en uno de los “puntos calientes” planetarios del cambio climático. Los datos sobre los cambios ya ocurridos y las proyecciones de los futuros escenarios climáticos coinciden en mostrar un panorama preocupante: el área mediterránea en general y la Península Ibérica en particular aparecen señalados entre los territorios que van a sufrir de forma más intensa los impactos potenciales derivados del cambio del clima.

Tanto las observaciones como las proyecciones describen veranos más largos, sequías más duraderas y frecuentes, recursos hídricos más limitados, olas de calor más intensas y un riesgo de incendios en ascenso.

Para nuestros antepasados, el clima era un telón de fondo que limitaba y condicionaba sus vidas. Durante siglos, los habitantes de la España rural han mirado hacia el pasado para hacer sus predicciones sobre el futuro, y esa habilidad para deducir lo que vendría les ha permitido hacer un ejercicio de previsión y dar forma a una cultura adaptada al clima local.

Sin embargo, como resultado del incremento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, el clima está cambiando. Y ese cambio conlleva amenazas significativas para la salud y el bienestar de

las personas y para sectores económicos muy sensibles a las condiciones climáticas, como el turismo, la agricultura, la silvicultura, el transporte o la energía. Pero, además, el cambio climático socava las perspectivas de sostenibilidad porque deteriora recursos básicos como el suelo, el agua o la biodiversidad<sup>1</sup>.

### El cambio climático supone una amenaza de primer orden para la economía rural

Las tendencias de cambio climático señaladas toman forma en un país sometido a un persistente desequilibrio territorial: aunque la población total residente en España ha superado los 47 millones de habitantes, con un crecimiento acumulado del 17,9 % en el período 1997-2018, la mayor parte del territorio ha sufrido un declive demográfico severo. Este declive se ha concentrado principalmente en las áreas rurales, que sufren un proceso de despoblación generalizado, aunque de magnitud diferente en función del tamaño del municipio.

La irrupción de la Covid-19 en el año 2020, con la implantación masiva del teletrabajo, junto con el despliegue tecnológico y el fomento de la digitalización, puede tener una



## El medio rural español produce un conjunto extraordinario de beneficios al conjunto de la sociedad

Específicamente, cabe destacar a nivel nacional:

- El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, que constituye el instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los riesgos del cambio climático en España. Aprobado hace poco más de un año, se estructura en 18 ámbitos de trabajo sectoriales y 7 líneas de acción transversales, que identifican dimensiones que deben ser integradas de forma horizontal. Una de estas líneas transversales se focaliza en la componente territorial de la vulnerabilidad, reconociendo que los rasgos específicos de cada territorio —características físicas, sociales, económicas, demográficas, etc.— pueden traducirse en diferencias en los riesgos climáticos que les afectan. Esta transversal viene a reconocer que los riesgos derivados del cambio climático y las oportunidades de adaptación tienen perfiles propios, por ejemplo, en zonas de montaña, en los espacios rurales o en las islas.
- Las Directrices para la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico, que identifican tres componentes diferenciados para abordar el reto demográfico en España: el despoblamiento territorial, el envejecimiento poblacional y los efectos de la población flotante.

Las reflexiones de este artículo giran alrededor del primero de estos componentes del reto demográfico, la despoblación, y su vinculación con la estrategia y las medidas de adaptación al cambio climático en España.

influencia sobre estas tendencias y sobre la distribución de la población entre el medio urbano y rural, que deberá ser analizada en próximos años.

Es fácil deducir que los nuevos riesgos derivados del cambio climático son especialmente destacados en el mundo rural español, cuya actividad económica y formas de vida se encuentran íntimamente asociadas al clima y cuya capacidad adaptativa se ve mermada por un progresivo deterioro económico y declive demográfico.

## Los marcos estratégicos de la adaptación al cambio climático y reto demográfico

Existe un numeroso conjunto de marcos estratégicos y regulaciones asociadas que proporcionan directrices y normativa para las políticas de adaptación al cambio climático y reto demográfico con un horizonte a 2030 e incluso a 2050. En el gráfico siguiente se destacan algunos de los instrumentos más relevantes en los niveles europeo y nacional.



Elaboración propia



Proyecto LIFE Montserrat. Gestión silvopastoral para la conservación de hábitats y prevención de grandes incendios forestales © CENEAM

Fresnos desmochados

## Territorio, población, ecología y economía

Territorio, población, economía y ecología tienen vínculos estrechos y, para reconocerlos mejor, se han acuñado dos conceptos clave: capital natural y servicios ecosistémicos. En términos económicos, el capital natural hace referencia al patrimonio natural de un territorio que, a través de los ecosistemas, proporciona un flujo de bienes y servicios ambientales a la sociedad. Dentro del capital natural se incluyen la biodiversidad, el agua, los suelos, el clima, los agrosistemas, los sistemas silvopastorales, el paisaje, etc.

De forma ya tradicional, se distinguen cuatro grandes tipos de servicios ambientales que prestan los ecosistemas:

Servicios de suministro o aprovisionamiento: agua, alimentos, materias primas, etc.

- Servicios de regulación: aspectos climáticos, ciclo hidrológico, ciclos biogeoquímicos, equilibrio de poblaciones y plagas, reducción del riesgo de desastres, etc.
- Servicios esenciales de soporte: formación del suelo, conservación de la biodiversidad, procesos ecológicos, etc.
- Servicios culturales: conocimiento, esparcimiento, identitario, etc.

Desde esta perspectiva es evidente que el medio rural español produce un conjunto extraordinario de beneficios al conjunto de la sociedad. Algunos son ampliamente conocidos, como la producción de alimentos, pero otros pasan con frecuencia desapercibidos a pesar de su enorme importancia.

## Las poblaciones locales, en la base de la ecuación

Los beneficios citados tienen una estrecha relación con el medio físico, pero también con la población que lo habita; de hecho, muchos de ellos sustentan su valor en una intervención humana hecha en clave de sostenibilidad. La valoración general y particular de estos servicios ambientales y la evaluación del papel de las poblaciones locales en su mantenimiento es, en muchos casos, un tema pendiente que deberá aportar información clave para equilibrar desigualdades territoriales y contribuir a aportar soluciones frente al problema de la despoblación.

Un simple ejemplo ilustra esta evidente relación: imaginemos la cabecera de una cuenca, cubierta con un buen tapiz vegetal, un mosaico de usos agropecuarios y que cuenta con algunas balsas o embalses que recogen sus aguas para generación eléctrica, riego y abastecimiento urbano. No cabe duda de que la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos de suministro y aprovisionamiento (energía, flujo de agua, madera), de los servicios de regulación (fijación de carbono en el bosque, reducción del riesgo de incendios forestales, calidad de las aguas, control de la erosión de suelos), de los servicios de soporte (conservación de biodiversidad y procesos asociados) y de los servicios culturales (lugar de experimentación científica, esparcimiento ciudadano) dependerán de una gestión forestal y agropecuaria en clave sostenible y adaptada. El abandono de la actividad, o un cambio sustancial de modelo productivo por otro menos sostenible, conllevará el deterioro de los servicios indicados, afectando a los pueblos y ciudades que se benefician de ellos, en la propia cabecera de la cuenca, aguas abajo de la misma y en territorios más lejanos.

<b>SERVICIOS AMBIENTALES O ECOSISTÉMICOS</b>		Ejemplos de actividades de las poblaciones rurales locales que contribuyen a la adaptación al cambio climático y al mantenimiento de los servicios
<b>APROVISIONAMIENTO</b>	<b>AGUA</b>	Mantenimiento de la vegetación de ribera y de la red local de cauces, canales y caceras
	<b>ENERGÍA</b>	Aprovechamiento de la biomasa; producción de biocombustibles de segunda generación a partir de residuos agrícolas y forestales
	<b>ALIMENTOS</b>	Agricultura y ganadería sostenibles, ecológicas
	<b>MATERIALES</b>	Gestión forestal sostenible para la obtención de productos madereros, leña, corcho, resina
<b>REGULACIÓN</b>	<b>CLIMA</b>	Gestión forestal que potencia la fijación y almacenamiento de carbono; recuperación de la cobertura forestal en terrenos agrícolas abandonados
	<b>CICLO HIDROLÓGICO</b>	Mantenimiento de la cubierta vegetal en cabeceras orientada al mantenimiento de la capacidad de recarga natural de los acuíferos, la regulación del ciclo hidrológico o el saneamiento verde
	<b>CICLOS BIOGEOQUÍMICOS</b>	Explotación de sistemas agro-silvopastorales (dehesas); ganadería extensiva; gestión circular de residuos agrarios y forestales
	<b>REDUCCIÓN DE RIESGOS</b>	Gestión forestal que reduce el riesgo de incendios, sequías y deslizamientos; mantenimiento de llanuras de inundación e infraestructura verde frente a embates costeros
<b>ESENCIALES DE SOPORTE</b>	<b>SUELO</b>	Mantenimiento de la fertilidad y de la humedad de los suelos, control de la erosión; agricultura ecológica; conservación de bancales, gestión circular de residuos agrarios y forestales
	<b>BIODIVERSIDAD</b>	Actividades ligadas a la conservación de la biodiversidad y gestión de espacios naturales protegidos
	<b>PROCESOS DEL ECOSISTEMA</b>	Apicultura (potenciadora de la polinización), gestión y mantenimiento de bosques maduros
<b>CULTURALES</b>	<b>CONOCIMIENTO</b>	Manejos tradicionales de recursos naturales que mantienen sistemas agro-silvo-pastorales y paisajes culturales; conocimiento vernáculo
	<b>EDUCACIÓN</b>	Actividades de educación ambiental
	<b>ESPARCIMIENTO</b>	Turismo rural y de naturaleza
	<b>IDENTIDAD</b>	Comunicación y divulgación del acervo cultural tradicional

Elaboración propia e Inmaculada García Bonilla

Valorar en todo su alcance la contribución de las poblaciones locales al mantenimiento de los servicios ambientales es esencial para enfocar adecuadamente el problema de los desequilibrios territoriales que se observan en España.

Luchar contra la despoblación y reforzar la resiliencia y la adaptación frente al cambio climático constituyen dos enormes retos para la España interior. Pero... ¿Tiene sentido concebirlas como retos independientes? ¿Deberían y podrían vincularse de forma coherente?

**La adaptación al cambio climático es indispensable para proteger la economía rural y los servicios ambientales y tienen gran potencialidad para frenar la despoblación**

## Enfoque por ámbitos y riesgos

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático considera la despoblación que afecta a la España interior como un factor clave a tener en cuenta a la hora de diseñar e implementar medidas de adaptación. Por un lado, la despoblación y el envejecimiento de la población conllevan la degradación y pérdida de conocimientos, prácticas y tecnologías que las comunidades rurales han aplicado en sus entornos y que han contribuido a la conservación de determinados sistemas naturales y el mantenimiento de sus beneficios asociados. Este conocimiento práctico, en clave de sostenibilidad, concentra un enorme potencial para afrontar los impactos y riesgos asociados al cambio climático.



El fomento de líneas férreas que dan servicio en el medio rural contribuye a vertebrar el territorio y a la descarbonización del transporte © María Salazar

Por otro lado, como ya hemos destacado, los medios de vida rurales dependen de recursos sensibles al clima, como el agua o la tierra, que ofrecen el capital para la diversificación de sus actividades. El cambio climático ya está teniendo repercusiones en la naturaleza en general y en estos recursos en particular, lo que demanda una respuesta que minimice los impactos mediante medidas de adaptación en el medio rural.

Por tanto, hacer converger las iniciativas frente a la despoblación y las acciones frente a los impactos del cambio climático es una solución con beneficios mutuos para ambas políticas. El siguiente cuadro identifica algunas oportunidades para zonas en declive demográfico para los distintos ámbitos de trabajo contemplados en el PNACC. Son ideas cuyo desarrollo requiere trabajos de análisis y de generación de conocimiento, así como proyectos sobre el terreno que deben incorporar la participación de las poblaciones locales, primeras beneficia-

rias de un mejor ajuste a las condiciones cambiantes del clima, y que pueden proporcionar claves para extender los beneficios a escalas mayores.

## A modo de conclusión

Entre los puntos a concluir que subrayan los vínculos entre la adaptación al cambio climático y el reto demográfico pueden destacarse:

- El cambio climático supone una amenaza de primer orden para la economía rural, muy dependiente del factor clima y con capacidad adaptativa reducida debido a la despoblación y el envejecimiento.
- En el medio rural, las medidas de mitigación y, muy especialmente, las de adaptación al cambio climático, son indispensables para proteger la economía rural y los servicios ambientales y, además, tienen una gran potencialidad para afrontar el reto demográfico y frenar la despoblación.
- La adaptación al cambio climático y la lucha contra la despoblación comparten una gran transversalidad, lo que facilita el desarrollo de soluciones compartidas a través de la integración de ambas políticas en ámbitos como la planificación y gestión del agua, la gestión forestal, la conservación de la biodiversidad y los espacios naturales protegidos, la lucha contra la desertificación, el impulso a la agroecología, la economía circular, la reducción del riesgo de desastres naturales, etc.

**La población residente en España supera los 47 millones de habitantes, con un crecimiento acumulado cercano al 20% en las última dos décadas, pero la mayor parte del territorio ha sufrido un declive demográfico severo**

- Contamos con un buen número de ejemplos inspiradores, repartidos por la geografía española, en territorios donde confluyen problemas de declive demográfico y se ensayan soluciones de adaptación al cambio climático, cuyo conocimiento y replicación —ajustada a las condiciones de cada localidad— puede contribuir al reequilibrio territorial.

