Resúmenes Regionales

4° Bajemos la temperatura

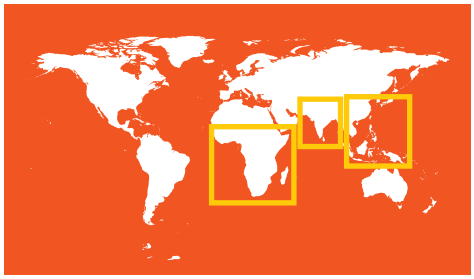
Fenómenos climáticos extremos, impactos regionales y posibilidades de adaptación

BANCO MUNDIAL

Resúmenes Regionales

4° Bajemos la temperatura

Fenómenos climáticos extremos, impactos regionales y posibilidades de adaptación



Junio de 2013

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

BANCO MUNDIAL

© 2013 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank
1818 H Street NW
Washington DC 20433
Telephone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org

This report was prepared for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics.
The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent.

The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this commissioned work.
The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

Rights and Permissions
The material in this work is subject to copyright. Because the World Bank encourages dissemination of its knowledge, this work may be reproduced, in whole or in part, for noncommercial purposes as long as full attribution to this work is given.

Any queries on rights and licenses, including subsidiary rights, should be addressed to the Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2422; e-mail: pubrights@worldbank.org.

África al sur del Sahara: Producción de alimentos en riesgo

RESUMEN REGIONAL

África al sur del Sahara es una región de veloz desarrollo, habitada por más de 800 millones de personas, integrada por 49 países y caracterizada por una gran diversidad ecológica, climática y cultural. Se estima que para 2050 su población rondará los 1.500 a 1.900 millones de personas. Se proyecta que con un calentamiento mundial de 4 °C hacia fines de este siglo, el nivel del mar crecerá 100 cm, aumentará la probabilidad de sequías en África central y meridional, y tendrán lugar calores extremos sin precedentes que afectarán proporciones crecientes de la región. Las proyecciones también indican que crecerá la probabilidad del aumento de la precipitación anual en el Cuerno de África y en partes de África oriental que posiblemente se concentren en aguaceros, incrementándose así el riesgo de inundación. Es probable que las concentraciones crecientes de CO_2 faciliten la transformación de sabanas herbáceas en arbóreas que tendrían un impacto negativo en los medios de vida pastorales si se reduce el forraje herbáceo. Se prevé que el cambio climático impactará en forma adversa y planteará graves riesgos, especialmente a la producción de cultivos agrícolas, los sistemas pastorales y ganaderos, y la pesca de captura. También podría aumentar en forma significativa los desafíos de garantizar la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza.

África al sur del Sahara es especialmente vulnerable a los impactos sobre la agricultura. La mayor parte de la producción de cultivos agrícolas de la región es de secano y por lo tanto muy susceptible a los cambios de las precipitaciones y de la temperatura. Se prevé una expansión neta del área total clasificada como árida o hiperárida en el conjunto de la región, con probables consecuencias adversas para la producción agropecuaria. Desde la década de 1950, buena parte de la región ha experimentado

sequías crecientes y la vulnerabilidad de la población es alta: la sequía de 2011 en el Cuerno de África, por ejemplo, afectó a 13 millones de personas y dio lugar a tasas de desnutrición extremadamente altas, especialmente a nivel infantil. En el contexto del futuro cambio climático, se proyecta que aumente la probabilidad de sequías en África central y meridional, con una disminución de 40% en las precipitaciones en África meridional si en la década de 2080 las temperaturas mundiales suben a 4 °C por sobre los niveles preindustriales (2071–2099 relativo a 1951–1980).

Los sistemas pastorales también están sometidos al riesgo de los impactos climáticos, ya que el calor extremo, el estrés hídrico, el aumento de la prevalencia de enfermedades y la disminución de la disponibilidad de forraje afectan al ganado. A medida que sube la temperatura de las aguas, las poblaciones de peces marinos migran hacia latitudes más altas y las posibles capturas podrían reducirse a nivel local, agravando aún más la gran presión que ejerce la sobrepesca en los ecosistemas.

Se prevé que los calores extremos afectarán proporciones crecientes de la región, con consecuencias adversas para los sistemas de producción de alimentos, los ecosistemas y la salud humana. También se prevén impactos directos e indirectos sobre la salud humana, y probablemente se agrave la vulnerabilidad debido a la aceleración de la tendencia a la urbanización a raíz de las presiones crecientes causadas por el cambio climático.

Tendencias actuales del clima y cambio climático proyectado hasta 2100

El cambio climático ejerce presión sobre los ecosistemas y sectores clave de África al sur del Sahara, con repercusiones para las poblaciones humanas dependientes de los mismos.

