

EMBARGO Estricto HASTA LAS 00.01,
HORA GMT, DEL LUNES 19 DE NOVIEMBRE
DE 2012

Bajemos la temperatura

Por qué se debe evitar
un planeta 4°C más cálido



**EMBARGO Estricto HASTA LAS 00.01,
HORA GMT, DEL LUNES 19 DE NOVIEMBRE
DE 2012**

4°

Bajemos la temperatura

**Por qué se debe evitar
un planeta 4°C más cálido**

Noviembre de 2012

Informe preparado por el
Potsdam Institute for Climate
Impact Research y Climate
Analytics para el Banco Mundial



© 2012 Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial
1818 H Street, N.W.
Washington, DC 20433
Teléfono: 202-473-1000
Sitio web: www.worldbank.org

Este informe es obra del personal del Banco Mundial con contribuciones externas. Las opiniones, interpretaciones y conclusiones expresadas en la presente publicación no reflejan necesariamente la opinión del Banco Mundial, así como tampoco la de los miembros del Directorio Ejecutivo del Banco Mundial o de los países representados por este.

El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos que figuran en esta publicación. Las fronteras, colores, denominaciones y demás información de cualquier mapa incluido en la presente publicación no implican juicio alguno de parte del Banco Mundial acerca de la condición jurídica de cualquier territorio ni la aprobación o aceptación de esas fronteras.

Derechos y autorizaciones

El material contenido en esta publicación está registrado como propiedad intelectual. El Banco Mundial alienta la difusión de sus conocimientos y autoriza la reproducción total o parcial de este informe para fines no comerciales en tanto se cite la fuente.

Cualquier otra consulta sobre derechos y licencias, incluidos derechos subsidiarios, deberá dirigirse a la siguiente dirección: Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, EE.UU.; fax: 202-522-2422; correo electrónico: pubrights@worldbank.org.

Agradecimientos

El informe *Bajemos la temperatura: Razones para evitar un planeta 4°C más cálido* es resultado de las aportaciones realizadas por un amplio espectro de expertos de todo el planeta. Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todos los que contribuyeron a su riqueza y a su perspectiva multidisciplinaria.

El informe es obra de un equipo del Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics integrado por Hans Joachim Schellnhuber, William Hare, Olivia Serdeczny, Sophie Adams, Dim Coumou, Katja Frieler, Maria Martin, Ilona M. Otto, Mahé Perrette, Alexander Robinson, Marcia Rocha, Michiel Schaeffer, Jacob Schewe, Xiaoxi Wang y Lila Warszawski.

El Banco Mundial encargó el informe por intermedio de su Equipo de Expertos Internacionales sobre Adaptación al Cambio Climático, encabezado por Erick C.M. Fernandes y Kanta Kumari Rigaud, que trabajó en estrecha colaboración con el Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. Jane Olga Ebinger tuvo a su cargo la coordinación del equipo del Banco Mundial y Rosina Bierbaum (Universidad de Michigan) y Michael MacCracken (Climate Institute, Washington DC) proporcionaron información valiosa en todo momento.

El grupo de expertos científicos evaluadores aportó valiosos comentarios sobre el informe. Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Ulisses Confalonieri, Andrew D. Friend, Dieter Gerten, Saleemul Huq, Pavel Kabat, Thomas Karl, Akio Kitoh, Reto Knutti, Anthony J. McMichael, Jonathan T. Overpeck, Martin Parry, Barrie Pittock y John Stone.

La orientación y supervisión que proporcionaron Rachel Kyte, Mary Barton-Dock, Fionna Douglas y Marianne Fay fue muy valiosa.

Agradecemos las aportaciones realizadas por nuestros colegas del Banco Mundial: Sameer Akbar, Keiko Ashida, Ferid Belhaj, Rachid Benmessaoud, Bonizella Biagini, Anthony Bigio, Ademola Braimoh, Haleh Bridi, Penelope Brook, Ana Bucher, Julia Bucknall, Jacob Burke, Raffaello Cervigni, Laurence Clarke, Francoise Clottes, Annette Dixon, Philippe Dongier, Milen Dyoulgerov, Luis Garcia, Habiba Gitay, Susan Goldmark, Ellen Goldstein, Gloria Grandolini, Stephane Hallegatte, Valerie Hickey, Daniel Hoornweg, Stefan Koeberle, Motoo Konishi, Victoria Kwakwa, Marcus Lee, Marie Françoise Marie-Nelly, Meleesa McNaughton, Robin Mearns, Nancy Chaarani Meza, Alan Miller, Klaus Rohland, Onno Ruhl, Michal Rutkowski, Klas Sander, Hartwig Schafer, Patrick Verkooijen Dorte Verner, Deborah Wetzels, Ulrich Zachau y Johannes Zutt.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Robert Bisset y Sonu Jain, que llevaron a cabo actividades de divulgación con los asociados, la comunidad científica y los medios de información. Perpetual Boateng, Tobias Baedeker y Patricia Braxton proporcionaron su valioso apoyo al equipo.

Asimismo, deseamos expresar nuestra gratitud a Connect4Climate, que contribuyó a la elaboración del presente informe.

Prefacio

Confío en que este informe sirva como acicate para movilizarnos y espero que nos impulse a trabajar con mucha más determinación, inclusive a los que ya estamos dedicados a la lucha contra el cambio climático.

En este informe se describe cómo sería el planeta si la temperatura subiera 4°C —que es lo que los científicos pronostican casi unánimemente para fines de este siglo— y no se realizaran cambios profundos en las políticas.

Los escenarios de 4°C son devastadores: inundaciones en las ciudades costeras; aumento de los riesgos relativos a la producción de alimentos que podrían dar lugar a tasas más altas de malnutrición; en muchos casos, las regiones secas se volverían más secas y las húmedas, más húmedas; olas de calor sin precedentes en muchas regiones, especialmente en los trópicos; considerable aumento de la escasez de agua en muchas regiones; aumento de la frecuencia de los ciclones tropicales de gran intensidad, y pérdida irreversible de biodiversidad, incluidos los sistemas de arrecifes de coral.

Y lo que es más importante, un planeta con 4°C más de temperatura es muy distinto del actual y conlleva un alto grado de incertidumbre y nuevos riesgos que desafían nuestra capacidad para prever y planificar las futuras necesidades de adaptación.

La falta de acción en la esfera del cambio climático no solo pone en riesgo la posibilidad de prosperar de millones de habitantes del mundo en desarrollo, también puede revertir el desarrollo sostenible logrado en el curso de muchas décadas.