Ámbitos de trabajo del Plan Nacional de Adaptación	Oportunidades para zonas en declive demográfico
SALUD HUMANA	Alternativas saludables asociadas a la calidad ambiental y paisajística, al confort térmico y el contacto con la naturaleza
AGUA Y RECURSOS HÍDRICOS	Alternativas para el ahorro, el uso eficiente, la conservación y gestión sostenible de recursos hídricos
PATRIMONIO NATURAL, BIODIVERSIDAD Y ÁREAS PROTEGIDAS	Custodia del territorio, protección de los ecosistemas y la biodiversidad orientada a mejorar su capacidad adaptativa
FORESTAL, DESERTIFICACIÓN, CAZA Y PESCA CONTINENTAL	Conservación y mejora de sumideros de carbono, protección de los ecosistemas
AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA, ACUICULTURA Y ALIMENTACIÓN	Provisión sostenible de productos básicos, bioeconomía, economía circular, reubicación de lo local en el sistema alimentario
COSTAS Y MEDIO MARINO	Refuerzo del papel protector de los territorios rurales costeros frente a extremos climáticos, temporales e inundaciones costeras
CIUDAD, URBANISMO Y EDIFICACIÓN	Reequilibrio campo-ciudad, puesta en valor de las soluciones vernáculas en la arquitectura y el urbanismo
PATRIMONIO CULTURAL	Protección del patrimonio cultural, tangible e intangible, y puesta en valor para la transición ecológica (modelos de sostenibilidad y de adaptación a los climas locales)
ENERGÍA	Producción energética renovable, fomento de las comunidades energéticas locales en el mundo rural
MOVILIDAD Y TRANSPORTE	Mantenimiento de infraestructuras resilientes y servicios de transporte a demanda
INDUSTRIA Y SERVICIOS	Relocalización de la industria alimentaria y los servicios basados en las tecnologías de la información
TURISMO	Impulso a la diversificación y desestacionalización turística; apoyo a modalidades bajas en carbono de turismo cultural, turismo activo y en la naturaleza
SISTEMA FINANCIERO Y ACTIVIDAD ASEGURADORA	Mejora de los mecanismos de transferencia de los riesgos climáticos en el medio rural y recuperación tras los daños
REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	Regulación del clima y el ciclo hidrológico, mejora de la calidad del aire, agua y suelo, y reducción del riesgo de incendios y sequías
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN	Innovación en el medio rural, creación de nuevas oportunidades
EDUCACIÓN Y SOCIEDAD	Nuevos yacimientos de empleo, estilos de vida resilientes y adaptados al clima
PAZ, SEGURIDAD Y COHESIÓN SOCIAL	Procesos participativos innovadores de escala local y comarcal y nuevas herramientas de gestión de conflictos socioambientales y de solidaridad

Elaboración propia

- Las estrategias de adaptación al cambio climático en la España rural deben plantearse con una visión amplia del factor demográfico y su vinculación con las áreas urbanas. El fomento de una gobernanza integradora, inclusiva y estratégica, o los enfoques adaptativos, como el aprendizaje a partir de la experiencia, el seguimiento y la retroalimentación, pueden contribuir a una mejor gestión de las incertidumbres y dificultades asociadas a los cambios sociales y ambientales que tienen como contexto el reto demográfico y el medio rural.

No cabe duda que otro escenario futuro es posible, donde las poblaciones rurales y la actividad económica más próxima al territorio jueguen un papel clave y reconocido en la reducción de los riesgos asociados al cambio climático. 🌿



Numerosos pinares en España están recuperando y potenciando su actividad suministradora de miera © J.R. Picatoste

### Otro escenario imaginable: el cambio del medio rural desde la adaptación y la resiliencia

#### 2050

- La temperatura media en España se ha incrementado en 2,5°C en menos de un siglo. Las olas de calor son ahora más intensas, más largas y mucho más frecuentes. Las sequías se suceden y los territorios de carácter árido se han expandido. Las lluvias tienen un carácter más torrencial en muchas regiones.
- El valle había recibido una población diversa. Entre los nuevos residentes había teletrabajadores neorrurales altamente cualificados, pero también jóvenes profesionales de la bioeconomía y la gestión de los recursos naturales del territorio. Su llegada hizo posible la recuperación del tradicional paisaje en mosaico, al calor de prácticas renovadas e innovadoras.
- Los nuevos pobladores eran plenamente conscientes de la importancia de una gestión sostenible e integrada de los recursos naturales. Y no solo ellos: más allá del aprecio por los productos locales elaborados y comercializados, todos los habitantes de la comarca y de la región reconocían los servicios clave que prestaba el valle y el beneficio que se derivaba de su actividad para el conjunto de la sociedad.
- Mientras, los peligros derivados del cambio climático no habían dejado de crecer, pero la gestión adaptativa y sostenible de los bosques del valle, la actividad agropecuaria extensiva y la agricultura ecológica, la gestión circular de los residuos agrícolas, forestales y domésticos, la conservación de los bancales, el mantenimiento de la vegetación de ribera, de los cauces y de la red de canales y caceras... permitían una mejor adaptación al cambio climático, reduciendo a unos niveles aceptables el riesgo de incendios, de erosión de los suelos, la sequía agrícola o las inundaciones.
- La transformación del medio rural fue todo un éxito: la tendencia a la despoblación y el envejecimiento se invirtieron y las nuevas actividades diversificaron la economía, manteniendo al mismo tiempo todo el entramado de la estructura y las funcionalidades de los sistemas ecológicos y agrarios que configuran el paisaje del valle.

### Anotaciones y Referencias

<sup>1</sup> El MITERD ha publicado recientemente un análisis de impactos y riesgos derivados del cambio climático en España, en el que se pasa revista a las afecciones en diez sectores clave. El trabajo puede consultarse aquí: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgoscespana\\_tcm30-518210.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgoscespana_tcm30-518210.pdf)

[gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgoscespana\\_tcm30-518210.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgoscespana_tcm30-518210.pdf)

# Modelización y predicción en distintas escalas temporales

## Servicios de atribución de eventos extremos al cambio climático

Ernesto Rodríguez Camino y Alfonso Hernanz Lázaro

Área de Evaluación y Modelización del Clima, AEMET

El clima de un lugar o región se define como el estado promedio del tiempo y más formalmente como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período promedio habitual es de 30 años, según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes empleadas son casi siempre variables de superficie como la temperatura, la precipitación o el viento. En un sentido más amplio, el clima es la descripción estadística del estado del sistema climático, de sus componentes, la atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera y de las interacciones entre ellas. El concepto de clima hace referencia a escalas temporales superiores a las

asociadas a la meteorología, refiriéndose el clima medio de una localidad o región al promedio de toda la sucesión de estados meteorológicos. El concepto de variabilidad climática hace referencia a las desviaciones respecto a ese estado medio, incluido la ocurrencia de extremos. Desde un punto de vista probabilista, la variabilidad se representa por la anchura de la distribución de probabilidad de una determinada variable (p.ej., la desviación típica) y los extremos se caracterizan por la forma de las colas de la distribución. Es importante distinguir entre variabilidad climática y cambio climático. La variabilidad se representa como fluctuaciones alrededor de la evolución media. Si la evolución media presenta variaciones persistentes en periodos largos (generalmente decenios o períodos más largos) tenemos, adicionalmente, cambio climático. El cambio climático siempre está relacionado con una alteración del equilibrio energético del planeta, bien debida a variaciones en el forzamiento externo que originan cambios en la energía extraterrestre que entra en el sistema, o bien debida a cambios internos o externos que modifican el albedo superficial o la composición química de la atmósfera, alterando así la energía saliente.

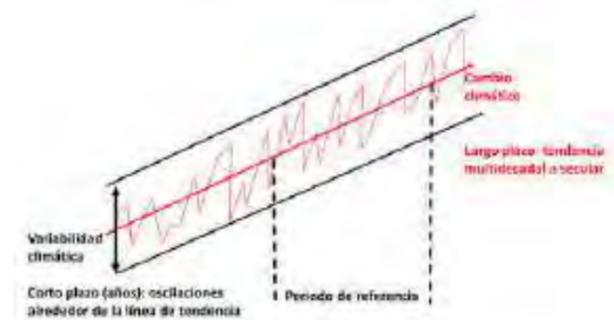
**La comprensión del sistema climático y de sus cambios recientes se apoya en una combinación de observaciones, estudios teóricos de los procesos de retroalimentación y simulaciones con modelos climáticos**

La variabilidad climática puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático o a variaciones del forzamiento externo tanto natural como antropogénico. La variabilidad interna está asociada a la naturaleza caótica del sistema climático, debida a la presencia de procesos no lineales en cada subsistema, a la existencia de constantes de tiempo físicas diferentes y al modo en que los diferentes subsistemas se acoplan. La variabilidad natural externa es el resultado de forzamientos externos de origen natural, como son los cambios en los parámetros orbitales de la Tierra, los cambios en el forzamiento solar o las erupciones volcánicas. La variabilidad natural es una de las principales causas de los cambios de un año a otro en el clima global de la superficie y puede desempeñar un papel destacado en las tendencias durante varios años o incluso décadas. La contribución de la variabilidad natural al calentamiento global de la superficie durante todo el período



Sentinel es un proyecto multi satélite para la vigilancia terrestre, oceánica y atmosférica de la Tierra © ESA/ Copernicus

histórico (1850-2020) es pequeña (de  $-0,23^{\circ}\text{C}$  a  $0,23^{\circ}\text{C}$ ) en comparación con el calentamiento de aproximadamente  $1,1^{\circ}\text{C}$  observado durante el mismo período, que se ha atribuido casi en su totalidad a la influencia humana. La variabilidad climática también puede responder a causas externas no naturales, antropogénicas. Esta variabilidad es debida a la respuesta a las actividades de origen humano, como la perturbación del efecto invernadero por la emisión de gases de efecto invernadero o la alteración de las propiedades físicas de la superficie por cambios en los usos y cobertura vegetal del terreno.



Esquema de los conceptos de variabilidad y cambio climáticos

## Modelos climáticos

Los modelos climáticos son una de las principales herramientas para analizar y estudiar el clima. Los modelos climáticos son programas informáticos basados en las ecuaciones que describen la evolución de los distintos componentes del sistema climático (atmósfera, océano, hielos, biosfera,...), sus interacciones y sus procesos de retroalimentación. La utilización de modelos nos permite estudiar y analizar sistemas que, por su complejidad, son inabordables. Los modelos climáticos simulan la dinámica de la atmósfera y el océano en tres dimensiones a partir de las ecuaciones fundamentales que gobiernan estos sistemas, es decir, de principios físicos fundamentales. Estas ecuaciones pueden resolverse para cualquier instante y punto del espacio aunque, por contener términos no lineales, no pueden resolverse analíticamente. Por esta razón, su resolución se lleva a cabo numéricamente reemplazando las ecuaciones continuas, en derivadas parciales, por las correspondientes ecuaciones discretizadas espacial y temporalmente con una resolución determinada y esquemas adecuados para resolver numéricamente las ecuaciones. Un aspecto importante es que al resolver las ecuaciones se hacen ciertas aproximaciones en éstas que simplifican su solución, sin que se pierda información relevante desde un punto de vista climático.



Representación esquemática de un modelo climático que simula el sistema climático real

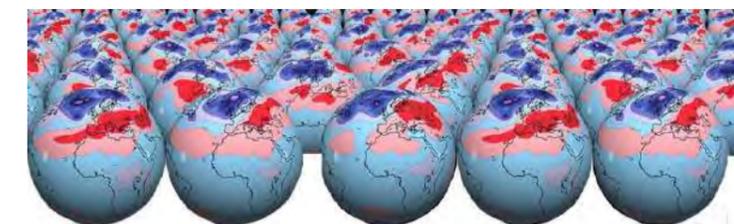
La discretización de las ecuaciones fundamentales a una resolución espacio-temporal dada está limitada por la capacidad computacional. La resolución típica de los modelos climáticos (actualmente entre 100 y 150 km. para los modelos globales) ha aumentado en paralelo con el aumento de los recursos computacionales a lo largo del tiempo. Un aspecto muy importante es que a cualquier resolución espacial siempre habrá procesos que el modelo resolverá explícitamente y otros que no, por ocurrir a escalas inferiores a la resolución del modelo. Estos procesos no pueden ignorarse por ser fundamentales desde el punto de vista físico y afectar a los campos resueltos explícitamente por el modelo.

En general, existe una relación directa entre la escala temporal de interés y el número de componentes del sistema terrestre que deben considerarse. Mientras que la predicción meteorológica (hasta 1 o 2 semanas) precisa solamente de la resolución de las componentes atmosférica y de suelo, la predicción estacional y/o anual precisa adicionalmente la resolución del componente oceánico. Los modelos climáticos más completos, que se utilizan para realizar simulaciones en escalas decadales y seculares, incluyen módulos adicionales para hielo marino, vegetación dinámica, mantos de hielo, química atmosférica, aerosoles, etc. La última generación de modelos climáticos — denominados modelos del sistema terrestre— también incluye el ciclo de carbono y las fuentes y sumideros de éste asociados a la biosfera terrestre y la biogeoquímica marina.

### Múltiples simulaciones para explorar incertidumbres

La naturaleza caótica del sistema climático viene determinada por su evolución fuertemente dependiente de las condiciones

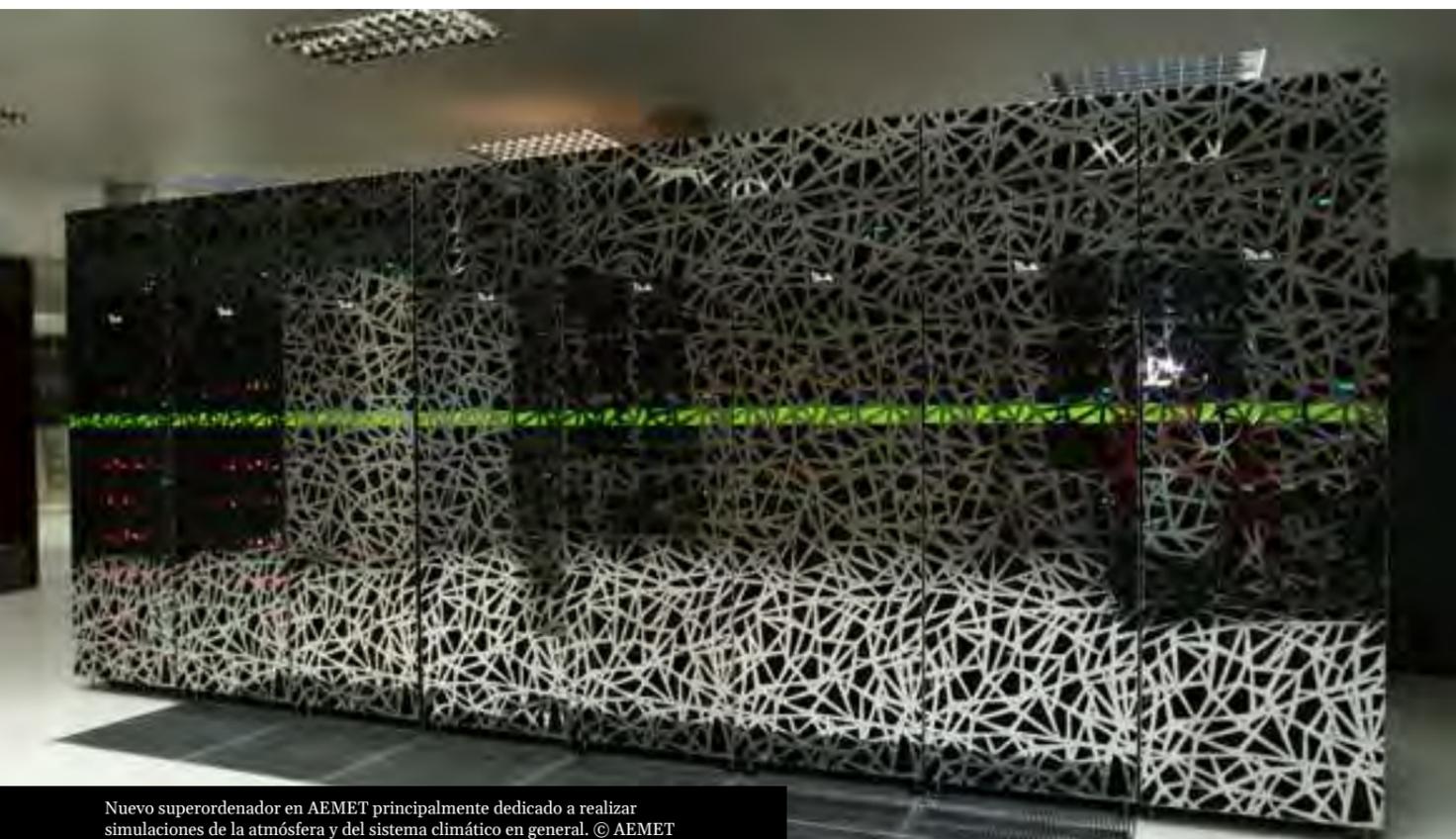
iniciales, por lo que se precisan múltiples realizaciones para estimar la evolución del mismo. Además, en el caso de las simulaciones climáticas, las múltiples simulaciones (o ensembles) exploran la incertidumbre proveniente del forzamiento externo, de la variabilidad natural, de los modelos climáticos, de las técnicas de regionalización o de los modelos de impacto



