

# Tendencias regionales de los fenómenos extremos en el informe del IPCC de 2021

por Valérie Masson-Delmotte y Panmao Zhai

Este resumen se basa en la contribución del Grupo de Trabajo I (GTI) al Sexto Informe de Evaluación (IE6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): "Cambio Climático 2021: Bases físicas". Aproximadamente una tercera parte del informe está dedicada a la información climática regional, con una evaluación de los cambios observados y proyectados en los impulsores del impacto climático, que son condiciones físicas del sistema climático (p. ej., medios, fenómenos, extremos) que afectan a un elemento de la sociedad o a los ecosistemas. Esta es la contribución de la ciencia física a la evaluación de los riesgos relacionados con el clima, sin anticipar si sus impactos brindan oportunidades potenciales o son perjudiciales (es decir, en cuanto a los peligros). El informe completo cuenta con información más detallada sobre fenómenos extremos en un clima cambiante, especialmente en el capítulo 11 (Fenómenos extremos climáticos y meteorológicos en un clima cambiante), el capítulo 9 (Cambios en los océanos, la criosfera y el nivel del mar), el capítulo 12 (Información sobre el cambio climático para el impacto regional y la evaluación de riesgos) y el Resumen técnico, así como en el atlas interactivo en línea del IE6 ([interactive-atlas.ipcc.ch](https://interactive-atlas.ipcc.ch)). Las síntesis de los cambios regionales también están disponibles en resúmenes

de dos páginas para grandes regiones (fichas informativas regionales, [www.ipcc.ch/AR6/WG1](https://www.ipcc.ch/AR6/WG1)).

## El cambio climático inducido por el hombre ya está afectando a muchos extremos meteorológicos y climáticos en todas las regiones del mundo

Durante la última década, el aumento de la temperatura global del aire en superficie ha alcanzado alrededor de 1,1 °C por encima del nivel de 1850-1900. Este dato observado es la mejor estimación del calentamiento causado por el ser humano. El papel de la influencia humana en el calentamiento del sistema climático es ya indiscutible.

Han aumentado las evidencias de los cambios observados y la atribución a la influencia humana en varios tipos de fenómenos extremos desde que se publicó la evaluación anterior del IPCC en 2013 (IE5), en particular las olas de calor, los episodios de precipitaciones extremas, las sequías, los ciclones tropicales, las olas de calor marinas, los niveles extremos del mar y los extremos compuestos (tabla 1).

Tabla 1. Cuadro resumen de los cambios observados en los extremos, su atribución desde 1950 (salvo que se indique lo contrario) y los cambios proyectados a +1,5 °C, +2 °C y +4 °C de calentamiento global, a escala mundial y continental. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, Resumen técnico (RT), tabla RT.2).

Cambio en el indicador	Observado (desde 1950)	Atribuido (desde 1950)	Proyectado para un nivel de calentamiento global (en °C) de		
			+1,5	+2	+4
Extremos de calor: frecuencia o intensidad	↑	✓ Principal impulsor	↑	↑	↑
Extremos de frío: frecuencia o intensidad	↓	✓ Principal impulsor	↓	↓	↓
Episodios de precipitaciones intensas: frecuencia, intensidad y/o cantidad	↑ En la mayoría de las regiones terrestres con buena cobertura de observación	✓ Principal impulsor de la intensificación observada de precipitaciones intensas en regiones terrestres	↑ En la mayoría de las regiones terrestres		↑ En la mayoría de las regiones terrestres
Sequías agrícolas y ecológicas: intensidad y/o frecuencia	↑ En algunas regiones	✓ En algunas regiones	↑ En más regiones en comparación con los cambios observados	↑ En más regiones en comparación con 1,5 °C de calentamiento global	↑ En más regiones en comparación con 2 °C de calentamiento global
Precipitación asociada con ciclones tropicales	↑	✓	↑ Variación +11 %	↑ Variación +14 %	↑ Variación +28 %
Ciclones tropicales: proporción de ciclones intensos	↑	✓	↑ +10 %	↑ +13 %	↑ +20 %
Fenómenos compuestos: olas de calor y sequías simultáneas	↑ (Frecuencia)	✓ (Frecuencia)	↑ (La frecuencia y la intensidad aumentan con el calentamiento)		
Olas de calor marinas: intensidad y frecuencia	↑ (Desde 1900)	✓ (Desde 2006)	↑ Más fuerte en el océano tropical y Ártico		
Niveles extremos del mar: frecuencia	↑ (Desde 1960)	✓	↑ (Evaluación basada en escenarios para el siglo XXI)		

nivel de confianza medio
probable/nivel de confianza alto
muy probable
extremadamente probable
prácticamente seguro

La comprensión de los cambios pasados y futuros de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ha aumentado gracias a la mejora de los conjuntos de datos basados en las observaciones, la comprensión física de los procesos, una proporción cada vez mayor de publicaciones científicas que combinan diferentes líneas de evidencia y la mejora de la accesibilidad a diferentes tipos de modelos climáticos. Las nuevas técnicas y análisis basados en varias líneas de evidencia han otorgado una mayor confianza en la atribución de los cambios en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos regionales a la influencia humana.

En particular, la atribución de fenómenos constituye ahora una importante línea de evidencia para evaluar los cambios en los extremos a escala regional. La atribución de los fenómenos meteorológicos extremos se ha convertido en un ámbito creciente de la investigación sobre el clima, con un conjunto cada vez mayor de publicaciones especializadas. Proporciona evidencias que indican que los gases de efecto invernadero y otros forzamientos externos han afectado a determinados fenómenos meteorológicos extremos, desentrañando las fuerzas impulsoras antropogénicas de la variabilidad natural. La distribución geográfica de los extremos y fenómenos regionales que se han estudiado es desigual. Algunos fenómenos, por ejemplo, las precipitaciones extremas en el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, las olas de calor en Australia o el huracán Harvey que azotó Texas en 2017, han sido estudiados en profundidad. Por el contrario, muchos fenómenos meteorológicos extremos de gran impacto no han sido estudiados en el marco de la atribución de fenómenos, en especial en los países en desarrollo, donde generalmente hay una carencia de estudios por varias razones, como la falta de datos de observación, la falta de modelos climáticos fiables y la falta de capacidad científica. Aunque los fenómenos que se han

estudiado no son representativos de todos los fenómenos extremos que se han producido, y los resultados de estos estudios también pueden estar sujetos a un sesgo de selección, la gran mayoría de los estudios de atribución de fenómenos suministran evidencias que indican que los cambios en las propiedades de estos fenómenos locales e individuales son congruentes con las consecuencias previstas de la influencia humana en el clima y pueden atribuirse a fuerzas impulsoras externas.

A escala mundial, los extremos cálidos (como las olas de calor) (figura 1) se han vuelto más frecuentes e intensos en la mayoría de las regiones terrestres desde la década de 1950, mientras que los extremos fríos (como las olas de frío) se han vuelto menos frecuentes e intensos, con un *nivel de confianza alto* de que el cambio climático inducido por la actividad humana sea el principal impulsor de estos cambios (figura 2).