Es evidente que ya tenemos un gran caudal de conocimientos sobre los peligros que afrontamos. La ciencia demuestra inequívocamente que el calentamiento global es obra de los seres humanos, y ya se están observando grandes cambios: el calentamiento medio global es 0,8°C superior a los niveles de la era preindustrial; la temperatura de los océanos ha subido 0,09°C desde la década de 1950 y sus aguas se están acidificando; el nivel del mar subió unos 20 cm desde la era preindustrial y ahora está aumentando a un ritmo de 3,2 cm por decenio; se ha producido un número excepcional de olas de calor extremo durante la última década; grandes superficies destinadas a cultivos alimentarios se ven afectadas, cada vez más, por sequías.

A pesar de que la comunidad internacional tiene las mejores de las intenciones de lograr que el calentamiento global no aumente más de 2°C por encima del nivel imperante en la era preindustrial, cada vez es más probable que los niveles de calentamiento sean más altos. Los científicos coinciden en que las actuales promesas y compromisos de emisión asumidos por los países ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático probablemente se traducirán en un calentamiento de entre 3,5°C y 4°C. Y cuanto más tiempo transcurra hasta que esas promesas se concreten, mayor será la probabilidad de que la temperatura del planeta ascienda 4°C.

La labor del Grupo del Banco Mundial se asienta en datos y pruebas. El Grupo del Banco se ha basado en informes científicos, incluidos los preparados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, para tomar la decisión de intensificar la labor sobre estos temas. En consecuencia, se preparó un Informe sobre el Desarrollo Mundial dedicado al cambio climático con el objeto de mejorar nuestros conocimientos sobre las consecuencias de un calentamiento del planeta; un Marco estratégico sobre Desarrollo y Cambio Climático y un informe sobre el crecimiento ecológico inclusivo. El Banco Mundial es uno de los principales impulsores de medidas ambiciosas en la esfera del cambio climático, no solo porque constituye una obligación moral sino también porque tiene sentido desde el punto de vista económico.

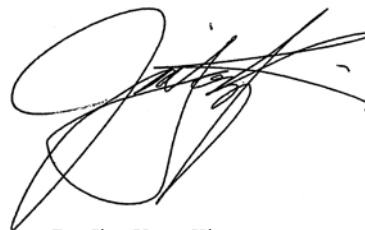
¿Pero qué sucedería si no intensificáramos las medidas de mitigación? ¿Qué consecuencias tendría un aumento de 4°C en la temperatura del planeta? Hemos encomendado este informe al Potsdam Institute for Climate Impact Research y a Climate Analytics para que nos ayude a comprender los avances de la ciencia y la manera en que las nuevas condiciones imperantes en el planeta incidirían en el desarrollo. El planeta sería tan marcadamente diferente al actual, que resulta difícil describirlo con precisión, y gran parte del análisis se basa en proyecciones e interpretaciones complejas.

Somos plenamente conscientes de la incertidumbre que rodea estos escenarios y sabemos que en algunos casos, los académicos y los estudios no coinciden en el grado de riesgo. Sin embargo, el mero hecho de que estos escenarios no se puedan descartar es razón suficiente para fortalecer las políticas vigentes sobre cambio climático. Encontrar medidas que permitan evitar ese escenario es vital para la salud y el bienestar de las comunidades de todo el planeta. Aunque todas las regiones del mundo se verán afectadas, los pobres y los grupos más vulnerables soportarán la peor parte.

Podemos, y debemos, evitar que la temperatura del planeta aumente 4°C.

El Grupo del Banco Mundial seguirá promoviendo firmemente la concertación de acuerdos internacionales y regionales y aumentará el financiamiento relacionado con el cambio climático. Se redoblarán los esfuerzos para brindar apoyo a iniciativas nacionales orientadas a mitigar las emisiones de carbono y fortalecer la capacidad de adaptación, así como para respaldar el crecimiento ecológico inclusivo y el desarrollo adaptado al cambio climático. La labor del Banco en la esfera del crecimiento ecológico inclusivo ha permitido demostrar que, a través de un uso más eficiente e inteligente de la energía y los recursos naturales, existen muchas oportunidades para reducir drásticamente el impacto del clima en el desarrollo, sin aminorar el ritmo de la lucha contra la pobreza y del crecimiento económico.

El presente informe es un claro recordatorio de que el cambio climático lo afecta todo. El financiamiento relacionado con el cambio climático y los proyectos sobre el clima no son las únicas soluciones posibles. La solución consiste en gestionar eficazmente los riesgos y lograr que todo nuestro trabajo, todas nuestras ideas, se centren en evitar un planeta con 4°C más de temperatura. El Grupo del Banco Mundial estará a la altura del desafío.



Dr. Jim Yong Kim
Presidente del Grupo del Banco Mundial



Resumen ejecutivo

Resumen ejecutivo

El presente informe contiene una breve síntesis de las publicaciones científicas recientes y un nuevo análisis de los impactos y riesgos que probablemente se derivarían de un aumento de la temperatura de 4°C en el curso de este siglo. Es un intento riguroso de describir un amplio espectro de riesgos, con especial énfasis en los países en desarrollo y especialmente en los pobres. En un planeta con 4°C más de temperatura, se registrarían olas de calor sin precedentes, graves sequías y grandes inundaciones en muchas regiones, con serias consecuencias para los ecosistemas y los servicios conexos. Si se adoptan medidas, empero, ese panorama puede evitarse y es probable que se pueda mantener un nivel de calentamiento inferior a los 2°C.

Si no se asumen nuevos compromisos y se adoptan nuevas medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es probable que el calentamiento del planeta ascienda a más de 3°C por encima del nivel imperante en la era preindustrial. Inclusive en el supuesto de que se cumplan totalmente los actuales compromisos y promesas de mitigación, la probabilidad de superar los 4°C para el año 2100 ascendería aproximadamente al 20%. Si no se cumplen, el calentamiento de 4°C podría ocurrir antes, en la década de 2060. Ese grado de calentamiento y el aumento conexo del nivel del mar, de 0,5 a 1 metro, o más, para 2100 no sería el punto final: probablemente el calentamiento adicional alcanzaría niveles superiores a los 6°C, con un aumento de varios metros en el nivel del mar, durante los siglos siguientes.

Por tanto, aunque la comunidad mundial ha asumido el compromiso de mantener el calentamiento por debajo de los 2°C para prevenir el cambio climático “peligroso”, y los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) y los países menos adelantados (PMA) han señalado que un calentamiento global superior a 1,5°C constituiría un grave peligro para su propio desarrollo y, en algunos casos, para su supervivencia, es muy probable que la suma total de las políticas actuales —vigentes y previstas— dé como resultado un calentamiento muy superior a estos niveles. En efecto, dadas las tendencias actuales de las emisiones, el planeta va realmente en camino de alcanzar un calentamiento de 4°C en el curso del siglo.