La multiplicidad de simulaciones permite estimar las incertidumbres en la evolución del sistema climático

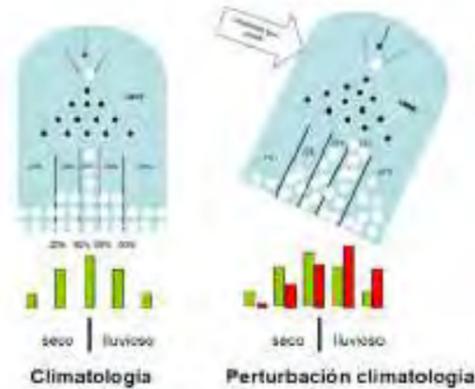
Esta multiplicidad de realizaciones para estimar la evolución del clima (y del tiempo) que explora y describe las distintas fuentes de incertidumbre deberá expresarse en forma probabilística, idealmente mediante funciones de densidad de probabilidad. La figura muestra la analogía utilizando un pinball. El destino de una bola aislada no da cuenta del compor-

**Los modelos climáticos son programas informáticos basados en las ecuaciones que describen la evolución de los distintos componentes del sistema climático**



Nuevo superordenador en AEMET principalmente dedicado a realizar simulaciones de la atmósfera y del sistema climático en general. © AEMET

tamiento de la distribución de las probabilidades como si lo da la totalidad de las bolas que caen y su distribución en cada casilla inferior. El panel de la izquierda de la figura nos muestra la distribución de probabilidades del clima de referencia, mientras que el de la derecha nos muestra la distribución en un clima perturbado.



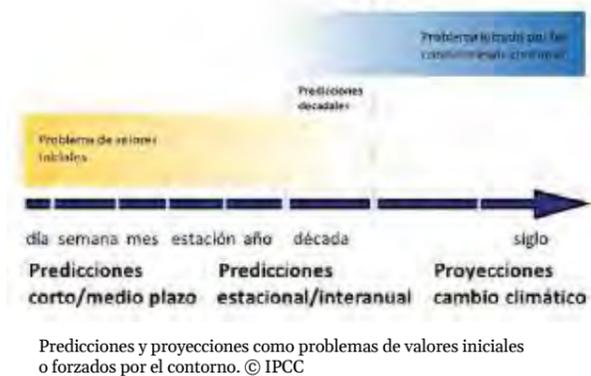
Pinball como analogía de una distribución de probabilidades de referencia y perturbada

## Predicciones y proyecciones del sistema climático

Una pregunta que surge con frecuencia en el contexto de la simulación numérica del clima, en particular con la realización de proyecciones futuras, es: ¿cómo es posible simular el clima a cien años vista si ni siquiera somos capaces de predecir el tiempo con un horizonte de predicción de dos semanas? La respuesta a esta pregunta es que estos dos problemas son de naturaleza diferente. La predicción del tiempo a corto plazo es un problema de valores iniciales, donde capturar bien las condiciones iniciales es esencial y, por tanto, cualquier desviación con respecto a las condiciones iniciales exactas se traduce en errores que crecen ilimitadamente. Por otro lado, las proyecciones climáticas a largo plazo constituyen un problema de condiciones de contorno, impuestas por los forzamientos. Se trata de problemas de predecibilidad distintos. Mientras que las predicciones del tiempo intentan capturar con la mayor fidelidad posible la trayectoria exacta del sistema, las proyecciones simplemente ofrecen una trayectoria plausible de éste, compatible con las condiciones de contorno. Entre ambas se encuentran las llamadas predicciones climáticas, donde tanto las condiciones iniciales como las condiciones de contorno son relevantes.

Un aspecto importante es que aunque los modelos climáticos se desarrollaron a partir de los modelos de predicción numérica del tiempo adaptados para los objetivos y esca-

las espacio-temporales típicas del clima, en la actualidad se apunta a lo que se denomina una simulación unificada, es decir, la utilización de los mismos modelos para simulación futura en todas las escalas temporales.



## Detección y atribución de cambios en el clima

La comprensión del sistema climático y de sus cambios recientes se apoya en una combinación de observaciones, estudios teóricos de los procesos de retroalimentación y simulaciones con modelos climáticos. La detección de cambios en el clima o un sistema afectado por el clima se define como el proceso de demostración de que éstos han cambiado en un sentido estadístico definido, sin indicar las razones del cambio. La atribución de cambios en el clima se define como el proceso de evaluación de las contribuciones relativas de varios factores causales de un cambio o evento con una asignación de confianza estadística. La atribución siempre requiere la utilización de modelos aunque a veces el modelo puede estar implícito en el marco estadístico utilizado.

La realización de experimentos controlados es consustancial al método científico si bien, en general, es muy difícil en el ámbito de las ciencias de la Tierra. En este caso se sustituye el sistema real (la Tierra) por modelos del mismo que permiten la realización de experimentos por medio de simulaciones numéricas. Las simulaciones permiten realizar experimentos controlados con el sistema Tierra, por ejemplo, cambiando la

**Un mejor conocimiento de los cambios en la probabilidad y magnitud de eventos extremos relevantes permite una mejor cuantificación de los riesgos de desastres**

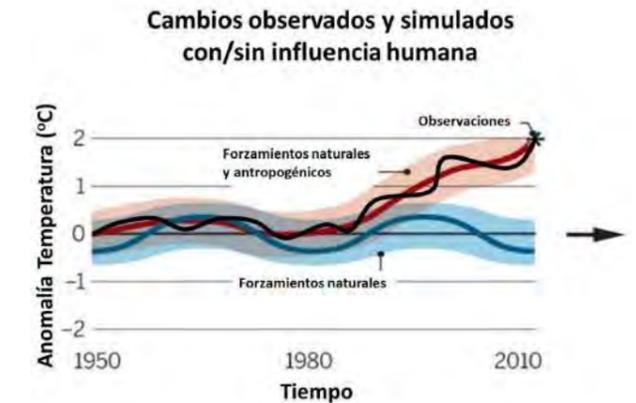


España durante el temporal Filomena © ESA

concentración de gases de efecto invernadero, la radiación solar incidente, la vegetación, etc. Estos experimentos controlados constituyen la base de los estudios de atribución.

Los modelos permiten simular la anomalía de temperatura global en superficie (respecto a un cierto periodo de referencia) observada (y por lo tanto perturbada por el hombre) con razonable precisión y comparar con simulaciones en un clima ideal no perturbado

Una pregunta que surge con frecuencia cuando tiene lugar un evento meteorológico (o climático) o un desastre asociado al evento es si dicho evento o desastre pueden atribuirse o no al cambio climático. Cuando ocurren fenómenos meteorológicos (o climáticos) extremos, tanto la exposición como la vulnerabilidad juegan un papel importante en la determinación de la magnitud y los impactos asociados al desastre resultante. En consecuencia, es difícil atribuir un desastre específico al cambio climático. Sin embargo, la ciencia relativamente nueva de la atribución de eventos permite atribuir aspectos de eventos extremos meteorológicos o climáticos específicos a ciertas causas. No se puede contestar directa y categóricamente a la pregunta de si un evento extremo particular ha sido causado por el cambio climático puesto que los extremos ocurren de forma natural y son el resultado de una mezcla de factores tanto de origen natural como humano. Lo que sí se puede, en



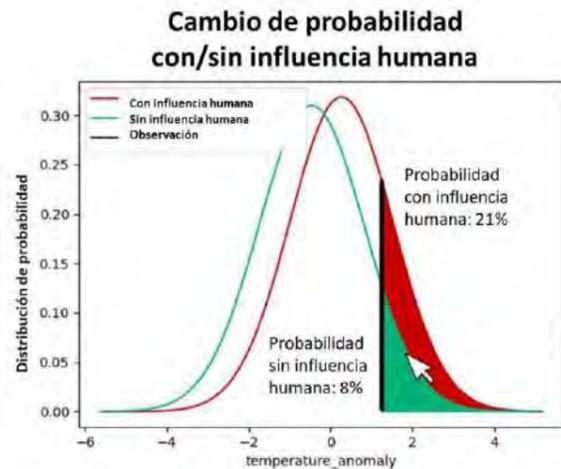
Los modelos permiten simular la anomalía de temperatura global en superficie (respecto a un cierto periodo de referencia) observada (y por lo tanto perturbada por el hombre) con razonable precisión y comparar con simulaciones en un clima ideal no perturbado

cambio, es cuantificar la importancia relativa de las influencias humana y natural en la magnitud y/o probabilidad de eventos meteorológicos extremos específicos. Esta información es importante para la planificación de la reducción de riesgos de desastres puesto que un mejor conocimiento de los cambios en la probabilidad y magnitud de eventos extremos relevantes permite una mejor cuantificación de los riesgos de desastres.

Analizando caso a caso, se puede cuantificar la contribución de la influencia humana a la magnitud y probabilidad de muchos eventos extremos. Esto se hace mediante la estimación y comparación de la probabilidad o magnitud del mismo tipo de evento entre el clima actual —que incluye el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y otras influencias humanas— y un mundo alternativo en el que los gases de efecto invernadero han permanecido en niveles preindustriales. Por ejemplo, para un cierto lugar y una estación del año, la función de distribución de probabilidad de la máxima de las temperaturas máximas diarias para los dos periodos climáticos (actual y preindustrial) puede mostrar un desplazamiento hacia las temperaturas más cálidas en el periodo actual perturbado por la influencia humana. Esto se traduce en la mayor probabilidad de valores por encima de un cierto umbral predeterminado. Los modelos climáticos se utilizan para realizar simulaciones que permiten estimar las probabilidades de ocurrencia de un evento específico con ambos climas: sin y con influencia humana. El cambio en la probabilidad del evento extremo en el clima actual en comparación con el clima preindustrial se atribuye a la diferencia entre los dos escenarios, que es la influencia humana. Análogamente al análisis del cambio en las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos, se puede también analizar el cambio en la magnitud de una cierta variable climática.

Se han identificado consistentemente aumentos atribuibles en probabilidad y magnitud para muchos extremos calien-

tes. También se han encontrado aumentos atribuibles a algunos eventos de precipitación extrema y sequías. En algunos casos, las grandes variaciones naturales en el sistema climático impiden atribuir cambios en la probabilidad o magnitud de un extremo específico a la influencia humana. A medida que el clima continúa calentándose, se esperan mayores cambios en la probabilidad y la magnitud y, como resultado, será posible atribuir los extremos futuros de temperatura y precipitación en muchos lugares a las influencias humanas. Pueden surgir cambios atribuibles para otros tipos de extremos a medida que aumente la señal de calentamiento.

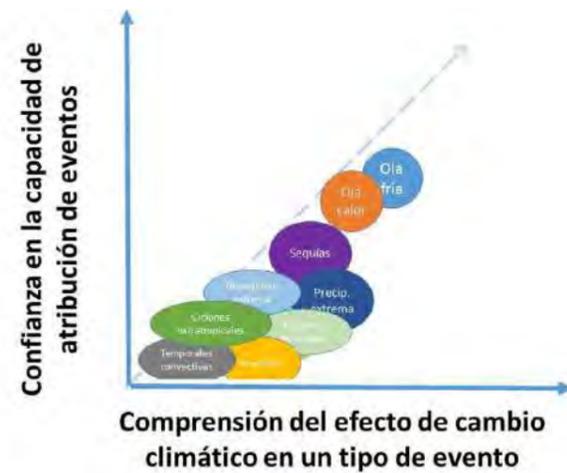


La confianza de los estudios de atribución depende en gran medida de la comprensión del efecto del cambio climático en cada tipo particular de evento extremo y de las actuales capacidades de los modelos climáticos para simular los eventos extremos que se pretenden analizar. En este sentido se puede afirmar que los estudios de atribución pueden ser relativamente fiables para el caso de eventos de escala sinóptica asociados a olas de calor y de frío, mientras que son desaconsejables para eventos tales como temporales convectivos, riesgo de incendios forestales, etc. que no son bien simulados por la actual generación de modelos climáticos bien por razones de resolución o de insuficiente comprensión de los procesos subyacentes.

### Atribución rápida de eventos extremos

Los estudios científicos de atribución de eventos extremos al cambio climático normalmente siguen el habitual proceso de revisión por pares y aparecen publicados al menos un año después de que el evento haya tenido lugar, cuando el interés de la atribución de un evento específico ha decaído significativamente tanto entre los medios o entre el público en general. Los estudios de atribución se basan en simulaciones con modelos climáticos que son costosas tanto en tiempo de cálculo como

en recursos humanos para su análisis, lo que impone un retraso considerable para poder contestar de forma científicamente contrastada a la posible relación entre un evento extremo específico y el cambio climático.



Estado de la ciencia de atribución para diferentes tipos de extremos. © NAP 2016)

La experiencia de los servicios meteorológicos muestra la gran importancia que tiene para la comunicación del cambio climático relacionar la ocurrencia de eventos extremos con las condiciones climáticas cambiantes. Es bien sabido que durante e inmediatamente después de que tiene lugar un evento meteorológico o climático extremo hay una gran demanda de información, tanto por parte de los medios de comunicación como del público en general, sobre la posible relación del evento con el cambio climático. Para responder a esta demanda de información durante esta “ventana de oportunidad” para la comunicación del cambio climático, el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (<https://climate.copernicus.eu>) está desarrollando una herramienta de atribución rápida que permite en tiempo casi real analizar eventos específicos y cuantificar en qué medida están relacionados con el cambio climático.