Es *sumamente improbable* que algunos episodios recientes de calor extremo se hubieran producido sin la influencia humana en el sistema climático. Si bien las ciudades intensifican localmente el calentamiento antropogénico, la agricultura sin labranza, el riego y la expansión de cultivos han atenuado los aumentos de los fenómenos de calor extremo estivales en algunas regiones, como el centro de América del Norte (*nivel de confianza medio*).

La frecuencia de las olas de calor marinas se ha duplicado aproximadamente en frecuencia desde la década de 1980, y desde 2006 es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a la mayor parte del aumento de la frecuencia.

La frecuencia y la intensidad de los episodios de precipitaciones intensas han aumentado desde la década de 1950 en la mayoría de las áreas terrestres para las cuales los datos de observación son suficientes como para analizar tendencias (en particular, América del Norte, Europa y Asia), y el cambio climático inducido por el ser humano es *probablemente* el principal impulsor (figura 2).

El cambio climático antropogénico ha contribuido al aumento de las sequías agrícolas y ecológicas en las regiones secas debido al incremento de la evapotranspiración en la superficie terrestre (figura 3).

Es *probable* que la proporción global de ocurrencia de ciclones tropicales importantes (categorías 3 a 5) haya aumentado en las últimas cuatro décadas, y que la latitud donde los ciclones tropicales en el Pacífico Norte occidental alcanzan su máxima intensidad se haya desplazado hacia el norte. Estos cambios no pueden explicarse únicamente por la variabilidad interna. El nivel de confianza en las tendencias a largo plazo (multidecenal a secular) de la frecuencia de los ciclones tropicales de todas las categorías es bajo. Los estudios de atribución de eventos y la comprensión

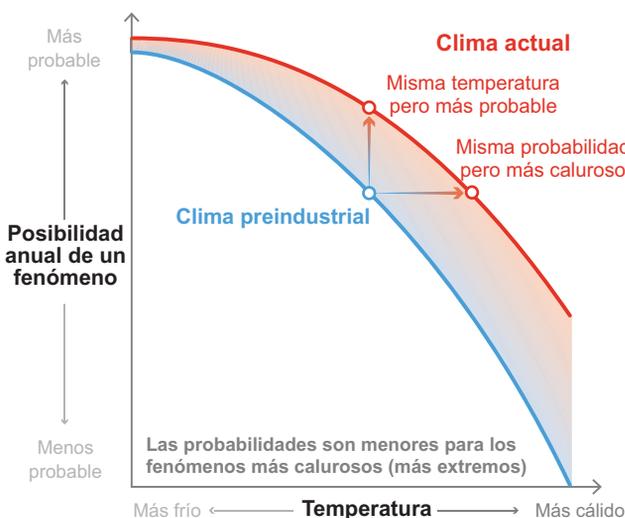


Figura 1. Los cambios en el clima se traducen en cambios en la magnitud y la probabilidad de los extremos, ilustrados aquí para fenómenos cálidos. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 11, Preguntas frecuentes (PF), PF 11.3).

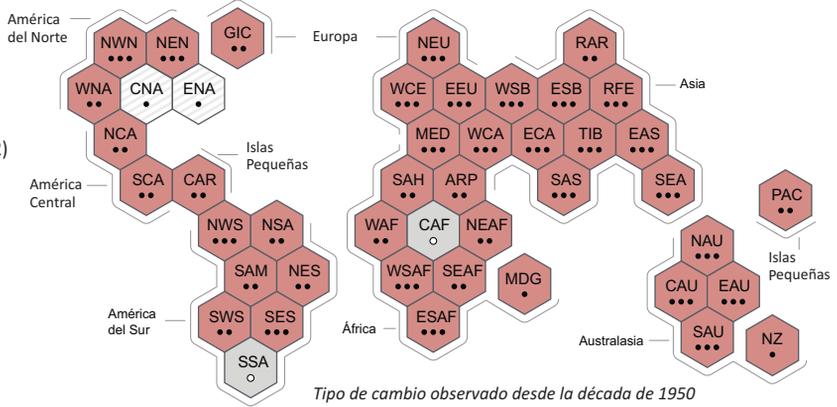
Tipo de cambio observado en los extremos cálidos

- Aumento (41)
- Disminución (0)
- Bajo acuerdo en el tipo de cambio (2)
- Datos y/o literatura limitados (2)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencia limitada

a) Síntesis de la evaluación del cambio observado en los **extremos cálidos** y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios observados en las regiones del mundo



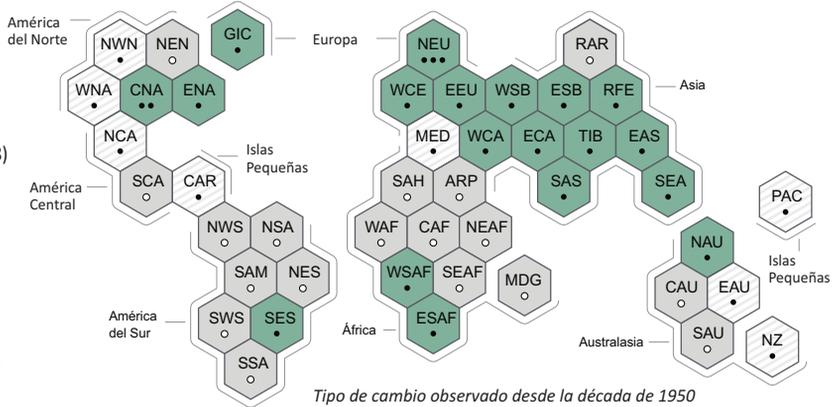
Tipo de cambio observado en las precipitaciones intensas

- Aumento (19)
- Disminución (0)
- Bajo acuerdo en el tipo de cambio (8)
- Datos y/o literatura limitados (18)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencia limitada

b) Síntesis de la evaluación del cambio observado en las **precipitaciones intensas** y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios observados en las regiones del mundo



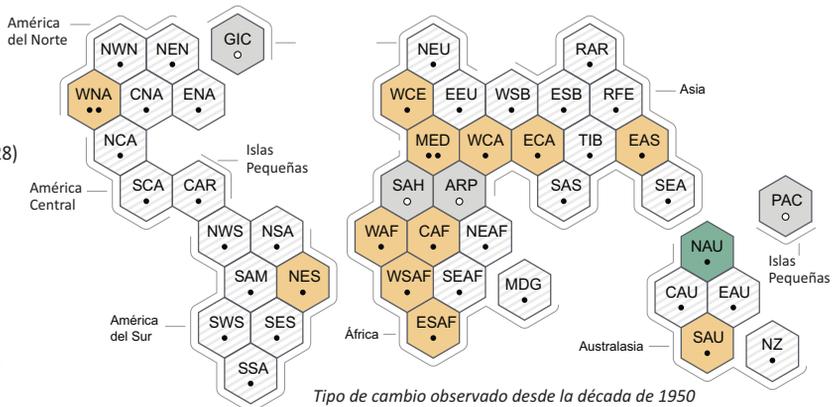
Tipo de cambio observado en la sequía agrícola y ecológica

- Aumento (12)
- Disminución (1)
- Bajo acuerdo en el tipo de cambio (28)
- Datos y/o literatura limitados (4)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencia limitada

c) Síntesis de la evaluación del cambio observado en la **sequía agrícola y ecológica** y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios observados en las regiones del mundo



Cada hexágono corresponde a una de las regiones de referencia de la contribución del GTI al IE6 del IPCC