A diferencia del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), de próxima aparición en 2013–14, el presente informe no

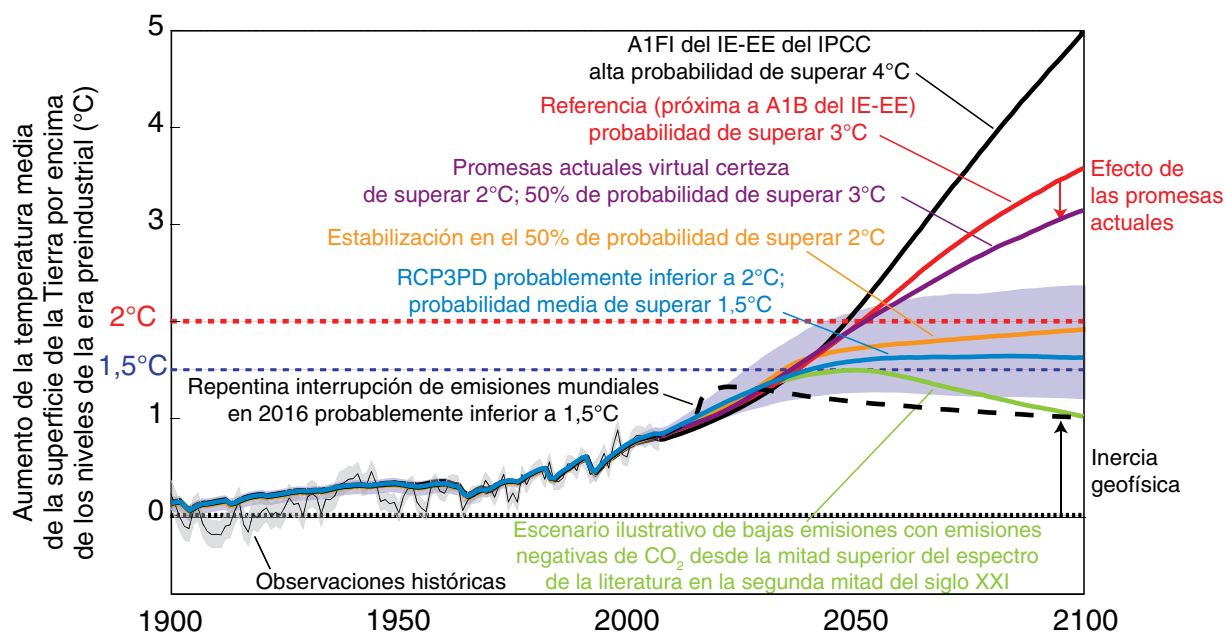
constituye una evaluación científica integral. Aunque se pone el acento en los países en desarrollo en este informe, se reconoce que los países desarrollados también son vulnerables y corren un alto riesgo de sufrir graves perjuicios a raíz del cambio climático. La serie de fenómenos climáticos extremos acaecidos recientemente en todo el planeta sigue poniendo de relieve la vulnerabilidad no solo del mundo en desarrollo sino inclusive de los países industrializados ricos.

Aún existen incertidumbres para proyectar el alcance del cambio climático y sus impactos. Adoptamos un enfoque basado en los riesgos en cuyo marco *el riesgo se define como el impacto multiplicado por la probabilidad*: un episodio de baja probabilidad puede, sin embargo, plantear un riesgo elevado si entraña consecuencias graves.

Ninguna nación será inmune a los impactos del cambio climático. Sin embargo, es probable que la distribución de los impactos sea inherentemente desigual y afecte en mayor medida a muchas de las regiones más pobres del planeta, que tienen el menor grado de capacidad económica, institucional, científica y técnica para afrontarlos y adaptarse. Por ejemplo:

- Aunque el mayor calentamiento absoluto se registrará en las latitudes altas, el calentamiento que se producirá en los trópicos es mayor cuando se lo compara con la amplitud térmica y los fenómenos extremos que históricamente han afrontado los seres humanos y los ecosistemas naturales y a los que se han adaptado. En consecuencia, se prevé que las temperaturas altas extremas sin precedentes que se registrarán

Gráfico 1: Estimaciones medias (líneas) derivadas de proyecciones de probabilidad de la temperatura para dos escenarios que no contemplan medidas de mitigación de las emisiones (A1FI del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) y un escenario de referencia próximo al A1B del IE-EE), que en ambos casos se aproximan, o superan por un margen considerable, el calentamiento de 4°C para 2100. Los resultados de estos escenarios de emisiones se comparan con escenarios en los que se cumplen las promesas actuales y con escenarios de mitigación que mantienen el calentamiento por debajo de los 2°C con una probabilidad del 50% o más. También se elabora un escenario hipotético en el cual se pone fin a la interrupción de emisiones mundiales en 2016, como una comparación ilustrativa con trayectorias que son factibles desde el punto de vista técnico y económico. El aumento del calentamiento después de reducir a cero las emisiones se debe a la eliminación del efecto de sombra de los sulfatos en aerosol. El margen de incertidumbre del 95% (área sombreada) se incluye en un escenario para facilitar la lectura exclusivamente. Para obtener información sobre los escenarios y los métodos de elaboración de modelos, véanse Rogelj y otros, 2010; Hare y otros, 2011; Schaeffer y otros, 2012.



en los trópicos tendrán impactos marcadamente mayores en la agricultura y los ecosistemas.

- Es probable que el aumento del nivel del mar en los trópicos sea entre un 15% y un 20% mayor que la media mundial.
- Es probable que el aumento de la intensidad de los ciclones tropicales sea desproporcionadamente mayor en las regiones de latitud baja.
- Es probable que el aumento de la aridez y la sequía sea considerablemente mayor en muchas regiones de países en desarrollo situadas en zonas tropicales y subtropicales.

En un planeta donde el calentamiento ascienda a 4°C por encima de los niveles imperantes en la época preindustrial (llamado de aquí en adelante un “planeta 4°C”), se registrarían olas de calor sin precedentes, graves sequías y grandes inundaciones en muchas regiones, con serias consecuencias para los sistemas humanos, los ecosistemas y los servicios conexos.

Todavía es posible evitar un calentamiento de 4°C: en un gran número de estudios se señala que existen trayectorias de

emisiones factibles desde el punto de vista técnico y económico para mantener el calentamiento por debajo de los 2°C (gráfico 1). Por lo tanto, el nivel de los impactos que han de experimentar los países en desarrollo y el resto del mundo será resultado de las decisiones y elecciones de los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, y también, lamentablemente, de su inacción.

Impactos y cambios observados en el sistema climático

Los efectos inequívocos del cambio inducido en el sistema climático por la emisión de gases de efecto invernadero, consignados en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC en 2007, se han seguido intensificando, a un ritmo más o menos sostenido:

- La concentración del principal gas de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO_2), ha seguido aumentando desde una concentración de aproximadamente 278 partes por millón (ppm) en la era preindustrial a más de 391 ppm en



septiembre de 2012, con una tasa de aumento que ahora asciende a 1,8 ppm al año.