Esta herramienta sienta las bases de un potencial servicio operativo de atribución en Europa. El servicio incluye un protocolo para lanzar el proceso de análisis de atribución, para la realización de estudios rápidos de atribución, así como protocolos de comunicación en cada etapa del análisis. Es esencial para un servicio como éste disponer de nuevos métodos de definición de eventos, de bases de datos observacionales en alta resolución, de simulaciones precalculadas (tanto para el clima actual como para un clima preindustrial no perturbado) y de potentes métodos estadísticos y de análisis de datos. Seguramente, a lo largo de los próximos años veremos que los servicios meteorológicos nacionales disponen de herramientas operativas que permitan estimar, cada vez que tiene lugar un evento meteorológico o climático extremo, el grado de atribución de dicho fenómeno a causas naturales o antropogénicas.

## El Servicio de Cambio Climático de Copernicus está desarrollando una herramienta de atribución rápida que permite en tiempo casi real analizar eventos específicos y cuantificar en qué medida están relacionados con el cambio climático

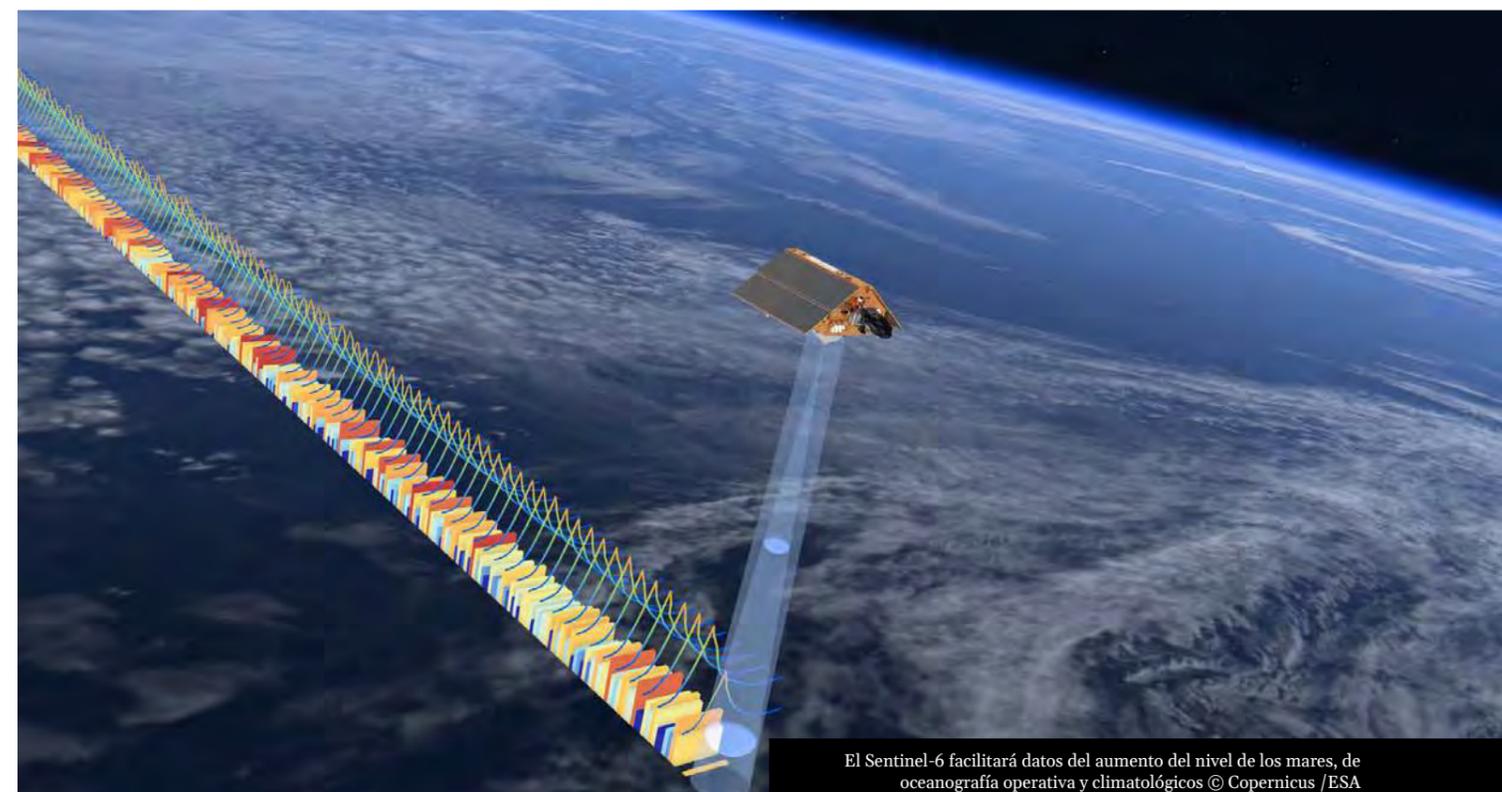
### Referencias y lecturas adicionales

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press, [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. Attribution of Extreme Weather Events in the Context of Climate Change. Washington, DC: TheNationalAcademiesPress. <https://doi.org/10.17226/21852>.

Rodriguez-Camino E., J. A. Parodi-Perdomo, J. F. Gonzalez-Rouco, M. Montoya-Redondo, 2018: Proyecciones climáticas. Cap. 29, 470-508. En “ Física del caos en la predicción meteorológica. Historia y fundamentos de la meteorología, sistemas de predicción por conjuntos, predicción probabilista y aplicaciones, cambio climático y aspectos sociales”. Ed. C. Santos Burguete. Pub. AEMET. 1089 pp, 2018, <https://doi.org/10.31978/014-18-009-x.29>

Santos Burguete, C., 2018: Predecibilidad. Cap. 12, 155-166. En “ Física del caos en la predicción meteorológica. Historia y fundamentos de la meteorología, sistemas de predicción por conjuntos, predicción probabilista y aplicaciones, cambio climático y aspectos sociales”. Ed. C. Santos Burguete. Pub. AEMET. 1089 pp, 2018, <https://doi.org/10.31978/014-18-009-x.12>



# Catástrofes aseguradas

## El seguro de desastres en el contexto del cambio climático

Francisco Espejo Gil

Subdirector de Estudios y Relaciones Internacionales. Consorcio de Compensación de Seguros

Sin duda el lector habrá leído o escuchado en numerosas ocasiones la frase “el cambio climático está produciendo un aumento de los daños producidos por las catástrofes naturales en bienes y personas”. Esa afirmación, aunque no es falsa, requiere de algunas matizaciones para hacerla más correcta. El objetivo de este artículo es intentar enfocar mejor la cuestión, aclarando una serie de conceptos, y también explicar cuál es el papel del seguro, tanto como indicador del problema como parte de su solución.

La mayor parte de los estudios que hacen referencia al cambio climático antrópico sitúan como periodo de referencia anterior a la industrialización el año 1750. En ese

momento, se estima que habitaban el planeta unos 800 millones de seres humanos. El Banco Mundial estima el producto interior bruto anual global de esa época en el equivalente a unos 850 000 millones de dólares actuales. Hoy, la población mundial ha alcanzado los 7 900 millones y el PIB anual global es de 85 billones de dólares. Es decir, desde el comienzo de la industrialización la población humana se ha multiplicado por diez y el valor anual de su producción por cien (la mitad de este crecimiento se ha producido en los últimos veinte años). Retengamos esta información y continuemos descomponiendo las causas por las que se produce el aumento de los daños.

Un daño se produce cuando se materializa un riesgo, y el riesgo es el resultado de la composición de tres factores: el peligro, que es el agente activo que puede producirlo (un terremoto, un huracán, un virus, un automóvil...); la exposición, que son todos los elementos físicos (personas, bienes) o sistémicos (el medio ambiente, las cadenas productivas...) que están en el camino de esos peligros y la vulnerabilidad, que es la mayor o menor propensión que tiene la exposición a ser dañado por un peligro determinado. La vulnerabilidad es a su vez el resultado de dos factores: la susceptibilidad, que mide el grado de daños potenciales sobre la exposición, y la capacidad de respuesta, que expresa la duración en el tiempo de los efectos de esos peligros sobre la exposición en función del tiempo que ésta tarda en recuperar su estado anterior. No comprenderemos bien los problemas que plantean los riesgos o su evolución, ni podremos plantear bien su transferencia al seguro, si no entendemos el papel de cada uno de estos factores.

**El modelo español de seguros, verdadera asociación público-privada para compensar los daños producidos por catástrofes naturales**

Así, esta tendencia a que cada vez haya más daños tiene una explicación mucho más directa en el aumento de la exposición. Cada vez somos más habitantes en el planeta y, sobre todo, cada vez exponemos más valor a los peligros, por supuesto también a los naturales. La vulnerabilidad de la sociedad ha aumentado: su susceptibilidad a ser dañada es mayor, en general, tanto por la desconexión existente entre poblamiento humano y medio natural como por la creciente inter-



El 87 % del total de los daños son por riesgos hidrometeorológicos, cuya peligrosidad es susceptible de verse alterada por el cambio climático



Efectos de una tempestad de viento en Sevilla © CCS

**Las aseguradoras disponen de importantes fondos que, adecuadamente invertidos, pueden implicar cambios apreciables en la transición ecológica**

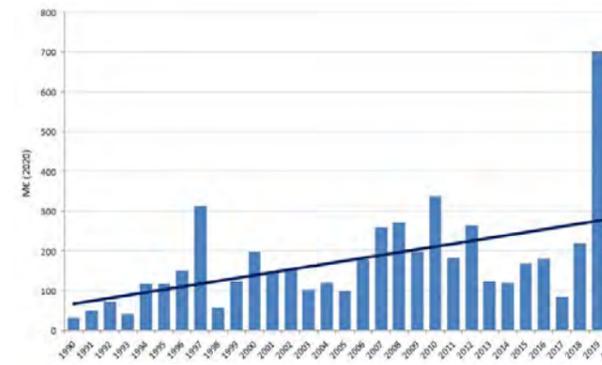
conexión e interdependencia de toda la sociedad y sus medios productivos. Es decir, dándole la vuelta a la línea de razonamiento habitual, la realidad es que lo mismo que está causando el cambio climático antrópico: el aumento de la población, su desarrollo económico y su modelo de desarrollo, está causando que cada vez haya más daños producidos por las catástrofes naturales. Más que causa y efecto, cambio climático y aumento de daños son fundamentalmente dos manifestaciones de una misma causa.

Sin embargo, sí es cierto que el cambio climático antrópico está produciendo alteraciones en el tiempo y el clima, y en sus estados extremos, que desde el punto de vista de la generación de daños es lo más relevante.

Esos cambios suponen en buena parte de los casos un aumento de la peligrosidad, con lo que el riesgo en su totalidad también aumenta, por lo que es cierto que el cambio climático puede hacer que aumenten los daños. Sin embargo el matiz, no menor, es que ese mayor nivel de riesgo debido a la mayor peligrosidad se añade al muy superior nivel de riesgo generado por el enorme aumento de la exposición, que es la causa principal del aumento del riesgo y por tanto de los daños.

**Como lonchas de gruyere**

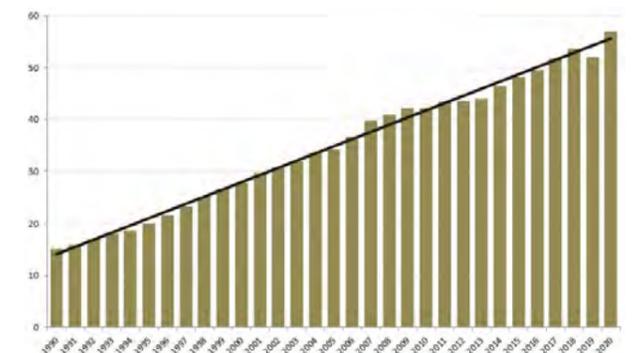
La transformación de un riesgo (algo potencial) en un daño (algo real) se suele explicar con una analogía que representa unas lonchas de queso gruyere. Cada loncha vendría a representar factores relacionados con el peligro, la exposición y la vulnerabilidad y es el alineamiento de los agujeros de las lonchas el que permite la materialización de ese riesgo en daño. Así, cuando se presenta un peligro con alto potencial de impacto sobre una zona con mucha exposición y una vulnerabilidad alta, se producen daños importantes. Evitar daños implica ‘desplazar esas lonchas’ para impedir que los huecos se alineen y se produzcan daños. Actuar sobre el peligro, en las catástrofes naturales, es poco menos que imposible. Solo a largo plazo, y con



Daños asegurados por inundación por el CCS (1990-2020)  
© CCS

una adecuada política de mitigación, se puede intentar no acrecentarlo aún más. Así que lo más factible es reducir la exposición, lo que suele traducirse en no aumentarla más en aquellas zonas con mayor propensión a experimentar un peligro y, sobre todo, en reducir la vulnerabilidad. Para hacerlo hay dos maneras: reducir la susceptibilidad de personas y bienes de verse dañados por un peligro, por ejemplo, aumentando la estanqueidad de las edificaciones, y aumentar la capacidad de respuesta, mejorando la gestión de las emergencias y aumentando la capacidad de los sistemas para el resarcimiento de los daños, de entre los que el seguro es uno de los principales.

Asegurar un riesgo catastrófico requiere, sin embargo, de mecanismos específicos, puesto que no se cumplen algunos de los supuestos que permiten la asegurabilidad, como son la independencia y falta de correlación entre riesgos, o la capacidad de estimar las pérdidas máximas: en algunas catástrofes con muy baja frecuencia y muy alto impacto es extremadamente difícil hacer estimaciones y, a diferencia de otros tipos con mayor frecuencia y experiencia de daños, es difícil poner una prima al riesgo. En otras ocasiones, dado el alto nivel de riesgo de un lugar determinado, esta prima puede ser inasequible para gran parte de la población a proteger. El resultado final es que, sea por problemas en la oferta o por problemas en la demanda, a nivel global dos tercios de los daños producidos por las catástrofes naturales no están cubiertos por un seguro. Por este motivo en muchas jurisdicciones se desarrollan programas específicos de seguros de catástrofes para peligros concretos (terremoto, inundación...) o para grupos de ellos. Estos programas buscan siempre mejorar la oferta de seguros, aumentando tanto la disponibilidad como la asequibilidad. La forma universalmente más difundida de hacerlo es a través del reaseguro, haciendo así una doble transferencia del riesgo. En ocasiones se comple-



Número de pólizas de bienes cubiertas por el CCS (1990-2020)  
© CCS

menta esta solución con programas públicos de seguro o reaseguro y con medidas regulatorias como la obligatoriedad del seguro o la obligatoriedad de la extensión de la cobertura de determinadas pólizas de daños para cubrir algún peligro natural particular. En algunas jurisdicciones es normal que haya soluciones mixtas entre seguro privado y seguro público dependiendo de los tipos de bien, de peligro y de contrato de seguro.