Noroeste de América del Norte

Regiones de referencia de la contribución del GTI al IE6 del IPCC: América del Norte: **NWN** (Noroeste de América del Norte), **NEN** (Noreste de América del Norte), **WNA** (Oeste de América del Norte), **CNA** (Centro de América del Norte), **ENA** (Este de América del Norte); América Central: **NCA** (Norte de América Central), **SCA** (Sur de América Central), **CAR** (Caribe); América del Sur: **NWS** (Noroeste de América del Sur), **NSA** (Norte de América del Sur), **NES** (Noreste de América del Sur), **SAM** (Monzón de América del Sur), **SWS** (Suroeste de América del Sur), **SES** (Sureste de América del Sur), **SSA** (Sur de América del Sur); Europa: **GIC** (Groenlandia/Islandia), **NEU** (Europa del Norte), **WCE** (Europa Occidental y Central), **EEU** (Europa del Este), **MED** (Mediterráneo); África: **MED** (Mediterráneo), **SAH** (Sahara), **WAF** (África Occidental), **CAF** (África Central), **NEAF** (Norte de África Oriental), **SEAF** (Sur de África Oriental), **WSAF** (Oeste de África Meridional), **ESAF** (Este de África Meridional), **MDG** (Madagascar); Asia: **RAR** (Ártico de Rusia), **WSB** (Siberia Occidental), **ESB** (Siberia Oriental), **RFE** (Extremo Oriente de Rusia), **WCA** (Oeste de Asia Central), **ECA** (Este de Asia Central), **TIB** (Meseta Tibetana), **EAS** (Asia Oriental), **ARP** (Península Arábig), **SAS** (Asia Meridional), **SEA** (Sureste de Asia); Australasia: **NAU** (Norte de Australia), **CAU** (Australia Central), **EAU** (Australia Oriental), **SAU** (Sur de Australia), **NZ** (Nueva Zelanda); Islas Pequeñas: **CAR** (Caribe), **PAC** (Islas Pequeñas del Pacífico)

Figura 2. El cambio climático ya está afectando a todas las regiones habitadas del mundo, y la influencia humana contribuye a muchos cambios observados en los extremos meteorológicos y climáticos. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, Resumen para responsables de políticas (RRP), figura RRP.3).

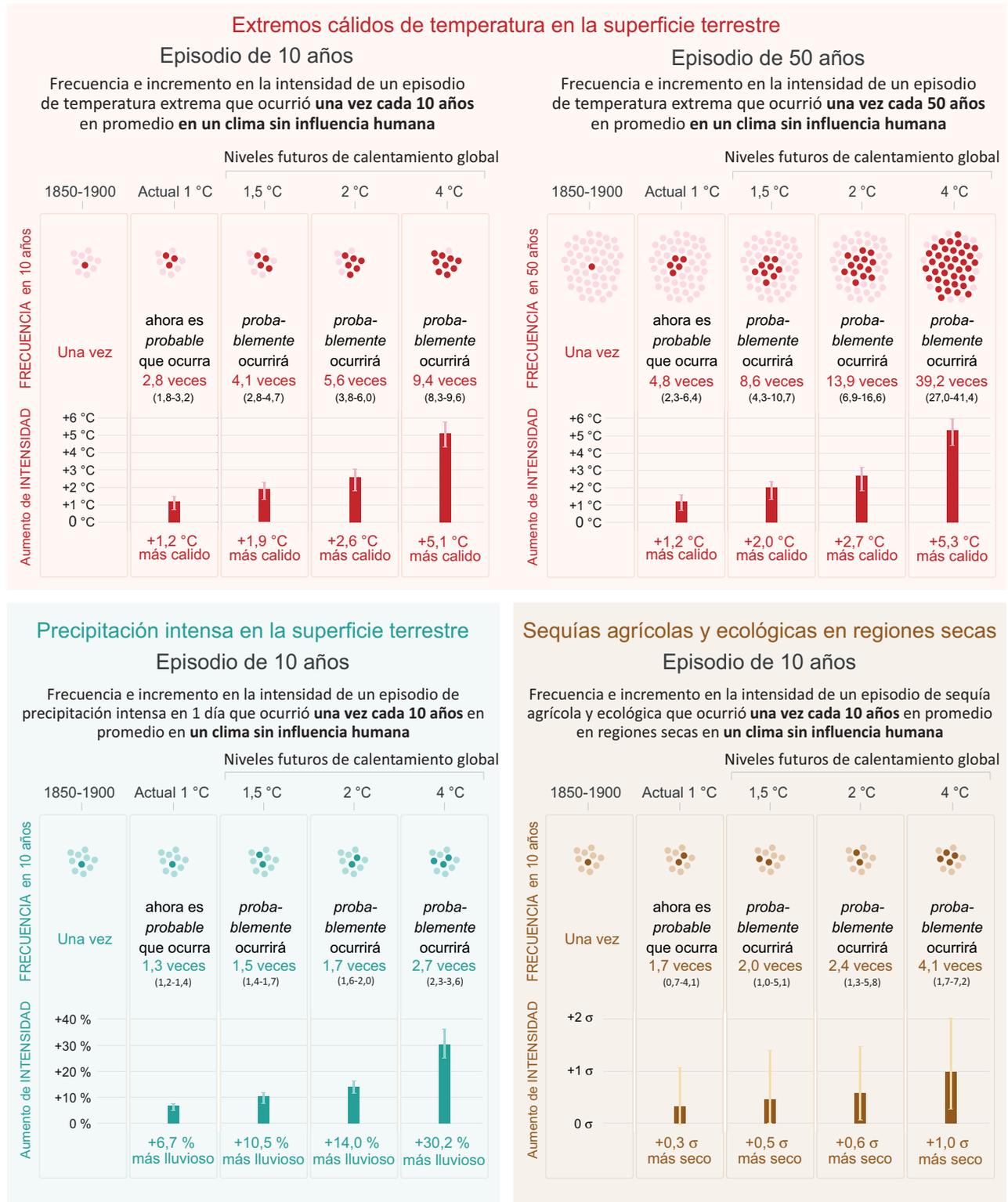


Figura 3. Los cambios proyectados en los extremos son mayores en frecuencia e intensidad con cada incremento adicional del calentamiento global. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, RRP, figura RRP6).

física ponen de manifiesto que el cambio climático inducido por el ser humano aumenta las precipitaciones intensas asociadas a los ciclones tropicales (*nivel de confianza alto*), pero las limitaciones de los datos inhiben la detección clara de tendencias pasadas a escala mundial.