- De acuerdo con los datos paleoclimáticos y geológicos, en ningún otro momento de los últimos 15 millones de años se ha registrado una concentración de CO₂ mayor que la actual.
- Las emisiones de CO₂ ascienden actualmente a unos 35 000 millones de toneladas métricas al año (incluido el cambio del uso de la tierra) y, si no se adoptan nuevas políticas, se prevé que aumentarán a 41 000 millones de toneladas métricas al año en 2020.
- La temperatura media de la Tierra ha seguido aumentando y asciende actualmente a alrededor de 0,8°C por encima de los niveles imperantes en la era preindustrial.

Aunque un calentamiento de 0,8°C quizás no parezca importante, el cambio climático ya ha comenzado a generar muchos impactos, y el aumento de 0,8°C a 2°C, o más, planteará desafíos aún mayores. También es útil recordar que un aumento de 4°C en la temperatura media de la Tierra reduce la diferencia entre las temperaturas actuales y las de la última era glacial, cuando gran parte de Europa central y la región septentrional de Estados Unidos estaban cubiertas por muchos kilómetros de hielo y las temperaturas medias de la Tierra eran entre 4,5°C y 7°C más bajas. Además, este importante cambio climático, inducido por el hombre, se produce en el curso de un siglo, no de un milenio.

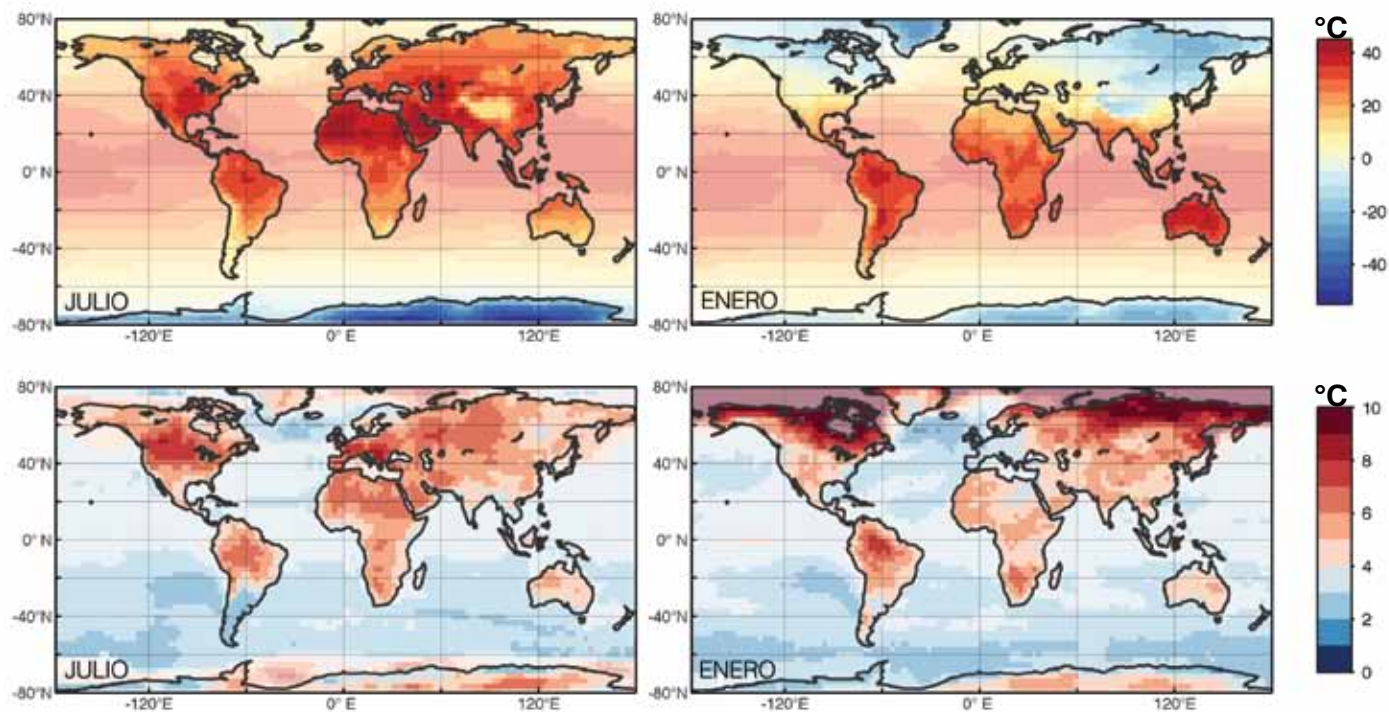
Los océanos mundiales se han seguido calentando, y alrededor del 90% del excedente de energía térmica retenida por el aumento

de las concentraciones de gases de efecto invernadero desde 1955 está almacenado en los océanos en forma de calor. En promedio, el nivel del mar en todo el planeta ha aumentado entre 15 centímetros y 20 centímetros durante el siglo XX. En la última década, la tasa media de elevación del nivel del mar ha aumentado a unos 3,2 centímetros por decenio. Si se mantiene esta tasa, en el siglo XXI se registraría un aumento adicional de más de 30 cm en el nivel del mar.

El calentamiento de la atmósfera y los océanos está ocasionando un acelerado deshielo de los casquetes polares de Groenlandia y la Antártida, y este derretimiento podría incrementar marcadamente el aumento del nivel del mar en el futuro. En general, la tasa de deshielo se ha triplicado desde el período 1993–2003, como se consigna en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, y llegó a 1,3 cm por decenio durante el período 2004–08; la tasa de deshielo correspondiente a 2009 es equivalente a alrededor de 1,7 cm por decenio. Si se mantiene el ritmo de deshielo de los casquetes polares, sin aceleración, el aumento del nivel medio del mar debido a esta causa sería de alrededor de 15 cm para fines del siglo XXI. Un claro ejemplo del aumento de la vulnerabilidad del casquete polar de Groenlandia al calentamiento es el rápido crecimiento de la zona de derretimiento que se registra a partir de la década de 1970. En cuanto a la capa de hielo del océano Ártico, en septiembre de 2012 llegó a un nivel mínimo sin precedentes, y la zona de hielo que cubre el océano Ártico durante el verano se redujo a la mitad durante los últimos 30 años.