Precipitaciones

En materia de precipitaciones, la región se caracteriza por una significativa variabilidad interanual e interdecadal, y las tendencias a largo plazo son inciertas e incongruentes a escala subregional. Por ejemplo, si bien en África occidental han disminuido las precipitaciones medias anuales a lo largo del siglo pasado, en Sahel han aumentado durante la década pasada. En África meridional y en la zona de bosque tropical lluvioso no se ha observado ninguna tendencia a largo plazo. Sin embargo, la variabilidad interanual ha aumentado, con una mayor cantidad de sequías intensas y episodios de precipitaciones en partes de África meridional. En estas últimas décadas han aumentado las precipitaciones en algunas partes de África oriental, a la inversa de la tendencia al secamiento en la mayoría de los lugares de la región durante el siglo pasado.

Con un calentamiento de 2 °C, es probable que se agudicen las diferencias existentes en la disponibilidad de agua. Por ejemplo, se prevé que aumenten las precipitaciones medias anuales principalmente en el Cuerno de África (con impactos tanto positivos como negativos), en tanto que en partes de África meridional y occidental podría ocurrir una disminución del 50%–70% en las precipitaciones y en las tasas de recarga de aguas subterráneas. Con un calentamiento de 4 °C, las precipitaciones anuales de África meridional podrían reducirse en hasta un 30%, mientras que muchos modelos proyectan que África oriental será más húmeda que en la actualidad, dando lugar a una disminución global del riesgo de sequía. Sin embargo, cabe efectuar algunas advertencias respecto a las proyecciones de las precipitaciones. Primero, existe un significativo grado de incertidumbre, especialmente en el caso de África oriental y occidental. Segundo, aun si la precipitación media anual, de hecho, aumentara, es más probable que se concentre en aguaceros en lugar de distribuirse uniformemente a lo largo del año[1]. Además, se proyecta un aumento de la probabilidad de sequías en África meridional y central. Un episodio se define como "probable" cuando su probabilidad de ocurrir supera el 66%, utilizando los métodos de modelización adoptados en este informe.

Temperatura

A partir de la década de 1960, las mediciones indican una tendencia al calentamiento que ha continuado hasta el presente, con un aumento del número de olas de calor en África meridional y occidental. En un estudio reciente se observó un detectable calentamiento inducido por el hombre en la totalidad de África, con calores extremos en Sudáfrica a partir de 1961. Se prevé una tendencia al calentamiento de los veranos con una distribución bastante uniforme en toda la región. En un escenario con un aumento de 4 °C y relativo a un período de referencia de 30 años (1951–80), se proyecta que hacia 2100 los aumentos mensuales de temperatura durante el verano en África al sur del Sahara alcancen los 5 °C por sobre la temperatura de referencia. En el caso de un aumento de 2 °C, se estima que hacia 2050 los aumentos de temperatura de los veranos africanos llegarían a un máximo aproximado de 1,5 °C por sobre la temperatura de referencia.

A medida que suban las temperaturas medias mundiales, se proyecta que durante los meses de verano aumentará la frecuencia de calores extremos inusuales y sin precedentes[2]. Se proyecta que,

[1] En el caso de África oriental la incertidumbre es especialmente importante porque se duda si los modelos MCG captan la dinámica de las estaciones lluviosas de esa región y porque los modelos climáticos regionales de resolución más alta aparentemente no reproducen, sino más bien contradicen, el aumento de precipitación que arrojan las proyecciones de la mayoría de los modelos mundiales. El riesgo de sequía se deriva de una disminución anómala de las precipitaciones, de temperaturas altas, o de ambas cosas a la vez, pero sobre este riesgo también influyen otras variables climáticas como la velocidad del viento y la radiación incidente. Las proyecciones de los modelos climáticos sobre calentamiento generalmente entrañan una menor incertidumbre, mientras que las incertidumbres de las proyecciones de precipitaciones difieren según las regiones. Las incertidumbres de las proyecciones de sequía son menores en el caso de África meridional (originadas principalmente por el calentamiento); algo mayores en el caso de África central (debido a que las señales de cambio son más pequeñas), y mayores en el caso de África occidental (debido a las grandes discrepancias entre los modelos sobre la variación de las precipitaciones, tanto en signo como en amplitud).

[2] En este informe, los calores extremos inusuales y sin precedentes se definen utilizando umbrales basados en la variabilidad histórica del clima local actual. Por lo tanto, el nivel absoluto del umbral depende de la variabilidad natural interanual del período base (1951–1980), que queda representada por la desviación estándar (sigma). Los calores extremos inusuales se definen como eventos 3 sigma (eventos que están más de 3 desviaciones estándar por encima de la media). Para una distribución normal, los eventos 3 sigma tienen un período de retorno de 740 años. Las olas de calor de 2012 en Estados Unidos y de 2010 en Rusia se clasifican como eventos de esa clase. Los calores extremos sin precedentes se definen como eventos 5 sigma. Estos eventos tienen un período de retorno de varios millones de años. Los datos

cuando el calentamiento mundial llegue a 1,5 °C en la década de 2030, los calores extremos que en la actualidad son inusuales o virtualmente inexistentes, durante los meses de verano abarcarán más de un quinto de las áreas terrestres del hemisferio sur. En dicho período, los calores mensuales extremos sin precedentes podrían cubrir hasta un 5% de las áreas terrestres. En el contexto de un calentamiento de 2 °C, se proyecta que los calores mensuales extremos que son inusuales o virtualmente inexistentes en el clima regional actual cubrirían casi el 45% de las áreas terrestres durante el verano. Si a fines de este siglo el calentamiento global alcanza a alrededor de 4 °C, se proyecta que durante el verano los calores extremos inusuales cubrirán la mayor parte de las áreas terrestres (85%) y los calores extremos sin precedentes cubrirían más del 50% de las mismas.