Es *probable* que la influencia de la actividad humana haya aumentado la posibilidad de ocurrencia de fenómenos extremos compuestos desde la década de 1950. Por ejemplo, los aumentos en la frecuencia de olas de calor y sequías simultáneas a escala mundial (*nivel de confianza alto*), las

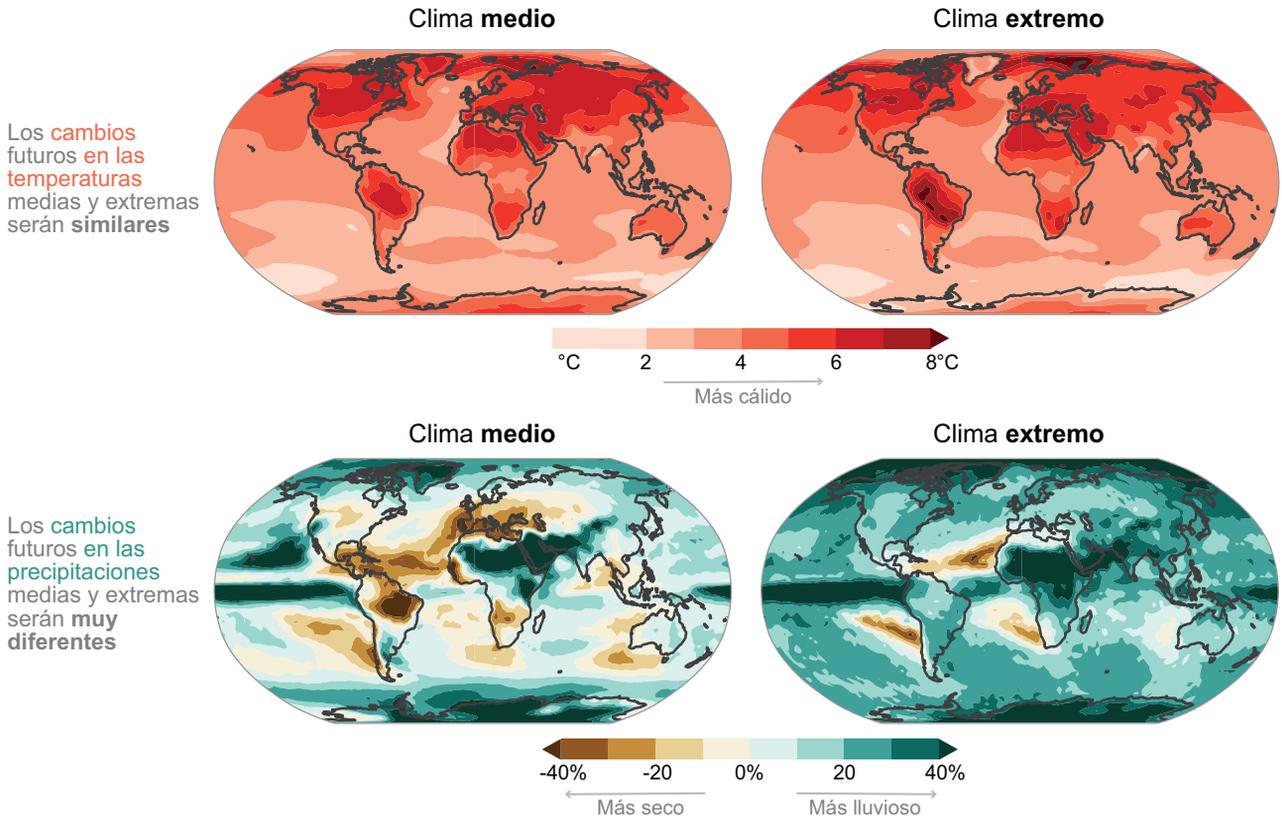


Figura 4. Ilustración de los patrones espaciales de los cambios en la temperatura de la temporada de los tres meses más cálidos y la precipitación media anual, y en la temperatura y la precipitación extremas (simulaciones para un calentamiento global de 4 °C en 2100). (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 11, PF 11.1).

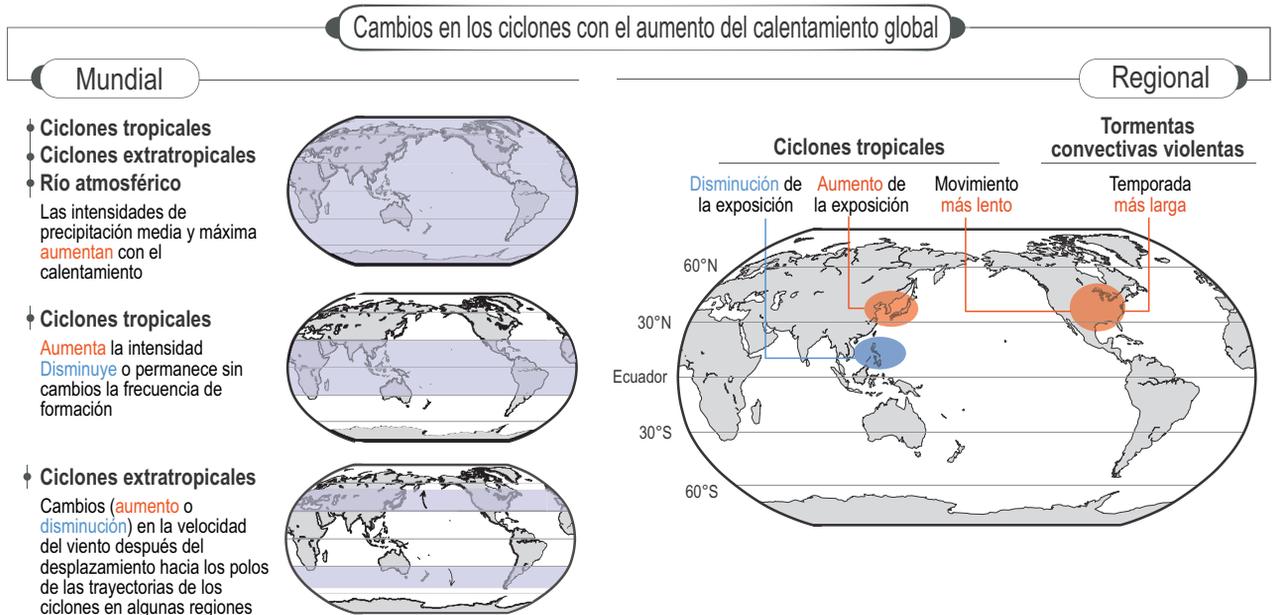


Figura 5. Resumen esquemático de los cambios pasados y proyectados en el comportamiento de ciclones tropicales, ciclones extratropicales, ríos atmosféricos y tormentas convectivas violentas. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 11, figura 11.20).

condiciones meteorológicas propensas a incendios forestales en algunas regiones (sur de Europa, norte de Eurasia, los Estados Unidos de América, Australia, etc.) y las inundaciones compuestas en algunos lugares, como las costas de los Estados Unidos de América (*nivel de confianza medio*).