Los efectos del calentamiento global también están produciendo cambios observados en muchos otros aspectos climáticos y

Gráfico 2: Compilación de promedios multimodelo de la temperatura mensual más elevada registrada en cada lugar en el período 2080–2100 en los meses de julio (izquierda) y enero (derecha), en temperaturas absolutas (arriba) y anomalías comparadas con la temperatura mensual más extrema simulada durante el momento actual (abajo). La intensidad de la escala de colores se redujo sobre los océanos para marcar las diferencias.



ambientales del sistema terrestre. En la última década se ha registrado un número excepcional de olas de calor extremo en todo el planeta con los consiguientes impactos graves. El cambio climático inducido por el hombre desde la década de 1960 ha generado un aumento de la frecuencia y la intensidad de las olas de calor y por lo tanto también es probable que haya exacerbado sus impactos sociales. En algunas regiones climáticas se ha registrado un aumento de la intensidad y/o frecuencia de las precipitaciones y las sequías extremas, probablemente a raíz de la influencia humana. Como ejemplo de una ola de calor extremo reciente cabe citar la que se produjo en Rusia en 2010, cuyas consecuencias fueron muy graves. Según las estimaciones preliminares, esta ola de calor arrojó un saldo de 55 000 víctimas mortales, la pérdida de un 25% de la cosecha anual, más de un millón de hectáreas de tierras quemadas y pérdidas económicas por un valor aproximado de US\$15 000 millones (1% del producto interno bruto).

Si no existiera el cambio climático, las olas de calor extremo en Europa, Rusia y Estados Unidos, por ejemplo, se producirían tan solo una vez cada varios centenares de años. Las observaciones permiten establecer que la superficie del planeta que soporta un calor extremo ha aumentado 10 veces desde la década de 1950.

También es probable que se haya registrado un aumento considerable de la superficie terrestre del planeta afectada por

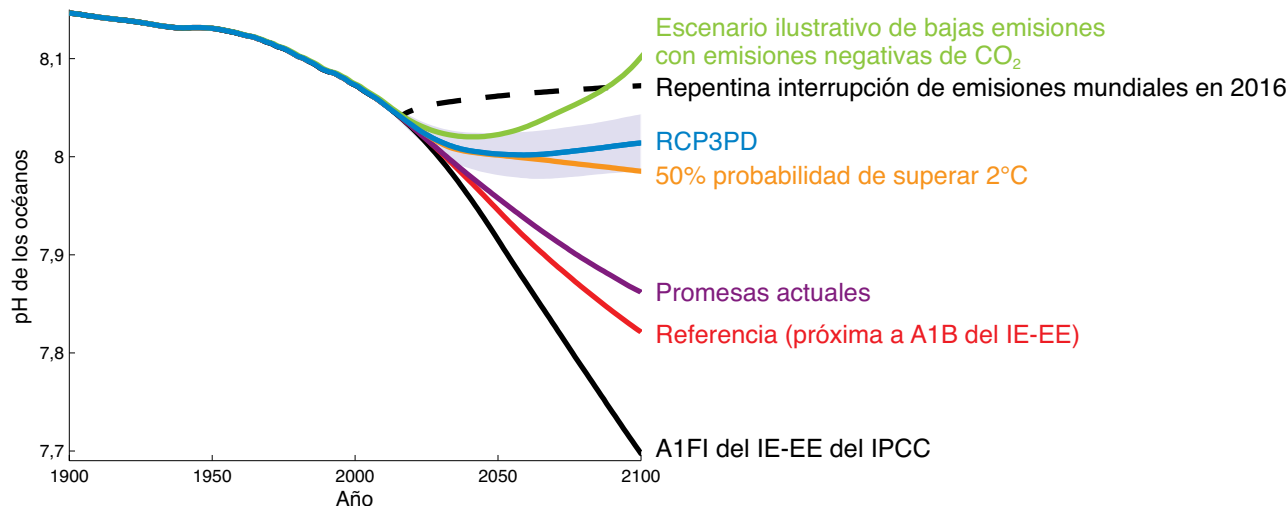
sequías durante los últimos 50 años, a un ritmo ligeramente mayor que el previsto en los modelos climáticos. La sequía de 2012 en Estados Unidos afectó un 80% de las tierras agrícolas, y fue la más grave desde la década de 1950.

Se han observado efectos negativos de las temperaturas elevadas en la producción agrícola. En estudios recientes se indica que desde la década de 1980 la producción mundial de maíz y trigo podría haber disminuido considerablemente en comparación con una hipótesis que excluye el cambio climático.

Asimismo, se ha observado que las temperaturas elevadas han incidido en el crecimiento económico de los países pobres durante las últimas décadas. Este dato permite suponer que existe un gran riesgo de que el crecimiento económico de los países pobres disminuya aún más en el futuro debido al calentamiento global. En un estudio¹ realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se utilizaron las fluctuaciones históricas de la temperatura dentro de cada país para identificar sus efectos en los resultados económicos agregados. Se concluyó que las temperaturas más elevadas reducen marcadamente el crecimiento económico

¹ Dell, Melissa, Benjamin F. Jones y Benjamin A. Olken. 2012. "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century". *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 66–95.

Gráfico 3: Estimaciones medias (líneas) derivadas de proyecciones de probabilidad del pH de la superficie de los océanos. Un pH más bajo indica que la acidificación de los océanos es más severa, lo que impide el crecimiento de organismos calcificadores, entre ellos mariscos, fitoplancton calcáreo y arrecifes de coral. El escenario A1FI del IE-EE muestra que el aumento de la acidificación de los océanos probablemente está asociado con un calentamiento superior a 4°C respecto del nivel preindustrial. El margen de incertidumbre del 95% (área sombreada) se incluye en un escenario para facilitar la lectura exclusivamente y obedece principalmente a la incertidumbre respecto del ciclo del carbono. Para obtener información sobre los escenarios y los métodos de elaboración de modelos, véanse Bernie y otros, 2010; Rogelj y otros, 2010; Hare y otros, 2011; Schaeffer y otros, 2012.



de los países pobres y tienen un amplio espectro de efectos pues reducen la producción agrícola e industrial y la estabilidad política. Estas conclusiones se tienen en cuenta en los debates sobre el papel que le cabe al clima en el desarrollo económico y permiten suponer que las temperaturas más elevadas podrían tener grandes impactos negativos en los países pobres.

Impactos previstos del cambio climático en un planeta 4°C

Los efectos de un calentamiento de 4°C no estarán distribuidos en forma pareja en todo el planeta ni sus consecuencias serán sencillamente una ampliación de las que se registran con un calentamiento de 2°C. El mayor calentamiento se producirá sobre la superficie terrestre y oscilará entre los 4°C y los 10°C. Se podrían registrar aumentos de 6°C o mayores en las temperaturas medias mensuales de verano en vastas regiones del planeta, por ejemplo en el Mediterráneo, Norte de África, Oriente Medio y los Estados Unidos continentales (gráfico 2).