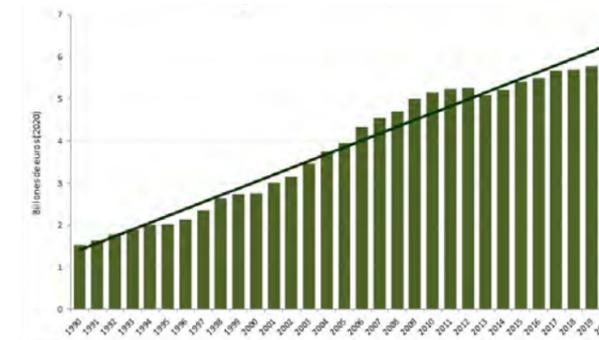
Además de los factores actuariales y económicos, mencionados anteriormente para el aseguramiento de un riesgo, hay otros factores sociales que juegan un papel importante. Desde el punto de vista de la demanda, muchas personas no ven el valor de invertir en un seguro como medio para la protección de su nivel de vida frente a las catástrofes. Otras, esperan que sean otros agentes (las administraciones públicas) los que indemnicen los daños de estos ‘actos de Dios’ cuando se produzcan. En otras ocasiones, la existencia de estos programas de seguros de catástrofe que suponen mutualización entre zonas con mayor y menor nivel de riesgo plantea problemas en sociedades con mentalidad más individualista.

## El papel del seguro en la gestión de los riesgos de catástrofe

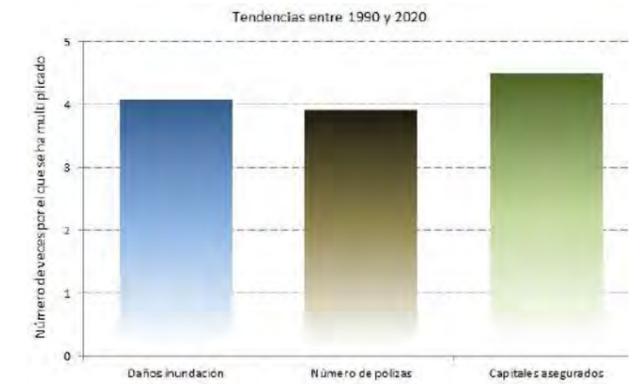
El seguro no solo puede aumentar la capacidad de respuesta y, por tanto, reducir la vulnerabilidad y el riesgo. Dispone de otras vías para reducirlo. A través de la prima o de las franquicias puede estimular a los asegurados a adoptar medidas para la reducción de la susceptibilidad de sus propiedades a ser dañada. También es una fuente de datos de daños, muy útil tanto para identificar aquellas zonas más expuestas a un peligro como para generar curvas de daños que se puedan introducir en un modelo y servir tanto de punto de partida para la estimación futura de daños en un escenario de cambio de peligrosidad producida por el cambio climático, como para evaluar las mejores medidas en función de su relación coste-beneficio para abordar la reducción de la susceptibilidad o de la exposición. Esa misma indicación del nivel de riesgo sirve para identificar las áreas en las que no conviene au-

## En España coexisten dos sistemas para el aseguramiento de los riesgos catastróficos que son referentes internacionales: riesgos extraordinarios y seguro agrario combinado

mentar la exposición. Por último, las aseguradoras, en tanto que entidades financieras que tienen que disponer de los fondos generados por las primas para utilizarlos para indemnizar los daños cuando éstos se produzcan, disponen de importantes fondos que, adecuadamente invertidos, pueden implicar cambios apreciables en la transición ecológica, contribuyendo así, a largo plazo, a no aumentar más la peligrosidad.



Capitales asegurados por daños en los bienes por el CCS (1990-2020) © CCS



Comparación de las tasas de crecimiento de daños por inundación, pólizas y capitales asegurados (1990-2020) © CCS

## Sea por problemas en la oferta o en la demanda, a nivel global dos tercios de los daños producidos por las catástrofes naturales no están cubiertos por un seguro

En España disponemos de dos sistemas para el aseguramiento de los riesgos catastróficos que son referentes internacionales: el seguro de riesgos extraordinarios para los daños en bienes y personas y el seguro agrario combinado. El primero implica que la mayoría de las pólizas de seguros de daños en los bienes, y todas las de vida y accidentes y pérdida de beneficios, deben extender obligatoriamente la cobertura para cubrir unos ‘riesgos extraordinarios’ entre los que figuran la inundación, las tempestades de viento muy fuerte, el terremoto o la erupción volcánica, entre otros. Así, las pólizas, contratadas con cualquier aseguradora privada que opere en España, tienen una extensión automática, cobertura que presta el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), entidad pública empresarial dependiente del Ministerio de Asuntos Económicos y Transición Digital. En el caso de producirse un daño producido por alguno de los peligros denominados “extraordinarios”, es el CCS quien indemniza directamente los daños al asegurado. Para financiar esta cobertura se aplica un recargo a la prima que depende del valor asegurado y del tipo de bien, que las aseguradoras transfieren al CCS, constituyendo así un fondo específico para cubrir los daños. Esta extensión obligatoria facilita mucho que el seguro cubra los daños catastróficos, puesto que, por ejemplo, cualquier vivienda o comercio asegurado en España está asegurado contra inundación, algo que en otros países dista de ser automático.

El 69 % de los daños que ha indemnizado el CCS en los últimos 30 años por riesgos extraordinarios es por inundación y el 18 % por tempestades de viento muy fuertes. Es decir, el

87 % del total de los daños son por riesgos hidrometeorológicos, cuya peligrosidad es susceptible de verse alterada por el cambio climático. Se puede hacer un cálculo de tendencias fiables a partir de los daños por inundación, puesto que la cobertura de este peligro no ha variado, a diferencia del caso del viento, en el que se han modificado los umbrales a lo largo de esta treintena. La media anual de los daños por inundación indemnizados se ha cuadruplicado, pero el valor asegurado y el número de pólizas han seguido una evolución muy similar, con lo que aquí también es la exposición la que explica el aumento de los daños. Se apuntan recientemente, sin embargo, algunos indicios de una mayor peligrosidad, como por ejemplo el coste por siniestro, que llevaba años en descenso sostenido y ha cambiado de tendencia hace unos pocos años, que puede deberse a la mayor intensidad y frecuencia de los fenómenos extremos, aunque aún es pronto para poder sacar conclusiones más significativas.

Si bien el CCS indemniza los daños con mayor impacto y cuantía absoluta, los daños causados en los bienes asegurados por otros peligros naturales, como los efectos directos de la precipitación (incluyendo nieve y granizo), el viento por debajo del umbral muy fuerte (120 km/h) o los causados por los incendios forestales son indemnizados directamente por las aseguradoras privadas. De esta forma, el modelo español es una verdadera asociación público-privada para enfrentar estos daños y en un sistema intrínsecamente flexible y adaptable a unos tiempos en los que es más que previsible que estas sean unas virtudes más que necesarias para el seguro.



Calles anegadas en un pueblo de Guipuzkoa durante las inundaciones de 2015 © CCS

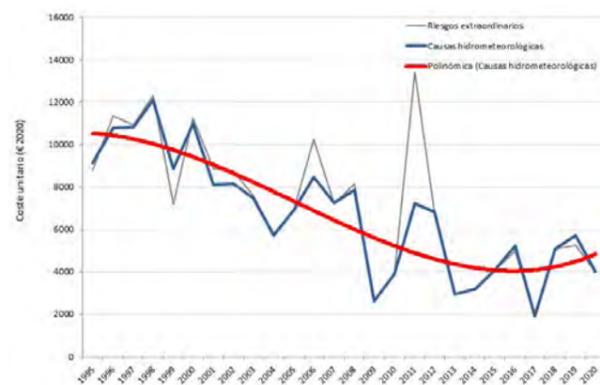


**Muchas personas no ven el valor de invertir en un seguro como medio para la protección de su nivel de vida frente a las catástrofes**

viento, granizo, helada...) y climáticos (sequía, olas de calor...) En los últimos años se está poniendo de manifiesto cómo la mayor extremosidad de tiempo y clima están teniendo un impacto cada vez mayor en los resultados del SAC.

Pese a la ventaja competitiva que supone para España disponer de estos mecanismos aseguradores, no hay que olvidar que el seguro es un mecanismo para transferir el ries-

go, normalmente desde la propiedad del bien asegurado a una entidad aseguradora, mediante el pago de una prima. Para que ese riesgo pueda seguir transfiriéndose en un contexto en el que es previsible que el cambio climático haga aumentar progresiva y significativamente la peligrosidad, no hay más opciones que contener la exposición y reducir significativamente la vulnerabilidad, a través de la reducción de la susceptibilidad y del aumento de la capacidad de respuesta, por ejemplo, aumentando aún más la masa asegurada. En el sentido de la reducción de la susceptibilidad, el CCS colabora con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en sus iniciativas para la reducir la susceptibilidad a la inundación en áreas de muy alta siniestralidad, que incluyen proyectos piloto de demostración y subvenciones directas para la adaptación al riesgo de inundación. Aunque quede mucho camino por recorrer, indudablemente este es el camino correcto. 



Coste unitario de los expedientes por causas hidrometeorológicas (1995-2020) © CSS

**Lo mismo que está causando el cambio climático antrópico: el aumento de la población, su desarrollo económico y su modelo de desarrollo, está causando que cada vez haya más daños producidos por las catástrofes naturales**

Entidad Nacional de Seguros Agrarios (ENESA), dependiente del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y por los gobiernos autonómicos. El CCS es una de las compañías participantes en el cuadro de coaseguro y además reasegura los excesos de siniestralidad en las diferentes líneas. El SAC puede cubrir prácticamente la totalidad de las producciones agrarias, ganaderas, forestales y piscicultoras frente a una gran variedad de peligros hidrometeorológicos (inundación,



Vehículos afectados por las crecidas repentinas en St. Llorenç des Cardassar (Illes Balears) en octubre de 2018. © CSS

**Seguros agrarios**

En cuanto al seguro agrario combinado (SAC), se proporciona a través de un cuadro de coaseguro en el que alrededor de un par de decenas de compañías privadas comparten los riesgos. El SAC se gestiona por la entidad Agroseguro y las primas del seguro agrario están parcialmente subvencionadas por la

# Fenómenos extremos, un riesgo potencial para el sistema eléctrico

**Fátima Rojas**

Directora Corporativa de Sostenibilidad y Estudios, Grupo Red Eléctrica



Olas de calor acompañadas de incendios forestales de gran magnitud, condiciones anormalmente frías en algunas regiones del planeta, lluvias extremas que han provocado algunas de las inundaciones más graves desde que se tienen registros y prolongadas sequías que han dado lugar a cuantiosas pérdidas agrícolas. El año 2021 ha vuelto a batir records en cuanto a eventos extremos, tal y como refleja el último informe de Estado Global del Clima de la Organización Meteorológica Mundial. Según el profesor Peteeri Taalas, secretario general de dicha organización, “los fenómenos extremos son la nueva normalidad” y “existen cada vez más pruebas científicas que indican que algunos de estos fenómenos llevan el sello del cambio climático causado por las actividades humanas”.

Considerando las proyecciones de evolución de las emisiones y los distintos escenarios climáticos, se espera un incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, lo que indudablemente tendrá una repercusión en el sistema eléctrico.

## ¿Cómo pueden afectar los fenómenos extremos al sistema eléctrico?

De manera general, se pueden considerar tres grupos de afecciones.

Por una parte, hay que contemplar la afección a la generación, el transporte y la distribución de electricidad. El incremento prolongado de las temperaturas asociado a olas

de calor extremas podría llegar a provocar una reducción del rendimiento de los paneles fotovoltaicos y de las centrales térmicas y nucleares, además de una disminución de la capacidad de transporte de las líneas eléctricas. Adicionalmente, fenómenos extremos asociados a las precipitaciones afectarían a la generación hidroeléctrica y los vientos muy intensos podrían influir en la producción eólica.

**Condiciones anormalmente frías o cálidas podrían dar lugar a picos de demanda de electricidad no esperados**

En segundo lugar, podrían verse efectos en la demanda de electricidad: condiciones anormalmente frías o cálidas darían lugar a picos de demanda no esperados. En el caso de las olas de calor, estos incrementos de demanda coincidirían además con la reducción del rendimiento en la generación y en su caso la reducción de la capacidad de transporte de las líneas. Episodios de sequía prolongada reducirían el recurso hídrico para la generación eléctrica, situación que se vería agravada por coincidir con un incremento de la demanda de agua para riego.

Pero, posiblemente, las afecciones más relevantes son las que se podrían producirse sobre las infraestructuras como



El Centro de Control Eléctrico de Red Eléctrica es responsable de la operación y supervisión en tiempo real de las instalaciones de generación y transporte del sistema eléctrico nacional © REE

Es preciso trabajar en una mejor identificación y conocimiento de los escenarios futuros, de los riesgos potenciales asociados a ellos y de sus efectos

## Riesgo de afección a las líneas eléctricas por vientos extremos



Los vientos muy intensos que superan los parámetros para los que están diseñados los apoyos pueden provocar daños en las estructuras, que en casos extremos pueden derivar en afecciones al suministro eléctrico.

Para minimizar los efectos de los vientos extremos en las infraestructuras la optimización de los planes de mantenimiento y la aplicación de medidas como la identificación y refuerzo de las líneas vulnerables resulta muy relevante. Cuando se produce la afección se cuenta con planes de contingencia, que en algunos casos incluyen incluso la instalación de apoyos de emergencia.

Aunque las proyecciones climáticas no arrojan información concluyente sobre la evolución de este fenómeno, se observa una cierta tendencia a que estos vientos sucedan cada vez con más intensidad, por lo que es importante seguir trabajando en la definición de medidas que permitan la adaptación a una nueva situación futura. Una de las más relevantes es la elaboración de mapas de viento (con valores regionalizados según las distintas zonas) que incluyan las proyecciones para distintos escenarios climáticos. Gracias a ellos se podrá identificar la necesidad de revisar y actualizar los criterios de diseño que permitan construir infraestructuras más resilientes a este tipo de fenómeno.



Infraestructuras resilientes son claves para afrontar un futuro aumento de los fenómenos extremos

consecuencia de vientos extremos, inundaciones, grandes nevadas, fuerte oleaje o incluso incendios. Hay que tener en cuenta que los daños materiales que podrían generarse tendrían el riesgo, si son importantes, de provocar el corte del suministro eléctrico hasta que pudiera repararse el daño en horas o días, dependiendo de la gravedad.

El que un evento extremo tenga o no consecuencias reales en la sociedad depende de su intensidad y virulencia, pero, principalmente, guarda relación con la vulnerabilidad de las infraestructuras, con la fortaleza del sistema eléctrico en su conjunto y con la capacidad de actuación ante estas situaciones.

En la actualidad contamos con un sistema eléctrico robusto, con una potencia instalada muy diversificada en cuanto a fuentes de generación y una red de transporte de electricidad muy mallada. Esto, unido a otras cuestiones, como la flexibilidad en la operación del sistema eléctrico y la disposición de planes de contingencia que permiten una resolución rápida de las incidencias, minimiza los potenciales impactos asociados a los fenómenos extremos.