El nivel medio del mar global aumentó alrededor de 0,20 metros durante el período 1901-2018, y la tasa de aumento se ha acelerado desde finales de la década de 1960. El cambio regional del nivel del mar ha sido el principal motor de los cambios en los niveles extremos de las aguas tranquilas en

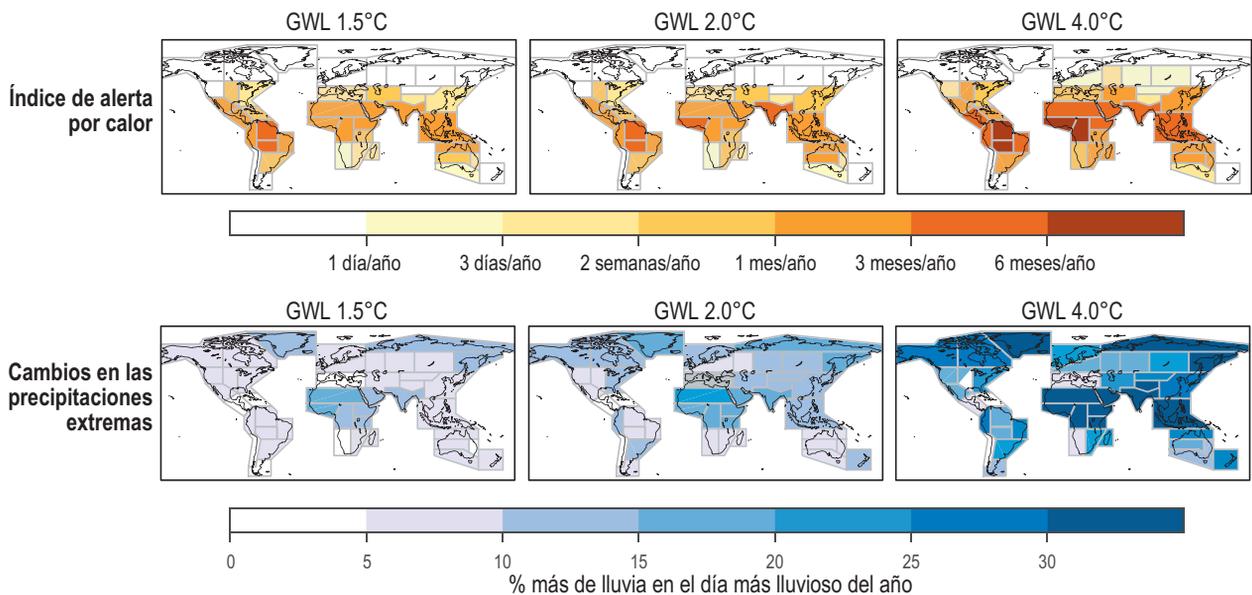


Figura 6. Proyecciones de cambios regionales del índice de alerta por calor y de precipitaciones extremas para diferentes niveles de calentamiento global (GWL). El índice de alerta por calor es el número de días por año promediado en cada región en el que se emitiría una alerta por calor para la salud humana en el nivel de "peligro" definido por la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América (NOAA). Los mapas de cambios en la precipitación extrema muestran el cambio porcentual en la cantidad de lluvia que cae en el día más lluvioso de un año (Rx1día, con respecto al período 1995-2014) promediado en cada región cuando se alcanza el GWL respectivo. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, RT, figura RT.6).

la red casi global de mareógrafos durante el siglo XX. Los episodios de inundación por marea alta que se produjeron cinco veces al año durante el período 1960-1980 ocurrieron en promedio más de ocho veces al año durante el período 1995-2014 (nivel de confianza alto) (figura 7).

Los cambios proyectados en los extremos son mayores en frecuencia e intensidad a medida que aumenta el calentamiento global. Todas las regiones experimentarán cada vez más cambios simultáneos y diversos.

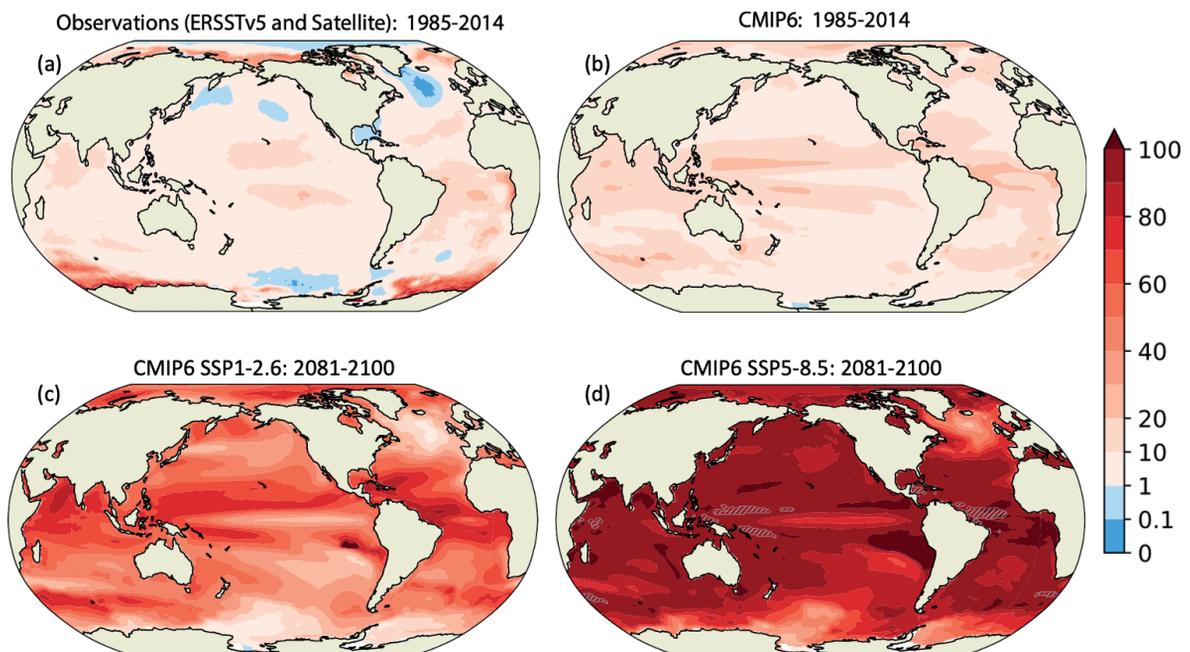


Figura 7. Cambios observados y proyectados en el grado de probabilidad de olas de calor marinas. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 9, cuadro 9.2, figura 1).

Las emisiones futuras causan un calentamiento adicional futuro. Se espera alcanzar a corto plazo (2021-2040) un nivel de calentamiento global de 1,5 °C (promedio de 20 años) con respecto al período 1850-1900. Si las emisiones de gases de efecto invernadero se mantienen cerca de los niveles actuales durante algunas décadas más, o aumentan, se cruzaría el nivel de 2 °C de calentamiento global en el medio plazo (2041-2060), aunque se podría evitar alcanzar ese nivel de calentamiento con reducciones rápidas y fuertes en las emisiones de CO<sub>2</sub>, metano y otros gases de efecto invernadero.

La frecuencia de los episodios extremos de temperatura y precipitación en el clima actual cambiará con cada incremento de calentamiento, con extremos cálidos cada vez más frecuentes (*prácticamente seguro*), extremos fríos cada vez menos frecuentes (*extremadamente probable*) y precipitaciones extremas cada vez más frecuentes en la mayoría de los lugares (*muy probable*) (tabla 1, figuras 3, 4, 5, 6). El aumento proyectado en los extremos de precipitación intensa se traduce en un aumento en la frecuencia y la magnitud de las inundaciones pluviales.

Se prevé que en algunas regiones semiáridas y de latitudes medias, así como en la región monzónica de América del Sur, se registrará el mayor aumento de la temperatura en los días más cálidos, entre 1,5 y 2 veces el ritmo de calentamiento global (*nivel de confianza alto*). Según se prevé, el Ártico experimentará el mayor aumento de la temperatura de los días más fríos, a un ritmo aproximadamente tres veces superior al del calentamiento global (*nivel de confianza alto*).