Las proyecciones para un planeta 4°C muestran un aumento pronunciado de la intensidad y la frecuencia de episodios extremos de temperatura elevada. Las recientes olas de calor extremo, como la que se produjo en Rusia en 2010, probablemente serán el nuevo verano normal en un planeta 4°C. Es probable que la zona tropical de América del Sur, el centro de África y todas las islas

tropicales del Pacífico soporten en forma regular olas de calor de una magnitud y duración sin precedentes. En este nuevo régimen climático de temperatura elevada, es probable que los meses más frescos sean considerablemente más cálidos que los meses más calurosos de finales del siglo XX. En la región mediterránea, el Norte de África, Oriente Medio y el altiplano tibetano, es probable que casi todos los meses de verano sean más cálidos que las olas de calor más extremo que se producen actualmente. Por ejemplo, el mes de julio más caluroso en la región mediterránea podría ser 9°C más cálido que el mes de julio más caluroso de la época actual.

Las olas de calor extremo de los últimos años han tenido graves consecuencias, entre ellas víctimas mortales, incendios forestales y pérdidas de cosechas. Aunque no se han evaluado los impactos de las olas de calor extremo proyectadas para un planeta 4°C, podría esperarse que superen ampliamente las consecuencias sufridas hasta la fecha y podrían superar las capacidades de adaptación de muchas sociedades y sistemas naturales.

Aumento de la concentración de CO₂ y la acidificación de los océanos

Además del calentamiento del sistema climático, una de las consecuencias más graves del aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera se produce cuando este se disuelve en los océanos y ocasiona acidificación. Se ha observado



un aumento considerable de la acidez de los océanos desde la era preindustrial. Un calentamiento de 4°C o mayor para 2100 se correspondería con una concentración de CO₂ superior a 800 ppm y un aumento de alrededor del 150% en la acidez de los océanos. El ritmo de cambio, tanto observado como previsto, de la acidez de los océanos durante el próximo siglo no parece tener paralelo en la historia de la Tierra. Ya están comenzando a surgir pruebas de las consecuencias negativas que genera la acidificación para los organismos marinos y los ecosistemas, que se combinan con los efectos del calentamiento, la pesca excesiva y la destrucción del hábitat (gráfico 3).

Los arrecifes de coral, en particular, son extremadamente sensibles a las variaciones en las temperaturas del agua, el pH del océano y la intensidad y frecuencia de los ciclones tropicales. Los arrecifes brindan protección contra las inundaciones costeras, las mareas de tormenta y el oleaje así como zonas de cría y hábitat para muchas especies de peces. El crecimiento de los arrecifes de coral puede detenerse a medida que la concentración de CO₂ se aproxime a 450 ppm durante las próximas décadas (equivalentes a un calentamiento de alrededor de 1,4°C en el decenio de 2030). Cuando la concentración llegue a unas 550 ppm (equivalentes a un calentamiento de alrededor de 2,4°C en el decenio de 2060), es probable que los arrecifes de coral comiencen a disolverse en muchas zonas. La combinación de casos de decoloración inducida térmicamente, la acidificación de los océanos y el aumento del nivel del mar constituye una amenaza para grandes fracciones de arrecifes de coral inclusive con un calentamiento global de

1,5°C. La extinción a nivel regional de ecosistemas completos de arrecifes de coral, que se produciría mucho antes de llegar a los 4°C, tendría profundas consecuencias para las especies que dependen de ellos y para las personas que dependen de ellos como fuente de alimentos, ingresos, turismo y protección de las costas.

Aumento del nivel del mar, inundación y pérdida de zonas costeras

Un calentamiento de 4°C probablemente hará que el nivel del mar aumente entre 0,5 y 1 metro, y posiblemente más, para 2100, y varios metros más durante los siglos siguientes. Es probable que limitar el calentamiento a 2°C disminuya en unos 20 cm el aumento del nivel del mar para 2100 en comparación con un planeta 4°C. Sin embargo, inclusive si el calentamiento global se limitara a 2°C, el nivel medio del mar podría seguir aumentando, y algunas estimaciones lo sitúan entre 1,5 y 4 metros por encima de los niveles actuales para el año 2300. El aumento del nivel del mar probablemente sería inferior a 2 metros únicamente si el calentamiento se mantiene muy por debajo de 1,5°C.

El aumento del nivel del mar variará de una región a otra: por varias razones determinadas por factores geofísicos, se prevé que será hasta un 20% mayor en los trópicos e inferior al promedio en las latitudes más altas. Especialmente, el derretimiento de las capas de hielo reducirá la fuerza gravitacional que atrae a los océanos hacia los casquetes polares y, en consecuencia, las

aguas de los océanos tenderán a gravitar hacia el Ecuador. Las variaciones en los vientos y las corrientes oceánicas ocasionadas por el calentamiento global y otros factores también incidirán en el aumento del nivel del mar en cada región, del mismo modo que los patrones de absorción de calor y calentamiento de los océanos.

Según las proyecciones, los impactos del aumento del nivel del mar serán asimétricos inclusive dentro de cada región y país. En las proyecciones de los impactos realizadas para 31 países en desarrollo, tan solo 10 ciudades representan las dos terceras partes de la exposición total a inundaciones extremas. Las ciudades muy vulnerables están situadas en Mozambique, Madagascar, México, Venezuela, India, Bangladesh, Indonesia, Filipinas y Viet Nam.

En los pequeños Estados insulares y las regiones de deltas de ríos, es probable que el aumento del nivel del mar tenga amplias consecuencias negativas, especialmente cuando se combina con el aumento previsto de la intensidad de los ciclones tropicales en muchas regiones tropicales, otros fenómenos climáticos extremos y los efectos inducidos por el cambio climático en los ecosistemas oceánicos (por ejemplo, la pérdida de arrecifes protectores ocasionada por el aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos).

Riesgos relativos a los sistemas de apoyo a la vida humana: Alimentos, agua, ecosistemas y salud humana

Aunque las proyecciones del impacto para un planeta 4°C todavía son preliminares y es difícil realizar comparaciones entre diversas evaluaciones, en el presente informe se señalan varios riesgos extremadamente graves para los sistemas de apoyo vitales para el ser humano. En un marco de temperaturas extremas, se prevé que el calentamiento intensificará las olas de calor, las precipitaciones y la sequía; los riesgos en un planeta 4°C serán mucho más elevados que en un planeta 2°C.

En un mundo donde el calentamiento avanza rápidamente hacia los 4°C, es probable que los impactos más negativos en la disponibilidad de agua se produzcan en forma conjunta con el aumento de la demanda de agua a medida que crece la población mundial. Algunas estimaciones indican que un calentamiento de 4°C exacerbaría marcadamente la actual escasez de agua en muchas regiones, especialmente en África septentrional y oriental, Oriente Medio y Asia meridional, mientras que otros países de África deberían afrontar por primera vez la falta de agua a escala nacional debido al crecimiento de la población.

- Se prevén condiciones de menor humedad para Europa meridional, África (excepto algunas zonas en la región nororiental), grandes partes de América del Norte y América del Sur, Australia meridional y otras regiones.