### Anticipación y adaptación

Disponer de unas infraestructuras y de un sistema eléctrico resilientes es clave para afrontar un futuro aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos.

Para ello es fundamental trabajar en una mejor identificación y conocimiento de los escenarios futuros, de los riesgos potenciales asociados a ellos y de sus efectos (por ejemplo, en la producción de energía renovable, en los picos de demanda o en las instalaciones). Este ejercicio, unido al seguimiento y observación de los eventos históricos y actuales, nos permite definir nuevas medidas para reducir e incluso evitar los impactos cuando sea posible.

La anticipación a los riesgos implica considerar los resultados de estos análisis en las distintas etapas de decisión, incluyendo la elaboración de la planificación eléctrica, la definición de medidas de gestión de la demanda, la elaboración de planes de mantenimiento e incluso la revisión de criterios de diseño para algunas infraestructuras críticas, si se considerara necesario, y la adaptación de los procedimientos de operación ante situaciones de alerta, alarma y emergencia.

Los informes científicos nos indican que, aún poniendo en marcha ambiciosas medidas de mitigación, se van a producir determinados cambios en el sistema climático que ya no es posible revertir. Aunque sigamos poniendo el foco en el impulso a las medidas de mitigación para limitar el aumento de temperatura y minimizar estos impactos, es imprescindible trabajar para adaptarnos a los cambios futuros. Cuanto más nos anticipemos a ellos, nuestra capacidad de adaptación será mayor y más eficiente. 🌱



La adolescente Greta Thunberg se ha convertido en un icono del movimiento juvenil en demanda de la acción climática

# Creciente concienciación ciudadana frente al cambio climático

**Álvaro Rodríguez de Sanabria**

Coordinador general en España de The Climate Reality Project

**H**ace más de 40 años que el mundo científico comenzó a alertar del riesgo que suponía el provocar un cambio climático, como consecuencia del aumento de emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, principalmente por la quema continua y creciente de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y metano, también denominado gas natural). Ya en la cumbre de Río de 1992 el cambio climático se señalaba como una de las grandes amenazas para el planeta y, de hecho, se instaba a los diferentes gobiernos del mundo a tomar medidas para frenar lo antes posible estas emisiones.

Algunos tímidos pasos se dieron en la década de los 90 con el desarrollo del llamado Protocolo de Kioto, pero lo cierto es que solamente unos pocos países tomaron medidas para frenar sus emisiones. Además, esos países no estaban entre los mayores emisores del planeta. El siglo XXI se inició con varios intentos infructuosos de limitar de forma efectiva las emisiones. Hubo muchas buenas palabras, pero lo cierto es que las emisiones globales no dejaron de aumentar.

Es en la primera década de este siglo, en la que había sido vicepresidente de los Estados Unidos y tras su muy discutida derrota ante George Bush hijo en las presidenciales de 2000, Al Gore comenzó a dedicar todo su tiempo a compartir una explicación mucho más cercana y comprensible de la crisis climática. Su primera película, “Una Verdad Incómoda”, ganadora de un Oscar, supuso un sonoro alabonazo en la conciencia de todo el planeta. Fue en esos años cuando Gore funda The Climate Project (más tarde renombrado como The Climate Reality Project) como organización de voluntarios –formados por él mismo en persona– para que multiplicasen el número de conferencias y presentaciones explicando la necesidad de actuar para frenar el cambio climático. Hoy en día son ya más de 40 000 los líderes climáticos que, de forma gratuita, imparten impactantes charlas en empresas, colegios, ayuntamientos, iglesias o vecindarios de todo el planeta.

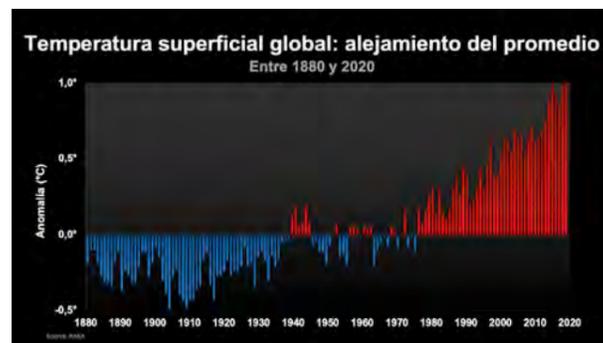
**El movimiento social impulsado por Al Gore supuso un punto de inflexión en la concienciación tanto ciudadana como política ante la amenaza climática**

Sin duda, todo este movimiento con Gore a la cabeza supuso un punto de inflexión en la concienciación tanto ciudadana como política ante la amenaza climática. Por desgracia, la crisis económica de 2008 frenó en seco muchas de las políticas que se iban iniciando en todo el mundo y durante un tiempo pareció que se daba la espalda a este reto porque, como se decía en esos años: “Ahora hay cosas más importantes por las que preocuparse”.

Finalmente, en 2015 y tras varias COP de resultado incierto, pareció verse algo de luz al final del túnel con la

ratificación del Acuerdo de París por la gran mayoría de los países del mundo y, sobre todo, aquéllos que representaban la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero.

No obstante, no podemos ni debemos olvidar que aquella cumbre ya entrañaba un cierto fracaso para la ciencia pues lo máximo que se logró arañar fue un compromiso de neutralidad climática planetaria para 2050 y que la temperatura no subiera más de 2°C con respecto a la era preindustrial. No debemos olvidar que la comunidad científica clamó porque no se superase 1,5°C. En cualquier caso, eso era mejor que nada.



## El negacionismo de Trump

Lo cierto es que la esperanza duró poco y tan sólo unos meses después de la ratificación Estados Unidos, el que por entonces era aún el mayor emisor del planeta (se-

guido de cerca, eso sí, por China, que lo adelantaría muy poco tiempo después) se “bajaba del barco” al llegar al poder el presidente Donald Trump con visiones acerca de la crisis climáticas rayando el “negacionismo”.

Fue en aquel momento cuando los movimientos sociales, que no obstante ya habían sido activos en anteriores cumbres del clima, comenzaron a ser mucho más visibles. Por un lado, irrumpió un movimiento de niños y jóvenes que, con una muy joven Greta Thunberg a la cabeza, afearon su falta de acción real a los líderes del mundo. Fueron impresionantes las movilizaciones durante esos años en todos los continentes. Este movimiento cristalizó en organizaciones como Fridays for Future, en recuerdo de la huelga climática iniciada por la activista sueca los viernes ante el parlamento de su país, seguidas por otras como Teachers for Future.

Pero también apareció un movimiento más sonoro, retador y, en algunos casos incluso transgresor, como ha sido el de Extinction Rebellion, que con sus performances más que sonadas han llamado la atención de medios, sociedad y comunidad política. En países como el Reino Unido han puesto incluso en jaque a políticos que dudaban si tomar o no medidas de calado.

Al mismo tiempo, en la última década se ha pasado de forma clara de las previsiones climáticas a los fenómenos climáticos; de la predicción climática a la realidad climática. La ciudadanía del mundo ha visto cómo las olas de calor se volvían más largas e intensas, cómo se superaban una y otra vez los records de temperatura en todos los continentes, cómo los huracanes alimentados por un agua más caliente en evaporación se volvían mucho más rápidos y destructivos.



San Francisco, California. 9 de septiembre de 2020

También ha visto cómo las sequías se tornaban más profundas y cómo ante una conjunción de altas temperaturas, mayores vientos y menor cantidad de agua, los incendios alcanzaban cotas nunca antes imaginadas. En los últimos 10 años los grandes incendios han ido destruyendo bosques, casas y cultivos, haciendo al mismo tiempo que el aire de muchas zonas se volviese directamente irrespirable con el consiguiente daño para la salud.

Y algo que no debe pasarse por alto es que en muchos de estos fenómenos gran parte de los damnificados eran los animales que habitaban las zonas arrasadas por el fuego. Especialmente importantes fueron los incendios que en 2019 y 2020 quemaron gran parte de Australia. Millones de animales se vieron afectados cuando no murieron directamente calcinados. Ellos son los mayores afectados por este cambio. De hecho se calcula que en el siglo XXI se extinguirán el 50% de las especies terrestres del planeta.

Los cultivos se han ido nordeando y los ciclos agrícolas modificando. Cualquier viticultor da testimonio del cambio climático y cómo afecta de forma tangible a sus cultivos obligándole a adaptarse a la nueva situación.

**En la última década se ha pasado de forma clara de las previsiones climáticas a los fenómenos climáticos; de la predicción climática a la realidad climática**

## Migraciones climáticas

Millones de personas se ven obligados a abandonar sus casas y sus tierras al ver cómo las mismas se vuelven inhabitables o, directamente, son tragadas por unos mares que, a causa de la descongelación de las masas de hielo de glaciares, del continente Antártico o de Groenlandia, suben de nivel.

Estas migraciones masivas desencadenan conflictos que provocan movimientos como el de los refugiados sirios de hace unos años. Obviamente huían de la guerra en su país, pero muchas veces olvidamos que entre 2005 y 2010 una brutal sequía convirtió en desierto el 60% de la tierra fértil siria, obligando a 1,5 millones de



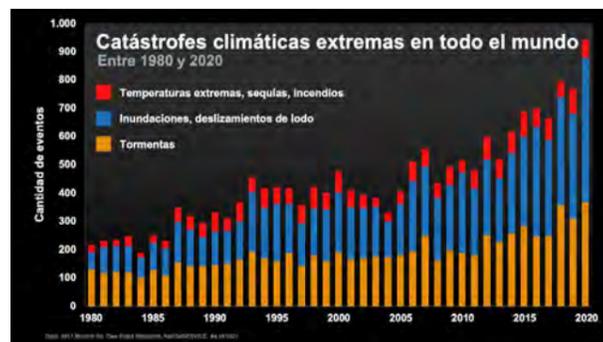
Madrid, España. 11 de diciembre de 2020

Nueva Delhi, India. 19 de marzo de 2021



Port Macquarie Koala Hospital, Australia. 3 de noviembre de 2019. Millones de animales se vieron afectados por los incendios

personas a migrar a ciudades como Damasco, con las tensiones que eso supuso. No debemos pasar por alto que estos movimientos fueron uno de los principales argumentos que esgrimieron ante la sociedad británica los partidarios del Brexit para acabar finalmente ganando el referéndum de salida de la Unión Europea. Pero ha habido recientemente otros, como la gran columna de refugiados climáticos, que en 2018 partieron desde América Central para tratar de llegar a Estados Unidos. Tras los huracanes Eta y Iota —en esta misma zona— una segunda oleada de migrantes se ha producido en 2021.



Por lo tanto, ha habido una lógica concienciación ciudadana, pues resulta inevitable ver directamente los efectos de la que ya se denomina “emergencia climática”. En el gráfico que contemplamos más arriba podemos ver cómo las catástrofes climáticas se han incrementado de forma muy sustancial en los últimos 40 años, haciéndose especialmente preocupante en la última década. Así, las catástrofes climáticas extremas le han costado a la economía mundial 2,5 billones de dólares en la última década lo que ha supuesto un incremento del 40 % con respecto a la década anterior. Solamente entre Eta e Iota, los dos huracanes que asolaron Centro América hace un año provocaron que Honduras, uno de los países más pobres de la zona, sufriera una caída del 40 % de su PIB.

**Muchos gobiernos son apelados por su ciudadanía para que tomen medidas contundentes que permitan que se cumplan los objetivos de reducción de emisiones**

**Se prevé que el crecimiento poblacional para 2100 pase de los 11 000 millones previstos a menos de 9 000, lo cual puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso en la lucha contra la crisis climática**

Pero hay una parte positiva en este cambio de posición de la sociedad ante la amenaza que se cierne. Vemos cómo muchos gobiernos son apelados por su ciudadanía para que tome medidas contundentes que permitan que los objetivos de reducción de emisiones no sean papel mojado.

### Asambleas ciudadanas anti emisiones

Países como Reino Unido, Irlanda, Francia y más recientemente España han puesto en marcha las llamadas Asambleas Ciudadanas como una herramienta de escucha a la ciudadanía que pueda permitir que se avance en la dirección necesaria. No obstante, el grado de seriedad y complejidad de dichas asambleas varía mucho de un país a otro y, desgraciadamen-



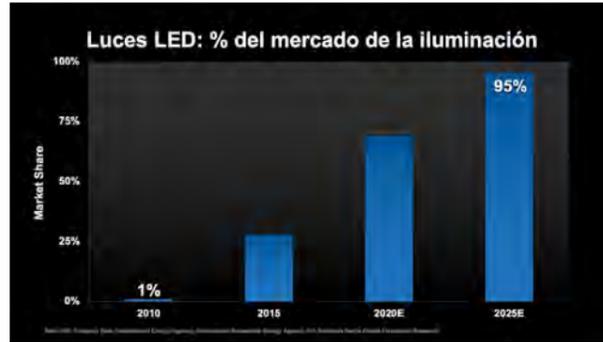
Tejados solares. Madrid, España. 27 de mayo de 2021

te, también varía mucho el grado de compromiso de cumplimiento y ejecución de las propuestas que de ellas se promulguen.

Pero es admirable observar como cada vez es más frecuente el paso adelante que muchos ciudadanos y ciudadanas están dando, instalando sus propios sistemas de generación de energía renovable o, incluso, creando comunidades que se unen para llevar a cabo inversiones mayores, en instalaciones más grandes, y contribuir a ese cambio de modelo energético. Durante mucho tiempo el país con un mayor desarrollo de los llamados “tejados solares” era Alemania, con su más de un millón



Refugiados sirios en Tovarnik, Croacia. 20 de septiembre de 2015



Estado de la ciencia de atribución para diferentes tipos de extremos. © NAP 2016)

frente a los poco más de 10.000 con los que contábamos en España hasta hace 2 años. Pero, la bajada de los costes de instalación a precios más que competitivos unida a la eliminación de leyes que frenaban dicho despliegue ha hecho que en este momento España esté avanzando de forma muy notable precisamente por el compromiso de sus ciudadanos.

## Conciencia y movilidad urbana

Son muchos los cambios que se están observando en áreas también como la de la movilidad. Cada vez vemos más personas que optan por un modelo de movilidad menos contaminante como andar o ir en patinete o bicicleta. Esto está llevando a que muchos ayuntamientos se estén planteando los modelos de ciudad, ralentizando la velocidad en ciertas zonas, haciendo otras más accesibles, mejorando la interconexión entre diferentes modos de transporte, pacificando las ciudades y tratando de crear ciudades en las que las personas vivan mejor y respiren un aire menos contaminado. En España ejemplos como el de Sevilla, Pontevedra, Vitoria o Barcelona marcan claramente un movimiento en esa dirección.