Con el calentamiento global adicional, la frecuencia de las olas de calor marinas seguirá aumentando (*nivel de confianza alto*), especialmente en el océano tropical y en el Ártico (*nivel de confianza medio*) (figura 7).

Un clima más cálido aumenta el transporte de humedad a los sistemas meteorológicos, intensificando así las estaciones y los episodios húmedos (*nivel de confianza alto*). Los aumentos en la capacidad de humedad atmosférica en las proximidades de la superficie de alrededor del 7 % por cada 1 °C de calentamiento conducen a una respuesta similar en la intensificación de las precipitaciones fuertes desde escalas de tiempo inferiores a la diaria hasta escalas estacionales, agravando así los peligros asociados a las crecidas (*nivel de confianza alto*) (figura 3). Las intensidades de lluvia media y máxima asociadas a ciclones tropicales y extratropicales, ríos atmosféricos y tormentas convectivas violentas, por lo tanto, también aumentarán con el calentamiento futuro (*nivel de confianza alto*) (figura 5). Se prevé que la variabilidad interanual de la precipitación y la escorrentía sobre la superficie terrestre aumente a un ritmo más rápido que los cambios en la precipitación media estacional durante todo el año en los trópicos y en la temporada de verano en otros lugares (*nivel de confianza medio*). Las

proyecciones señalan asimismo que aumentará la variabilidad de las precipitaciones subestacionales, con menos días de lluvia pero una mayor intensidad de las precipitaciones medias diarias en muchas regiones terrestres (*nivel de confianza alto*). Se prevé que la proporción de ciclones tropicales intensos (categorías 4 y 5) y las velocidades máximas del viento de los ciclones tropicales más intensos aumenten a escala mundial con el incremento del calentamiento global (*nivel de confianza alto*) (tabla 1).

Cada 0,5 °C adicional de calentamiento global también provoca aumentos claramente perceptibles en la intensidad y la frecuencia de las sequías agrícolas y ecológicas en algunas regiones (*nivel de confianza alto*) (figura 3). En algunas regiones se observan cambios discernibles en la intensidad y la frecuencia de las sequías meteorológicas, de las cuales se registran aumentos, en lugar de disminuciones por cada 0,5 °C adicional de calentamiento global (*nivel de confianza medio*). Los aumentos en la frecuencia y la intensidad de las sequías hidrológicas se elevan con el incremento del calentamiento global en algunas regiones (*nivel de confianza medio*). Se prevé que la variabilidad de las precipitaciones relacionada con El Niño/Oscilación del Sur se amplifique en la segunda mitad del siglo XXI para emisiones intermedias o altas de gases de efecto invernadero y un calentamiento global superior a 2 °C.

Con un calentamiento global adicional, incluso con 1,5 °C de calentamiento global, habrá un incremento sin precedentes de algunos fenómenos extremos en los registros de observación. Los cambios porcentuales previstos en la frecuencia son mayores para los fenómenos menos comunes (*nivel confianza alto*) (tabla 2). Se prevé que en muchas regiones aumente la probabilidad de aparición de fenómenos compuestos con un mayor calentamiento global (*nivel de confianza alto*). En particular, es probable que las olas de calor y las sequías simultáneas sean más frecuentes. Los extremos simultáneos en múltiples localizaciones (como las zonas de producción de cultivos) se vuelven más frecuentes a 2 °C y más en comparación con el calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*). Algunos fenómenos extremos compuestos con baja probabilidad en el clima pasado y actual serán más frecuentes, y habrá una mayor probabilidad de que se produzcan fenómenos con mayores intensidades, duraciones o extensiones espaciales sin precedentes en el registro observacional. La probabilidad de inundaciones compuestas (mareas de tempestad, lluvias extremas y/o flujo fluvial) seguirá incrementándose debido tanto al aumento del nivel del mar como a la intensificación de las precipitaciones fuertes, incluidos los cambios en la intensidad de las precipitaciones asociadas a los ciclones tropicales (*nivel de confianza alto*) (figura 8).

Es *prácticamente seguro* que el nivel medio global del mar seguirá aumentando hasta el año 2100 y los siglos posteriores, y permanecerá elevado durante miles de años. El

Tabla 2. Cambios observados y proyectados en las condiciones extremas de baja probabilidad y alto impacto. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 11, cuadro 11.2, tabla 1)

	+1 °C (actual)	+1,5 °C	+2 °C	+3 °C y mayor
Cambio en el riesgo para la temperatura diurna más alta anual (TXx) con un 1 % de probabilidad bajo el calentamiento actual (+1 °C) (Kharin <i>et al.</i> , 2018): Global land	1	3,3 (es decir, 230 % más de probabilidad)	8,2 (es decir, 720 % más de probabilidad)	No evaluado
Cambio en el riesgo para los episodios de precipitaciones intensas (Rx1día) con un 1 % de probabilidad bajo el calentamiento actual (+1 °C) (Kharin <i>et al.</i> , 2018): Global land	1	1,2 (es decir, 20 % más de probabilidad)	1,5 (es decir, 50 % más de probabilidad)	No evaluado
Cambio en el riesgo para crecidas extremas de 1 a 5 días de duración con un 1 % de probabilidad bajo el calentamiento actual (+1 °C) (H. Ali <i>et al.</i> , 2019): Indian subcontinent	Hasta 3 en lugares concretos	Hasta 5 en lugares concretos	De 2 a 6 en la mayoría de lugares	Hasta 12 en lugares concretos (4 °C)
Probabilidad de días calurosos "extremadamente extremos" con una probabilidad de 1/1000 a finales del siglo XX (Vogel <i>et al.</i> , 2020a): Global land	Unos 20 días en 20 años en la mayoría de lugares	Unos 50 días en 20 años en la mayoría de lugares	Unos 150 días en 20 años en la mayoría de lugares	Unos 500 días en 20 años en la mayoría de lugares (3 °C)
Probabilidad de coincidencia en una misma semana de días calurosos con una probabilidad 1/1000 y de días secos con una probabilidad 1/1000 a finales del siglo XX (Vogel <i>et al.</i> , 2020a): Amazon	0 % de probabilidad	Aproximadamente una semana en 20 años	Aproximadamente de 4 a 5 semanas en 20 años	Más de 9 semanas en 20 años (3 °C)
Duración proyectada de la sequía para la humedad del suelo por año (Samaniego <i>et al.</i> , 2018): Mediterranean region	41 días (+46 % en comparación con finales del siglo XX)	58 días (+107 % en comparación con finales del siglo XX)	71 días (+154 % en comparación con finales del siglo XX)	125 días (+346 % en comparación con finales del siglo XX) (3 °C)
Aumento de días expuestos al calor extremo peligroso, medido en el índice de calor y salud (HHI) (Q. Sun <i>et al.</i> , 2019): Global land	No evaluado, la referencia es 1981-2000	1,6 veces más de riesgo de sufrir calor > 40,6	2,3 veces más de riesgo de sufrir calor > 40,6	Alrededor del 80 % de la superficie terrestre está expuesta a calor peligroso, en las regiones tropicales 1/3 del año (4 °C)
Aumento de la duración media regional de la temporada de incendios (Q. Sun <i>et al.</i> , 2019; Xu <i>et al.</i> , 2020): Global land	No evaluado, la referencia es 1981-2000	6,2 días	9,5 días	Unos 50 días (4 °C)

rango *probable* de aumento del nivel del mar por encima del nivel del período 1995-2014 es de 0,15 a 0,30 m para 2050. El aumento del nivel del mar previsto para 2100 depende en gran medida de las emisiones futuras, alcanzando alrededor de 0,40 m en escenarios de emisiones muy bajas (calentamiento global cercano a 1,5 °C), o alrededor de 0,8 m para el caso de emisiones muy altas (calentamiento global superior a 4 °C), y 1 m más si se desencadenan procesos de inestabilidad del manto de hielo que se caracterizan por una profunda incertidumbre.