- Se prevén condiciones de mayor humedad especialmente para las latitudes septentrionales altas —el norte de América del Norte, el norte de Europa y Siberia— y en algunas regiones monzónicas. En algunas regiones, el estrés hídrico podría ser menor en comparación con una hipótesis que excluye el cambio climático.

- Las variaciones subestacionales y subregionales en el ciclo hidrológico conllevan graves riesgos, como inundaciones y sequías, que se podrían intensificar marcadamente inclusive si se registran cambios pequeños en los promedios anuales.

Dado que se prevé que el calentamiento generará un aumento de las precipitaciones y las sequías extremas, también se prevé que en un planeta 4°C estos riesgos serán mucho más elevados que en el planeta 2°C. En un planeta 2°C:

- Las cuencas hidrográficas dominadas por un régimen monzónico, como las del Ganges y el Nilo, son especialmente vulnerables a las variaciones en la estacionalidad de la escorrentía, que pueden tener efectos grandes y negativos en la disponibilidad de agua.
- Se prevé que la escorrentía media anual disminuirá entre un 20 % y un 40 % en las cuencas de los ríos Danubio, Mississippi, Amazonas y Murray Darling, pero aumentará aproximadamente el 20 % en las cuencas del Nilo y del Ganges.

La magnitud de estos cambios se duplica, aproximadamente, en un planeta 4°C.

El riesgo de que los ecosistemas sufran alteraciones a raíz de cambios en sus condiciones, incendios forestales, transformación de los ecosistemas y acronecrosis de los bosques sería significativamente mayor en el caso de un calentamiento de 4°C en comparación con temperaturas menores. El aumento de la vulnerabilidad al estrés térmico y por sequía probablemente tendrá el efecto de incrementar la mortalidad y la extinción de las especies.

Los ecosistemas se verán afectados por fenómenos climáticos extremos más frecuentes, como pérdida de bosques ocasionada por sequías e incendios forestales exacerbados por el uso de la tierra y la expansión de la agricultura. En la Amazonia, los incendios forestales podrían llegar a duplicarse para 2050 con un calentamiento de aproximadamente 1,5°C a 2°C por encima de los niveles de la era preindustrial, y los cambios podrían ser aún más graves en un planeta 4°C.

De hecho, parece probable que en un planeta 4°C el cambio climático sea la causa predominante de las alteraciones en las condiciones de los ecosistemas y se convierta en la principal amenaza para la biodiversidad, más aún que la destrucción del hábitat. Según investigaciones recientes, es probable que en un planeta 4°C se produzca una pérdida de biodiversidad en gran escala, dado que el cambio climático y la elevada concentración de CO₂ provocarían la transición de los ecosistemas de la Tierra

a un estado que la raza humana no ha conocido jamás. El daño ocasionado a los ecosistemas podría reducir marcadamente el suministro de los servicios que proporcionan a la sociedad y que son indispensables para su subsistencia (por ejemplo, la pesca y la protección de la costa, que son servicios proporcionados por los arrecifes de coral y los manglares).

Mantener una adecuada producción de alimentos y productos agrícolas frente al crecimiento de la población y el aumento de los niveles de ingresos planteará un desafío, independientemente del cambio climático inducido por el hombre. Según las proyecciones incluidas en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, la producción mundial de alimentos aumentaría en el marco de una suba de la temperatura media local del orden de 1°C a 3°C, pero podría disminuir si la temperatura es más elevada.

Nuevos resultados publicados desde 2007, empero, son mucho menos optimistas. Estos resultados parecen indicar, en cambio, que el riesgo de que disminuya el rendimiento de los cultivos aumenta rápidamente a medida que el planeta se calienta. Se han observado grandes efectos negativos a temperaturas altas y extremas en varias regiones, entre ellas India, África, Estados Unidos y Australia. Por ejemplo, se han observado importantes efectos no lineales en Estados Unidos cuando las temperaturas diarias locales aumentan a 29°C, en el caso del maíz, y a 30°C, en el caso de la soja. Estos nuevos resultados y observaciones indican que se corre el gran riesgo de cruzar umbrales de temperatura alta que podrían socavar considerablemente la seguridad alimentaria mundial en un planeta 4°C.

Estos riesgos se agravan debido a que el aumento previsto del nivel del mar tendría un efecto negativo en la agricultura en importantes zonas bajas de deltas, como las que existen en Bangladesh, Egipto, Viet Nam y algunas partes de la costa de África. La elevación del nivel del mar probablemente incidiría en muchas zonas costeras de latitud media y aumentaría la penetración del agua de mar en los acuíferos costeros utilizados para el riego de las planicies costeras. La probabilidad de que aumenten las sequías en las regiones de latitud media y las inundaciones en las latitudes altas plantea riesgos adicionales.

El aumento previsto de la intensidad de los episodios extremos probablemente repercutirá negativamente en los esfuerzos por reducir la pobreza, especialmente en los países en desarrollo. Las proyecciones recientes parecen indicar que los pobres son muy sensibles a los aumentos de la intensidad de las sequías en un planeta 4°C, en particular en África, Asia meridional y otras regiones.

Los episodios extremos en gran escala, como las grandes inundaciones que interfieren con la producción de alimentos, también podrían ocasionar déficits nutricionales y un aumento de la incidencia de enfermedades epidémicas. Las inundaciones pueden incorporar contaminantes y enfermedades en las fuentes de agua potable y aumentar la incidencia de enfermedades diarreicas y respiratorias. En muchas regiones, los efectos del

cambio climático en la producción agrícola podrían agravar la subnutrición y la malnutrición, que ya contribuyen en gran medida a la mortalidad infantil en los países en desarrollo. Aunque se prevé que el crecimiento económico reducirá marcadamente el retraso del crecimiento en la niñez, las proyecciones indican que el cambio climático revertirá estos avances en varias regiones: se prevé que los retrasos del crecimiento ocasionados por malnutrición aumentarán marcadamente con un calentamiento de 2°C a 2,5°C, especialmente en África al sur del Sahara y Asia meridional, y es probable que la situación se agrave si este llega a 4°C. A pesar de los grandes esfuerzos por mejorar los servicios de salud (por ejemplo, mejor atención médica, desarrollo de vacunas, programas de vigilancia), se prevén grandes impactos adicionales en los niveles de pobreza y la salud humana. Las variaciones en la temperatura, las tasas de precipitación y la humedad inciden en las enfermedades transmitidas por vectores (por ejemplo, el paludismo y el dengue) así como en otras enfermedades, entre ellas hantavirus, leishmaniasis, enfermedad de Lyme y esquistosomiasis.