Vemos también cómo cada vez más personas a la hora de comprar un coche optan por una opción menos contaminante, ya sea híbrida o incluso directamente eléctrica. Además, todo parece apuntar —a tenor del último estudio de Bloomberg 'New Energy Finance' de 2021— a que en dos años los vehículos eléctricos alcanzarán la paridad en precio con los vehículos de combustión. Sin duda eso marcará un antes y un después en el mercado del automóvil.

En el caso de España además, y probablemente debido en parte al importante aumento del precio de la energía, son muchas las personas que han recordado aquel viejo lema que decía que "la mejor energía era la que no se consumía" y están mejorando el aislamiento de sus viviendas, cam-

biando sus electrodomésticos por otros más eficientes o sustituyendo las viejas lámparas halógenas por otras con tecnología led.

## Residuos y economía circular

Otra área en la que estamos siendo testigos de un cambio social es el relacionado con la generación de residuos y la economía circular. Muchos ciudadanos están liderando iniciativas para que se reduzcan los plásticos de un solo uso, se impulsen las iniciativas de reutilización o reparación de productos, se consuman productos de proximidad y más sostenibles. Sin duda, son iniciativas que habrán de abrirse paso poco a poco, pero es claramente perceptible ese vuelco hacia un modelo más sostenible y hacia una mayor concienciación.

Pero no debemos olvidar que la presión que estamos ejerciendo como especie en el planeta es directamente proporcional al creciente número de habitantes del mismo y

por lo tanto debemos también limitar el crecimiento poblacional y estabilizar la población, pues un crecimiento infinito es obviamente imposible en un planeta finito. Así, hay cuatro factores esperanzadores que también apuntan a que esto puede lograrse en este siglo: la educación de las niñas, el empoderamiento de las mujeres, la educación en gestión de la fertilidad y el aumento de las tasas de supervivencia infantil. Esto ha hecho que, en la última proyección, la ONU haya modificado sus previsiones de crecimiento poblacional para 2100 pasando de los 11 000 millones previstos a menos de 9 000, siendo esta variación algo que puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso en los objetivos de lucha contra la crisis climática y en el reto de lograr ser neutros en emisiones de gases de efecto invernadero.

## El ciudadano empoderado

Tenemos como vemos muchas notas de esperanza, pero no debemos ni por un momento perder el tiempo. Es ne-

cesario acelerar el paso, sobre todo de la mano de la ciudadanía, en los países más desarrollados (y también más contaminadores). Como ciudadanos debemos usar nuestra voz haciendo que se nos escuche, nuestro voto haciendo que todos los partidos incluyan la lucha profunda contra el cambio climático en sus programas, nuestro tenedor siendo conscientes del impacto que las decisiones de lo que comemos tienen y nuestra cartera como una forma infalible de mandar al mercado y a las empresas las señales adecuadas para que se alineen en la dirección correcta.

No será fácil, sin duda. Pero merecerá la pena pues nos va la supervivencia de la civilización humana en ello. Y, sobre todo, podremos mirar a los ojos a nuestros hijos e hijas dentro de 20 años para decirles que teníamos las herramientas para luchar contra el cambio climático, sabíamos que debíamos actuar... y logramos reunir la fuerza de voluntad necesaria para tomar las decisiones correctas y lograr revertir la situación. Cualquier otra opción es mejor ni pensarla. ✿



El patinete o la bicicleta son opciones de transporte no contaminantes



La plantación de setos facilita la protección de las fincas ante eventos climáticos

## LIFE Shara, el poder de la adaptación

Las evidencias del cambio climático y de sus impactos sobre distintos sectores socioeconómicos y sistemas naturales en todas las regiones del planeta es algo que, a día de hoy, ya no ofrece discusión. Las proyecciones sobre la evolución futura del clima indican que, aunque los esfuerzos mundiales para reducir las emisiones resulten eficaces, los efectos del cambio climático se harán sentir durante décadas. Por esta razón, la adaptación al cambio climático es una estrategia necesaria a todas las escalas.

El proyecto LIFE SHARA ‘Sensibilización y conocimiento para la adaptación al cambio climático’ tiene como objetivo colaborar en la construcción de una sociedad mejor adaptada al calentamiento global, coo-

perando con todos los actores implicados, generando conocimiento y aumentando la sensibilización social. Coordinado por la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico cuenta con un presupuesto de más de 1,5 millones de euros, cofinanciado al 57 % a través de los fondos LIFE, y tiene como socios a la Oficina Española de Cambio Climático, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Organismo Autónomo Parques Nacionales, a través del Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM) y la Agencia portuguesa para el Medio Ambiente.

Entre los objetivos del LIFE Shara destacan la mejora de las capacidades de [AdapteCCa](#) (plataforma de consulta e inter-

cambio de información en materia de adaptación al cambio climático) para mejorar la calidad y cantidad de la información y facilitar su uso como herramienta para la gobernanza, el fortalecimiento de las capacidades técnicas para la adaptación y aumento de la sensibilización y el refuerzo en la coordinación y la cooperación entre agentes clave (sector privado, administraciones españolas y Portugal).

En su labor de concienciación y construcción de una sociedad mejor adaptada, difunde experiencias reales que ilustran tanto el impacto como la adaptación al cambio climático en diferentes ámbitos geográficos, entornos vitales y sectores productivos y económicos. Todos estos ejemplos forman parte de la exposición ‘Compartiendo soluciones’ del Centro Nacional de Educación Ambiental, una muestra itinerante que pretende mostrar la gobernanza a través de relatos concretos para incrementar la resiliencia frente al cambio climático en España.

Hace tan solo un par de meses, se han unido quince nuevas iniciativas a las otras quince ya existentes. Iniciativas en distintos ámbitos que van desde entornos naturales hasta urbanos, pasando por la agricultura, la ganadería, la ciencia ciudadana o el sector industrial.

### Iniciativas de éxito en sector fluvial

El río Arga, en Navarra, es el escenario de una iniciativa pionera centrada en el análisis y adecuación del territorio a las crecidas fluviales, cada vez más frecuentes a consecuencia del cambio climático. Gracias a ella, se ha mejorado la calidad ambiental de la zona, además de reducir el riesgo de inundación en las localidades ribereñas. También en un entorno fluvial, en este caso el de los ríos Júcar y Moscas a su paso por Cuenca, se ha desarrollado un proyecto en el marco del PIMA-Adapta, liderado por la Confederación Hidrográfica del Júcar. La iniciativa se puso en marcha en 2018, con el fin de reducir el riesgo de inundación, agravado por el cambio climático.



El Parque de La Marjal protege la ciudad de Alicante ante inundaciones

### Proyectos en agricultura y ganadería

La agricultura también se ve fuertemente afectada por el cambio climático. La iniciativa Grupo Operativo Setos mejora la adaptación y resiliencia de la agricultura en Murcia, gracias a la plantación de setos, que, entre otros beneficios, facilitan la protección de las fincas ante eventos climáticos extremos, sobre todo las fuertes lluvias. En este mismo ámbito y con el objetivo de ayudar a superar los impactos del cambio climático en la agricultura y la ganadería, los socios del proyecto LIFE AgriAdapt han elaborado una metodología para evaluar el riesgo climático a escala de explotación agraria, utilizando datos meteorológicos y proyecciones climáticas, así como la información disponible y la facilitada por los propios productores sobre los rendimientos logrados.

### Iniciativas urbanas

Otro de los proyectos que recogen las narrativas se desarrolla en el parque de La Marjal, en Alicante, un ejemplo innovador para reducir los riesgos de inundaciones en el medio urbano. Es un parque singular que, además de su uso para el ocio y el esparcimiento, cumple una esencial función hidráulica: en caso de lluvias intensas sirve como tanque de tormentas o vaso de retención de aguas pluviales, pudiendo almacenar hasta 45 000 m<sup>3</sup> de agua y minimizando así el riesgo de inundación en esa zona de la ciudad.

Otra iniciativa urbana es la que aborda la infraestructura verde en Vitoria-Gasteiz, ofreciendo un enfoque integral para mejorar la ciudad y su entorno apostando por soluciones que respondan a los retos que plantea el cambio climático, sobre todo en lo referente a las subidas de temperatura y el aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor.



Los sistemas dunares protegen la zona frente a temporales y mantiene las playas en buen estado

## Dunas frente a temporales y la subida del nivel del mar

La restauración de los sistemas dunares protege la costa frente a los temporales cada vez más frecuentes y mantiene las playas en buen estado. Como ejemplo de adaptación al cambio climático en la costa mediterránea, está el proyecto de restauración y conservación de sistemas dunares en La Pletera, en el Parque Natural del Montgrí, las Islas Medas y el Bajo Ter, en la provincia de Girona. Esta iniciativa, iniciada en 2013, está centrada en la adaptación a los efectos del cambio climático en la costa, a consecuencia de la subida del nivel del mar y el aumento de la frecuencia de grandes temporales. Los resultados de las actuaciones han sido muy alentadores, tanto en el ámbito de la adaptación al cambio climático, la conservación de la biodiversidad y el paisaje, como en el socioeconómico. El incremento medio en altura de las dunas ha sido de 1,5 m. desde el inicio de las labores de conservación y restauración, por encima del nivel de subida del mar, prevista durante los grandes temporales. Además, la población de chorlito negro se ha multiplicado por siete en este tiempo, pasando de 3 a 22 parejas reproductoras.

## Posidonia para aislamiento de edificios

Con un carácter innovador, el proyecto LIFE Reusing Posidonia ha permitido construir un conjunto de viviendas en la isla de Formentera con una atención estricta a los principios de sostenibilidad y los criterios de eficiencia energética. Como novedad, se han utilizado materiales locales y tradicionales, algunos de los cuales estaban en desuso. Es el caso de la utilización de la posidonia que llega a las playas para el aislamiento de las edificaciones. De



Viviendas en Formentera aisladas con posidonia acumulada en las playas

la experiencia se extrajeron una serie de lecciones aprendidas y criterios de edificación que están siendo aplicados en el marco de la política pública de vivienda social del Gobierno Balear. Así, en la actualidad, son ya más de 900 viviendas —en construcción o proyecto— las que están atendiendo simultáneamente la emergencia habitacional y la emergencia climática. Es una iniciativa que concilia innovación y tradición, con un gran potencial para ser adaptada a otros lugares, replicada y escalada.

## Valcotos: desmontar una estación de esquí

El cambio climático está incidiendo significativamente en las zonas de montaña, con un aumento de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones y acumulación de nieve, entre otros impactos. En este contexto, nos acercamos aquí a una experiencia pionera en el mundo: el desmantelamiento de la estación de esquí de Valcotos, construida en 1969 y operativa hasta 1999, el año en que se cerró y en el que comenzó la eliminación de sus infraestructuras y la restauración de los ecosistemas dañados. Situada en el Parque Natural de Peñalara (1990-2014) —hoy Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama— en un entorno sumamente valioso desde el punto de vista geomorfológico, paisajístico y ecológico, se ha conseguido tras más de 20 años de trabajos de restauración, recuperar en gran parte el macizo, que se ha convertido en un magnífico observatorio del cambio global.

## Charcas para anfibios

Una de las líneas de trabajo del Área de Conservación y Seguimiento del Centro Montes de Valsaín (en la vertiente norte de la Sierra de Guadarrama) es contribuir a la conservación y recuperación de las comunidades de anfibios que habitan la zona, uno de los grupos más afectados por el cambio climático y sus consecuentes modificaciones en el hábitat y en los ecosistemas. Los anfibios están estrechamente ligados a los ecosistemas acuáticos y, en particular, a la existencia de charcas permanentes o temporales donde poder depositar sus huevos y completar toda su metamorfosis hasta convertirse en adultos. Esta iniciativa conserva las charcas existentes y crea nuevos espacios aptos para la reproducción de los anfibios, y supone una pequeña gran medida de adaptación al cambio climático. Los primeros datos apuntan a un éxito muy considerable de las intervenciones realizadas hasta la fecha, con una rá-



Las charcas son una pequeña gran medida de adaptación al cambio climático

pida colonización natural de las charcas por parte de las especies de anfibios existentes en la zona. Y no sólo los anfibios, sino también todo un amplio abanico de especies de flora y fauna han hecho suyos estos espacios y contribuido a convertirlos en valiosos hábitats. Además, las charcas son utilizadas como bebederos por mamíferos y aves, convirtiéndose en auténticos oasis en épocas de baja disponibilidad de agua. 🌿



Valcotos ha pasado de ser una estación de esquí a un observatorio del cambio global

## El cine miró a la Tierra sin maquillaje

María Guerra, crítica de cine

Nomadland pone al ser humano en su insignificante lugar sin perder de vista la limitación de recursos © Disney

**H**asta hace poco la Tierra era cosa de los documentales. Ya lo decía François Truffaut en su deliciosa comedia sobre el mundo del cine, *La Noche Americana* (1973):

“Las películas son más armoniosas que la vida: no hay embotellamientos, ni tiempos muertos. Las películas avanzan como trenes en la noche”.

Por eso, los documentales han tenido fama de obras correosas y lentas, de estar del lado de los espectadores minoritarios y penitenciales, aquellos dispuestos a esperar junto a la leona hasta que ésta cace, desgarre y alimente a sus cachorros con la desgraciada gacela.

Después de casi 140 años de convivencia diaria con el cine, la audiencia ya está muy resabiada y sabe, de sobra, que la ficción y manipulación son primas carnales.

Definitivamente, Hollywood ha impuesto sus valores—desde la legitimación de la conquista del Oeste, la desigualdad racial y el voluntarismo individualista que glorifica el “sálvese quien pueda” capitalista— a golpe de manipulación sentimental. D. W. Griffith, John Ford

y Frank Capra construyeron majestuosos relatos sobre las cuestionables bondades del supremacismo blanco americano, que ha tardado muchísimo tiempo en resquebrajarse. Afortunadamente, ese deshielo ha llegado y las grietas ya forman parte del núcleo central de las historias.

El público es cada vez más consciente de la ideología y el mercantilismo que se agazapa detrás de los grandes relatos, ya sean películas bélicas, comedias disparatadas, dramas intimistas, mitologías de cómic u odiseas galácticas. Vivimos tiempos de análisis del discurso; la crítica cinematográfica ha perdido predicamento y los propios espectadores se han unido en defensa de su género o saga favorita, diga lo que diga el crítico de turno. Las redes sociales ofrecen aquí su mejor función: a través de ellas se han denunciado delitos ecológicos y abusos sexuales, como el caso del #metoo, que desde 2017 ha dinamitado el monopolio del discurso hegemónico y encerró a algunos intocables como Harvey Weinstein y Jeffrey Epstein, entre otros.