Entre *muy probable* y *prácticamente seguro* es que el aumento del nivel del mar con respecto a la media regional continúe a lo largo del siglo XXI, salvo en unas pocas regiones con índices de elevación geológica sustanciales. Se prevé que aproximadamente dos tercios de la costa mundial

tengan un aumento del nivel del mar relativo regional dentro del  $\pm 20$  % del aumento medio mundial (*nivel de confianza medio*), con los datos de las proyecciones disponibles en <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>. Debido al aumento relativo del nivel del mar, se prevé que los episodios de nivel del mar extremo que se producían una vez por siglo en el pasado inmediato se producirán con una frecuencia de 20 a 30 veces mayor para 2050 y de 160 a 530 veces mayor para 2100, y al menos anualmente en el 20 al 30 % de las ubicaciones de los mareógrafos en 2050 y del 60 al 80 % de todas las ubicaciones de los mareógrafos para 2100 (*nivel de confianza alto*). El aumento relativo del nivel del mar contribuye a incrementar la frecuencia y la gravedad de las inundaciones costeras en zonas bajas y la erosión costera en la mayoría de las costas arenosas (*nivel de confianza alto*).

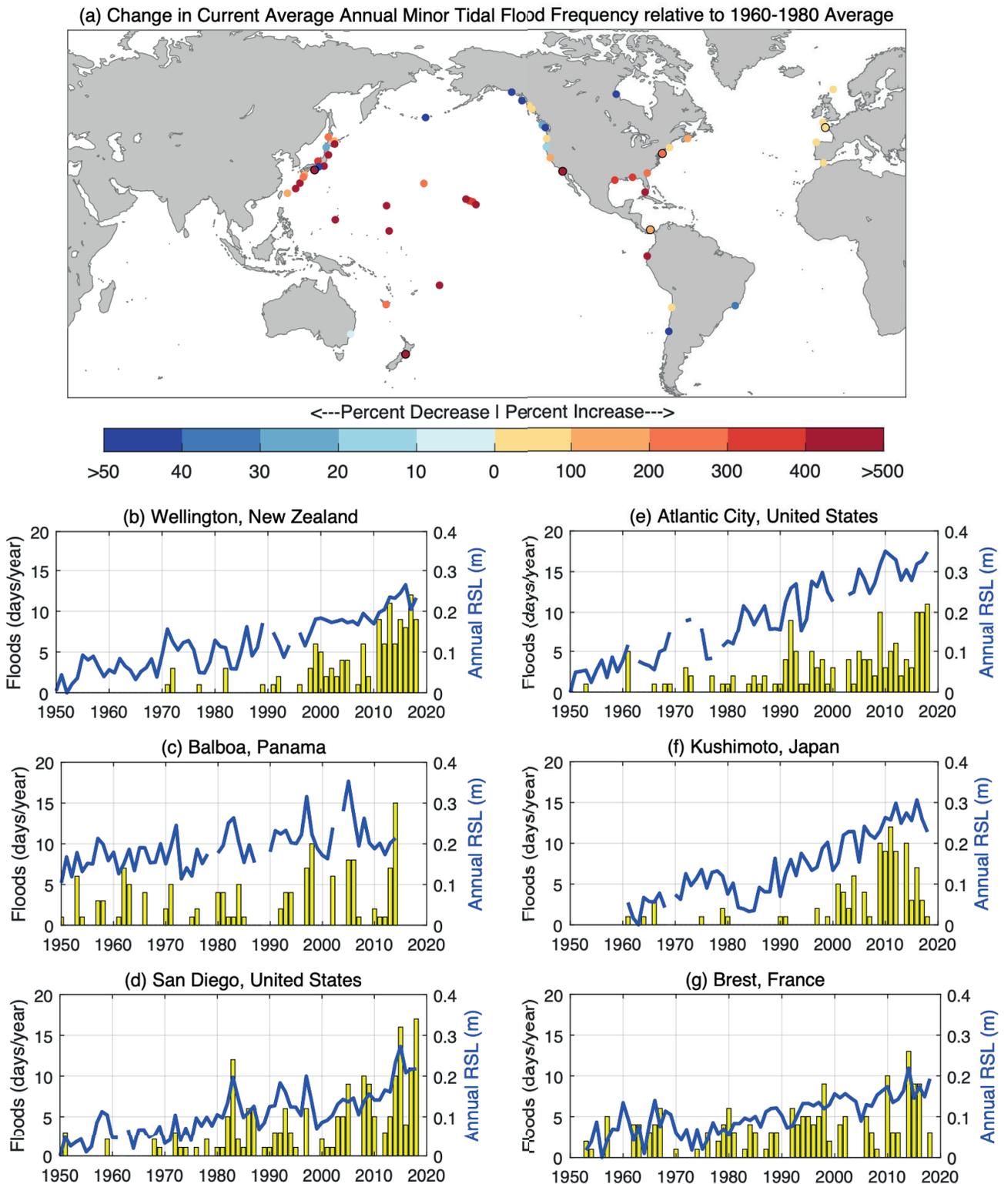


Figura 8. Cambio observado en el nivel extremo de aguas tranquilas, definido como el percentil 99 de los niveles de agua observados diariamente entre 1995 y 2014. a) Cambio porcentual en las ocurrencias durante 1995-2014 en relación con las de 1960-1980. b-g) Nivel medio anual del mar (azul) y episodios anuales de niveles extremos de aguas tranquilas por encima del percentil 99 de los máximos diarios de 1995-2014 (amarillo) en seis localizaciones seleccionadas de mareógrafos. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 9, figura 9.31).

La mayor urbanización, junto con unos extremos cálidos más frecuentes, aumentará la intensidad de las olas de calor (*nivel de confianza muy alto*). La urbanización también incrementa las precipitaciones medias e intensas sobre las ciudades o a sotavento (*nivel de confianza medio*) y la intensidad de la escorrentía resultante (*nivel de confianza alto*). En las ciudades costeras, la combinación de episodios más frecuentes de nivel del mar extremo (debido al aumento del nivel del mar y a las mareas meteorológicas) y los fenómenos extremos de lluvia/ flujo fluvial hará que las inundaciones sean más probables (*nivel de confianza alto*).

Sobre la base de las evidencias paleoclimáticas e históricas, es probable que se produzca, al menos, una gran erupción volcánica durante el siglo XXI, que afectaría temporalmente a las condiciones climáticas que conducen a impactos (*nivel de confianza medio*). Las fuerzas impulsoras naturales y la variabilidad interna modularán los cambios provocados por el ser humano, especialmente a escala regional y a corto plazo, con poco efecto sobre el calentamiento global centenario. Es importante tener en cuenta estas modulaciones al planificar toda la gama de cambios posibles.