El cambio climático podría tener otros impactos en la salud, como por ejemplo lesiones y muertes ocasionadas por fenómenos climáticos extremos. Los niveles de contaminación amplificados por el calor podrían exacerbar los trastornos respiratorios y las enfermedades cardiovasculares, mientras que en algunas regiones los aumentos de las concentraciones de aeroalergenos (polen, esporas) inducidos por el cambio climático podrían incrementar las tasas de trastornos respiratorios alérgicos.

Riesgos de perturbaciones y desplazamientos en un planeta 4°C

El cambio climático no se producirá en el vacío. El crecimiento económico y el aumento de la población durante el siglo XXI probablemente contribuirán al bienestar humano y acrecentarán la capacidad de adaptación en muchas regiones o en la mayoría de ellas. Al mismo tiempo, empero, también aumentará el estrés y las demandas a las que se ve sometido un ecosistema planetario que ya se está aproximando a fronteras y límites críticos. Estas presiones y las consecuencias previstas del cambio climático probablemente socavarán la capacidad de adaptación de muchos ecosistemas naturales y sujetos a gestión.

Los impactos previstos en la disponibilidad de agua, los ecosistemas, la agricultura y la salud humana podrían dar lugar al desplazamiento en gran escala de las poblaciones y repercutirían negativamente en la seguridad humana y en los sistemas económicos y comerciales. Hasta la fecha no se ha evaluado la total magnitud de los daños que se producirían en un planeta 4°C.

Al elaborar los modelos, generalmente no se incluyen cambios perturbadores y en gran escala en el sistema terrestre, y esos cambios rara vez se incluyen en las evaluaciones del impacto. A medida que el calentamiento global se aproxima a los 2°C y los

supera, aumenta el riesgo de cruzar los umbrales de los factores críticos no lineales en el sistema terrestre, con impactos abruptos del cambio climático y regímenes climáticos de temperatura elevada sin precedentes. Como ejemplo cabe citar la desintegración de la capa de hielo de la Antártida occidental que ocasionaría que el nivel del mar suba a un ritmo mayor que el previsto en este análisis o un proceso de acronecrosis en gran escala en la Amazonia que afectaría drásticamente a los ecosistemas, los ríos, la agricultura, la producción de energía y los medios de subsistencia en una región a escala casi continental y podría contribuir considerablemente al calentamiento global en el siglo XXI.

Dentro de sectores económicos concretos, también podría haber respuestas no lineales a los altos niveles de calentamiento global. Por ejemplo, es probable que los efectos de la temperatura no lineal en los cultivos sean extremadamente serios a medida que el calentamiento alcanza los 2°C y supera esa marca. Sin embargo, la mayoría de nuestros actuales modelos de cultivos todavía no tienen totalmente en cuenta este efecto, ni el posible aumento de los márgenes de variabilidad (por ejemplo, temperaturas extremas, nuevas plagas invasoras y enfermedades, cambios abruptos en factores climáticos cruciales que tienen grandes impactos en los rendimientos y la calidad de los cereales).

En las proyecciones del costo de los daños ocasionados por los impactos del cambio climático, generalmente se evalúa el costo de los daños locales, incluida la infraestructura, y no se tiene en cuenta adecuadamente el efecto cascada (por ejemplo, las cadenas de valor agregado y las redes de suministro) a escala nacional y regional. Sin embargo, en un mundo cada vez más globalizado donde la especialización de los sistemas se está profundizando, y consiguientemente se depende más de la infraestructura para distribuir los bienes producidos, los daños a los sistemas de infraestructura pueden ocasionar impactos indirectos de gran magnitud. Los puertos marítimos sirven como ejemplo de un punto de ingreso donde una ruptura o una perturbación importante en la infraestructura podría generar impactos que llegan a gran distancia del lugar concreto de la pérdida.

Los efectos acumulativos e interrelacionados de esos impactos de gran alcance, que en su mayoría probablemente ocurrirán mucho antes de llegar al calentamiento de 4°C, no se conocen cabalmente. Por ejemplo, en la literatura científica no se han publicado estudios sobre todas las consecuencias ecológicas, humanas y económicas de un colapso de los ecosistemas de arrecifes de coral, y menos aún cuando estas se combinan con la probable pérdida concomitante de producción marina ocasionada por el aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos,

ni tampoco sobre los impactos a gran escala que se producirían en los asentamientos humanos y la infraestructura en las zonas bajas de la franja costera si el nivel del mar aumentara un metro o más durante este y los próximos siglos.

A medida que la escala y el número de impactos aumenten en consonancia con la suba de la temperatura media de la Tierra, también se intensificarían las interrelaciones entre ellos, agravando así el impacto general. Por ejemplo, una gran perturbación de la producción agrícola ocasionada por temperaturas extrema en muchas regiones, junto con una considerable presión en los recursos hídricos y variaciones en el ciclo hidrológico, probablemente incidiría en la salud humana y los medios de subsistencia. Esto, a su vez, tendría un efecto cascada en el desarrollo económico pues reduciría la capacidad de trabajo de la población y consiguientemente impediría el crecimiento del producto interno bruto.

Dado que las presiones aumentarían a medida que el calentamiento avanza hacia los 4°C y se combinarán con tensiones sociales, económicas y demográficas no relacionadas con el clima, se acrecentará el riesgo de cruzar los umbrales críticos del sistema social. Al llegar a esos umbrales, las instituciones existentes, que en otro momento hubiesen respaldado medidas de adaptación, probablemente serán mucho menos eficaces o inclusive podrían colapsar. Por ejemplo, se corre el riesgo de que el aumento del nivel del mar en países situados en atolones supere las posibilidades de migración adaptativa controlada, y genere la necesidad de abandonar completamente una isla o región. Análogamente, las presiones en la salud humana, como las olas de calor, la malnutrición y la disminución de la calidad del agua potable a raíz de la intrusión de agua marina, podrían sobrecargar los sistemas de atención de la salud al punto en que la adaptación ya no sería posible y sería preciso desplazar a los habitantes.

Así pues, dado que aún existe incertidumbre acerca de la naturaleza y la magnitud de los impactos, tampoco se tiene la certeza de que la adaptación a un planeta 4°C sea posible. En ese planeta, es probable que las comunidades, las ciudades y los países sufran perturbaciones, daños y trastornos graves, y que muchos de estos riesgos estén distribuidos en forma despareja. Los pobres probablemente soportarán la peor parte, mientras que la fragmentación y la desigualdad que hoy existen en la comunidad mundial se podrían intensificar. Sencillamente, no podemos permitir que el calentamiento de 4°C previsto se concrete: debemos bajar la temperatura. Y la única manera de lograrlo es a través de acciones prontas, cooperativas y a nivel internacional.

Lista de abreviaturas

°C	Grado centígrado
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
PIB	Producto interno bruto
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
PMA	País menos adelantado
ppm	Partes por millón
IE-EE	Informe especial sobre escenarios de emisiones del IPCC
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