Otra consecuencia de ese deshielo ha sido la espinosa cuestión del reparto del poder: se está pasando de las pa-

labras a los hechos. En la noche de la ceremonia de los Oscar de 2018, la actriz Frances McDormand salió al escenario para recoger su premio como actriz protagonista por “Tres anuncios en las afueras”. Después de la ristra de agradecimientos, dejó su Oscar en el suelo y pidió a las mujeres candidatas que se pusieran en pie. A continuación, se dirigió a los productores de la sala y les que pidió que se dejaran de buenas palabras en las fiestas y se comprometieran a hablar de negocios con ellas en sus despachos. McDormand compró los derechos de *Nomadland*, el libro periodístico de Jessica Bruder, una serie de retratos de hombres y mujeres errantes que habitan en los márgenes de las carreteras americanas, un impresionante fresco sobre la América vaciada y nómada. Y se puso el traje de productora y protagonista.

Así nació *Nomadland* (2020), la última ganadora del Oscar a mejor película y dirección,—lo que fue un hito brutal ya que era la segunda vez que se premia a una mujer en esta categoría en los noventa y dos años de historia de la academia—para la realizadora china Chloé Zhao. No es casual que *Nomadland* fuera la película triunfadora tras la pandemia. Los grandes estudios habían guardado sus

taquillazos para tiempos mejores y más banales: dejaron paso a una historia que enfocaba a la tierra misma y a las personas expulsadas, excedentes humanos del declive industrial, que dejaron tras de sí pueblos, fábricas y casas vacías.

La conquista que propone *Nomadland* es existencial. De aquellos míticos pioneros americanos, aquellos ermitaños de los bosques, solo resiste una tribu de nómadas de unos tres millones de personas que renuncian a una casa, pero no a un hogar. Su verdadero hogar es el camino. Su horizonte: la serena aceptación de la vida y la muerte entre montañas. Sin poner ni un ladrillo más y haciendo trueque en los estacionamientos. Evidentemente son pobres y en su mayoría blancos. Pero su historia no tenía serias posibilidades de ser considerada por los tiburones de Hollywood.

En tiempos de histeria global, *Nomadland* resulta un frenazo milagroso, visual y emocional, que pone al ser humano en su insignificante lugar y lo hace sin perder de vista la limitación de los recursos. El personaje de McDormand es descarnada y fría como el paisaje de Nebraska: el pelo rapado, sin maquillar y orinando en un cubo, a falta de cuarto de baño. Interpreta a una viuda que abandona su pueblo minero porque ya no queda trabajo para nadie.

Zhao propone un viaje narrativo basado en la no acción y asume sus consecuencias en todo momento. La conquista de esta nómada sexagenaria no tiene enemigos exteriores. De la América vacía emprende viaje a la carretera misma con alguna trampa inicial: parece que los nómadas americanos —personajes reales— son el escaparate de los pobres blancos que viven de las migajas de las campañas navideñas de las factorías de Amazon. Evidentemente, hay pobreza entre estos americanos blancos, pero fundamentalmente su viaje es de aceptación y renuncia a lo material.

La osadía de esta película no tiene épica. Y ahí donde el cine tiene que volver a encontrarse con nuestro planeta. Conservar, repensar y reutilizar objetos no entra en los géneros míticos de las narrativas dominantes: hay que dejar atrás los relatos épicos, a sus vencedores y vencidos. Empezará el 2022 y Hollywood nos lanzará sus grandes producciones. Pero algo habrá cambiado para siempre. La Covid nos ha hecho sentirnos protagonistas de una película de catástrofes. Hay que buscar referentes posibles y constructivos, que nos traigan esperanza. Necesitamos que la Tierra sea la protagonista y que las personas, la amen. ✿



© Destination Earth

## La Tierra contará con un gemelo digital para gestionar mejor el planeta

Con el objetivo de predecir la futura evolución de la Tierra, simulando los efectos del cambio climático, el estado de los océanos, la biodiversidad, el uso de la tierra y los recursos naturales, la iniciativa europea Destination Earth creará un 'gemelo digital' de nuestro planeta que servirá para monitorear y simular la actividad natural y humana que ayudará en la adecuada toma de decisiones para una mejor gestión planetaria y permitan desarrollar y probar escenarios que sirvan para optar por soluciones orientadas a un desarrollo sostenible.

DestinE se irá poniendo en marcha de manera gradual durante los próximos siete años. Las actividades en la primera fase, que se han desarrollado en este año y se prolongarán durante 2022, se centrarán en el despliegue de esta plataforma, que proporcionará a las autoridades públicas y otros usuarios un conjunto de herramientas para la toma de decisiones y políticas basadas en evidencias. Ello permitirá comprender y abordar los desafíos ambientales, por ejemplo, predecir y gestionar desastres ambientales.

### Meteorología y cambio climático

El primer gemelo digital se centrará en los extremos inducidos por el clima y geofísicos. Proporcionará información

para la evaluación y predicción de eventos extremos (meteorológicos, hidrológicos y de calidad del aire) con una resolución espacial muy alta a escala continental y nacional. El segundo 'gemelo' se referirá a la adaptación de la Tierra al cambio climático. Este se conectará al primero y proporcionará datos en apoyo de las políticas de adaptación climática, así como pruebas de escenarios de mitigación con el objetivo de incrementar sustancialmente el nivel de confiabilidad de estos escenarios a nivel local, regional y nacional. El estudio preciso de los cambios producidos durante las últimas décadas (a través de la totalidad de los datos históricos disponibles de observación de la Tierra), combinado con el modelado avanzado del sistema terrestre, formará la base para comprender las causas y explicar los mecanismos de retroalimentación del cambio climático, y así predecir su posible evolución.

Paralelamente se establecerán otros 'gemelos' impulsados por inteligencia artificial específicamente para ciudades y comunidades inteligentes, lo que permitirá un avance en la digitalización de las ciudades europeas y las comunidades rurales. El programa finalizará en 2030, con la creación de un 'gemelo digital' completo de la Tierra.

## Las catástrofes naturales cuestan 2.313 millones de euros cada año en España



© Fundación Aon

Entre 2016 y 2020, el coste de las catástrofes naturales en España ha sido de 12.067 millones de euros, lo que supone un coste promedio anual de 2.313 millones de euros, según revela el informe "El coste de las catástrofes" de la Fundación Aon España. Según esos datos, 2019, con 3.120 millones de euros, fue el año con mayor impacto económico por catástrofes, seguido de 2020, con 2.616 millones de euros; 2018 con 2.438 millones; 2017, con 2.284, y 2016 con 1.610 millones de euros. El ranking de los desastres con mayor coste económico lo encabeza la depresión aislada en niveles altos (DANA) de septiembre de 2019 en Alicante y Murcia, con 1.319 millones de euros de impacto, seguida del temporal de enero de 2020 en toda la península, con un coste de 843 millones de euros. El tercero fueron las inundaciones y temporales de diciembre de 2016 del sureste de España, con un coste de 272,72 millones de euros. Fuera de ese periodo analizado, el coste económico del temporal Filomena que se produjo en Madrid en enero de 2021 fue de 1.157 millones de euros, de los que 505 millones estaban asegurados y el resto sin asegurar.

Por sectores, el agrícola fue el más afectado con un 35% de las pérdidas. En segundo lugar, se situaron las economías domésticas con un 31,6% del coste total, las partidas presupuestarias de Protección Civil, UME y Cruz Roja sumadas a las subvenciones de ayuda de Protección Civil supusieron un 4,13% del total.

## El 112 avisará a los ciudadanos en caso de emergencia

La nueva Ley de Telecomunicaciones crea "un sistema de alertas público" que obligará a los operadores a mandar "avisos masivos e inmediatos a la población" si se prevé un desastre inminente. El Gobierno ha aprobado este martes en Consejo de Ministros la nueva Ley General de Telecomunicaciones, que trae novedades en la gestión de las emergencias, más allá de las tradicionales llamadas de acceso gratuito al teléfono 112. El proyecto normativo del Ejecutivo sienta las bases para desarrollar "un sistema de alertas públicas o 112 inverso". Así, tal y como ha expuesto el Ejecutivo, operadores de telecomunicaciones como Telefónica Movistar, Orange o Vodafone se verán obligados a "transmitir las alertas públicas en casos de grandes catástrofes o emergencias inminentes o en curso", de manera que la población reciba mensajes

al respecto en sus teléfonos móviles, los haya pedido o no. Este nuevo sistema de alertas públicas en caso de grandes catástrofes o emergencias inminentes se denomina Public Warning System (PWS) y posibilitará el envío de "avisos masivos e inmediatos a la población", a través de las redes de telefonía móvil.



© Agencia de Seguridad y Emergencias

## Animales del futuro fruto del cambio climático

La startup de energía verde Bulb, en colaboración con el naturalista y presentador de TV Steve Backshall, ha elaborado una colección de imágenes que muestran la drástica evolución que los animales sufrirán en los próximos 100 años. El proyecto ilustra los profundos cambios que cinco especies que todos conocemos deberán experimentar para evitar la extinción y poder sobrevivir en un planeta cada vez más hostil y degradado. En la actualidad, la mayoría de las especies amenazadas habitan en zonas en peligro, cada vez más afectadas y destruidas por el cambio climático. Según WWF, el 50% de las especies de plantas y animales en los hábitats con mayor biodiversidad estarán al borde de la extinción a principios de siglo por los efectos devastadores de las emisiones de carbono.

Así, los osos polares podrían transformarse en un híbrido entre oso polar y oso pardo y trasladarse a tierra firme por el derretimiento de los glaciares y casquetes polares. Los coloridos frailecillos perderían su color y su brillo para pasar desapercibidos en un ecosistema cada vez más árido. Las medusas aumentarían de tamaño hasta alcanzar el de un cubo de basura y podrían dominar los océanos, ya sin peces por la contaminación y la presión de la industria pesquera. Incluso podrían pasar a alimentarse de mamíferos como los delfines. Las morsas podrían presentar un intenso color rosado al perder su grasa aislante, o los zorros se transformarían en animales calvos con orejas de murciélago, patas más grandes y una nariz más larga, en un futuro cercano tendrán que aprender a escarbar en el desierto africano, caliente y seco.



## El cambio climático acelera una de las corrientes más fuertes de la Tierra

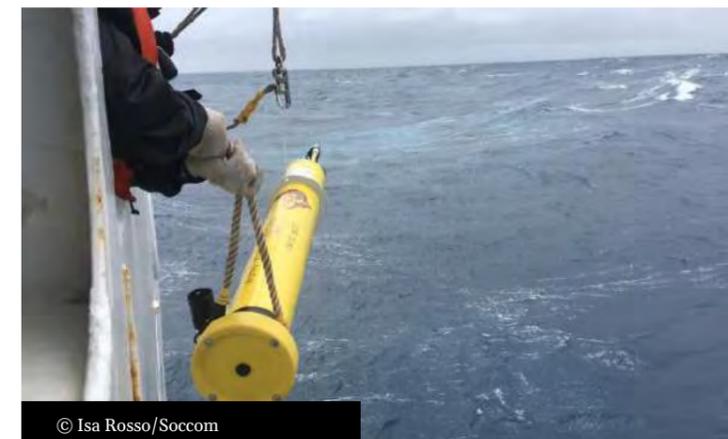
La única corriente oceánica que circunnavega el planeta se está acelerando, según una investigación que ha detectado un cambio en el océano Antártico, la región que absorbe la mayor parte del calentamiento inducido por el ser humano a nivel mundial. El análisis de décadas de datos ha permitido a los científicos comprobar, por primera vez, que la Corriente Circumpolar Antártica (CCA) está sufriendo esa aceleración, indica un estudio que publica Nature Climate Change, firmado por expertos estadounidenses y chinos.

Para el estudio se usaron mediciones por satélite de la altura de la superficie del mar y datos recogidos por la red mundial de boyas oceánicas Argo (en funcionamiento des-

de 2007) para detectar una tendencia en la velocidad de la capa superior del océano Antártico que había permanecido oculta para los científicos hasta ahora. Los vientos predominantes del oeste se han acelerado con el calentamiento del clima y los modelos muestran que no cambia mucho las corrientes oceánicas, sino que, más bien, dinamiza los remolinos oceánicos, que son movimientos circulares de agua que van en contra de las corrientes principales. A partir de las observaciones y de los modelos, el equipo observó que el cambio de temperatura del océano está causando la importante aceleración de las corrientes oceánicas detectada durante las últimas décadas.

La CCA rodea la Antártida y separa el agua fría del sur del agua subtropical más cálida justo al norte. Esta parte más cálida del océano absorbe gran parte del calor que las actividades humanas añaden a la atmósfera de la Tierra. Por esta razón, los científicos consideran vital comprender su dinámica, pues lo que ocurre en ella podría influir en el clima del resto de lugares, señala la Universidad de San Diego (EE. UU.) en un comunicado.

El patrón de calentamiento del océano es importante. Cuando el gradiente, o cantidad de diferencia de calor, entre las aguas cálidas y las frías aumenta, las corrientes entre esas dos masas se aceleran. “La CCA está impulsada principalmente por el viento, pero demostramos que los cambios en su velocidad se deben sorprendentemente en su mayor parte a cambios en el gradiente de calor”, dijo Lynne Talley, coautora del informe de la Universidad de San Diego. Para los autores, es probable que la velocidad de la corriente aumente aún más a medida que el océano Austral siga absorbiendo calor por el calentamiento global inducido por el ser humano.



© Isa Rosso/Soccom

## Científicos cazan fugas invisibles de metano por Europa

Reducir las emisiones de metano procedentes de fuentes industriales es clave para luchar contra el calentamiento global. A pesar de que el metano es incoloro e inodoro, hay diferentes métodos para encontrar fugas. Se pueden utilizar los satélites Copernicus y los patrones de la atmósfera para encontrar fuentes inesperadas de metano procedentes de plantas de petróleo y gas. La otra opción es buscar metano calle por calle. Y así lo hacen los científicos Maazallahi y Hanne Notø, en la ciudad de Utrecht. Una interesante iniciativa que recoge Euronews donde los investigadores explican su misión. “Si hay mil millones de moléculas en el aire y una de ellas es metano, estos instrumentos por satélite pueden detectarlo, como el Centinela-5P. Queremos determinar la procedencia del metano extra que vemos mientras conducimos. No todos proceden del sistema de alcantarillado, ni de fugas de gas”,

señala Hossein Maazallahi, estudiante de doctorado en la Universidad de Utrecht.

Las muestras se llevan al laboratorio para medir las huellas químicas del metano y determinar su procedencia con exactitud. Su objetivo es que su tecnología de detección de metano, rápida y muy sensible, se extienda para encontrar y reparar fugas hasta ahora invisibles. “Un reciente estudio científico ha demostrado que es posible reducir las emisiones de metano en un 50% para el año 2030. Y si lo hacemos, podemos evitar un calentamiento de un cuarto de grado para mediados de este siglo e incluso de medio grado para 2100. Y esto sería realmente una fracción significativa del calentamiento global que estamos esperando”, explica Thomas Röckmann, profesor de física y química atmosférica, Universidad de Utrecht. ✨



© Euronews

# La mascarilla es para ti, no para la naturaleza



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MINISTERIO  
DE CONSUMO