**PF 11.2: ¿Causará el cambio climático extremos sin precedentes?**

Si, en un clima cambiante, los fenómenos extremos pueden no tener precedentes cuando ocurren con...

-  **Mayor magnitud**
-  **Mayor frecuencia**
-  **Nuevas localizaciones**
-  **Diferentes momentos**
-  **Nuevas combinaciones**  
(fenómenos compuestos)

Figura 10. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 11, figura PF 11.2).

**Factor de amplificación medio del nivel extremo de aguas tranquilas para:**

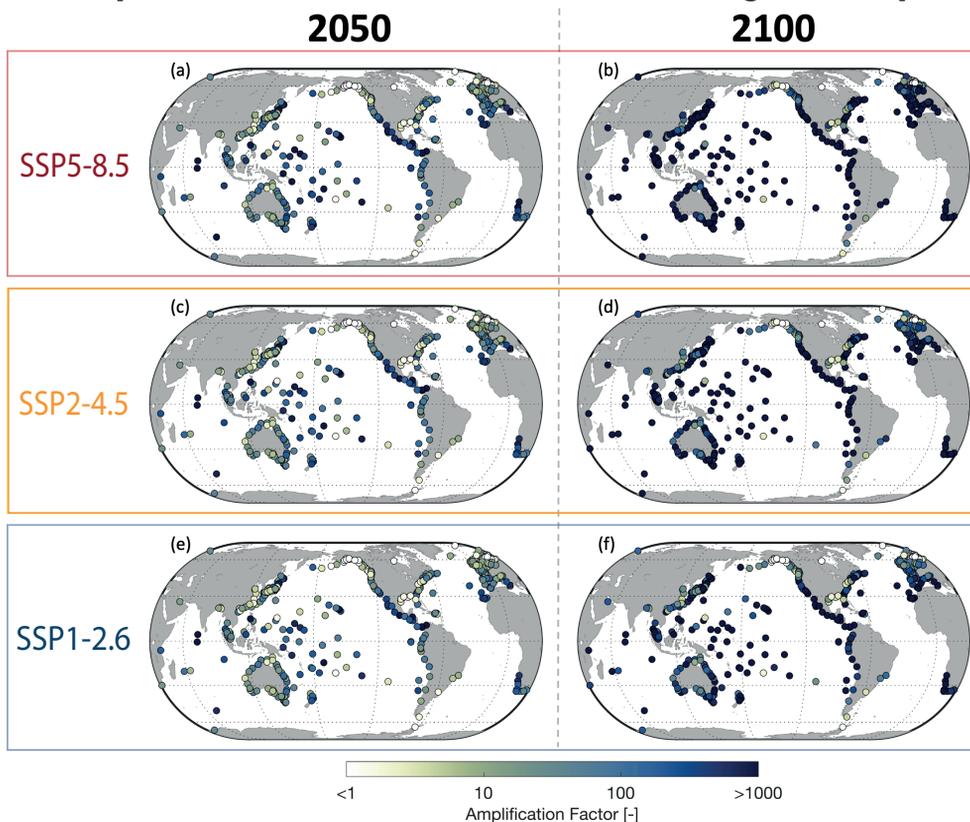


Figura 9. Cambio proyectado en la recurrencia del nivel extremo de aguas tranquilas (factor de amplificación) en función del escenario de emisión (muy alto, intermedio o bajo) para 2050 y 2100. (Fuente: Contribución del GTI al IE6, capítulo 9, figura 9.32).

## Los cambios en los extremos serán más generalizados y pronunciados en niveles de calentamiento más elevados

Con un calentamiento global de 1,5 °C, se prevé que las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas se intensificarán y serán más frecuentes en la mayoría de las regiones de África y Asia (*nivel de confianza alto*), América del Norte (*nivel de confianza medio a alto*) y Europa (*nivel de confianza medio*). Además, se prevén sequías agrícolas y ecológicas más frecuentes o severas en algunas regiones de todos los continentes habitados, excepto Asia, en comparación con el período 1850-1900 (*nivel de confianza medio*); también se prevé un aumento de las sequías meteorológicas en algunas regiones (*nivel de confianza medio*).

A partir de los 2 °C de calentamiento global, el nivel de confianza y la magnitud del cambio en las sequías y las precipitaciones intensas y medias aumentan en comparación con los de 1,5 °C. Se prevé que las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas sean más intensas y frecuentes en las islas del Pacífico y en muchas regiones de América del Norte y de Europa (*nivel de confianza medio a alto*). Estos cambios también se observan en algunas regiones de Australasia y América Central y del Sur (*nivel de confianza medio*). Se prevé que varias regiones de África, América del Sur y Europa experimenten un aumento en la frecuencia o la gravedad de las sequías agrícolas y ecológicas con un *nivel de confianza medio a alto*; las proyecciones señalan asimismo aumentos en Australasia, América Central y del Norte, y el Caribe con un *nivel de confianza medio*. También se prevé que unas pocas regiones de África, Australasia, Europa y América del Norte se vean afectadas por aumentos de las sequías hidrológicas, y que varias regiones experimenten aumentos o disminuciones de las sequías meteorológicas con más regiones mostrando un aumento (*nivel de confianza medio*). Los cambios específicos de las regiones incluyen la intensificación de los ciclones tropicales o las tormentas extratropicales (*nivel de confianza medio*), el aumento de las inundaciones fluviales (*nivel de confianza medio a alto*) y el incremento de las condiciones atmosféricas propensas a la generación de incendios forestales (*nivel de confianza medio a alto*). Hay un *nivel de confianza bajo* en la mayoría de las regiones con respecto a los posibles cambios futuros en materia de

granizo, tormentas de hielo, tormentas fuertes, tormentas de polvo, nevadas fuertes y deslizamientos de tierra.

En el futuro, ocurrirán extremos sin precedentes a medida que el clima continúe calentándose. Esos extremos serán más intensos, de mayor magnitud, y tendrán lugar con más frecuencia de lo experimentado anteriormente. Los eventos extremos también pueden aparecer en nuevas localizaciones, en nuevas épocas del año o como fenómenos compuestos sin precedentes. Además, los eventos sin precedentes serán más frecuentes con niveles más altos de calentamiento, por ejemplo, a 3 °C de calentamiento global en comparación con 2 °C de calentamiento global (tabla 2, figura 9).

En el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero bajas o muy bajas, en comparación con el caso de emisiones intermedias, altas o muy altas en las próximas décadas, los cambios en los impulsores del impacto climático serían sustancialmente menores más allá de 2040. Hacia finales de siglo, el aumento en la frecuencia de episodios extremos del nivel del mar, precipitaciones intensas e inundaciones pluviales, y las superaciones de los umbrales de calor extremo peligrosos para la agricultura y la salud (figura 5) así como el número de regiones donde ocurren tales superaciones serían más limitados.

Este resumen destaca el estado actual del conocimiento sobre los fenómenos extremos específicos y la importancia de prepararse para tales cambios, a través de la destilación de información climática regional. Es una coproducción entre científicos, profesionales y usuarios para apoyar las decisiones en materia de adaptación y gestión de riesgos.

## Referencias

IPCC, 2021: Cambio climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [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 y B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. En imprenta.