Posibles impactos físicos y biofísicos del cambio climático previsto

Los cambios previstos en materia de precipitaciones, temperatura y frecuencia y/o intensidad de eventos extremos tendrán impactos directos e indirectos sobre la elevación del nivel del mar, la aridez, el rendimiento de los cultivos y los sistemas agropastorales que afectarían a las poblaciones.

Proyección de las tendencias de la aridez

Se proyecta que las tendencias de la aridez[3] cambien y se amplíen dentro del área total clasificada como tal en virtud de los cambios de temperatura y precipitación. Se proyecta una expansión de las regiones áridas, muy especialmente en África meridional pero también en partes de África occidental. Se estima que el total de las áreas hiperáridas y áridas se ampliarán en un 10% en comparación con el período 1986–2005. Con los aumentos de aridez, es probable que disminuya el rendimiento de los cultivos a medida que se acorten las temporadas de cultivo. En África oriental se proyecta una disminución de la aridez; no obstante, la variación del área no compensará los aumentos en otros lugares.

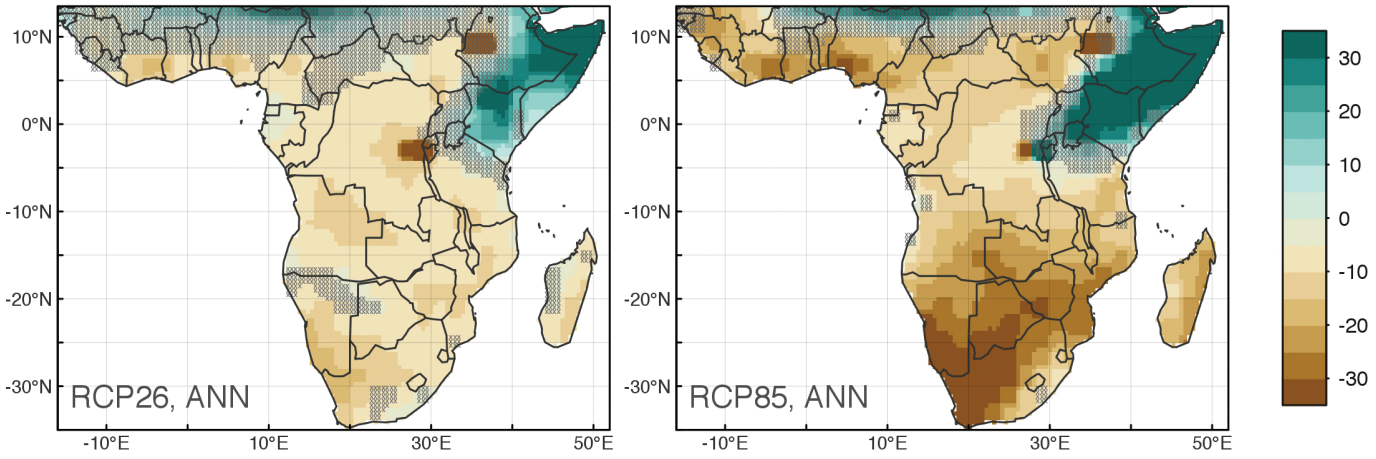
Elevación del nivel del mar

Se proyecta que en los trópicos y subtrópicos el nivel del mar se eleve más que la media mundial. Con un calentamiento de 1,5 °C, se proyecta que hacia 2060 el nivel del mar se eleve 50 cm en las costas tropicales de África al sur del Sahara, y posiblemente más

sobre temperaturas mensuales no necesariamente presentan una distribución normal (por ejemplo, la distribución puede tener colas "largas", por lo cual los episodios de calor serían más probables) y los períodos de retorno pueden ser distintos de los esperados en una distribución normal. No obstante, los eventos 3 sigma son extremadamente improbables y es casi seguro que los eventos 5 sigma nunca ocurrieron.

[3] La aridez se caracteriza por un déficit estructural de precipitación, o sea la falta de los volúmenes necesarios de precipitaciones para el crecimiento de la vegetación y/o los cultivos, que posiblemente obedece a un mecanismo de retroacción positivo. En las regiones en las que el suelo se seca por la falta de precipitaciones, el calor ya no puede convertirse en calor latente y todo el calor da origen al aumento de la temperatura de la superficie. Este calentamiento adicional de la tierra aumenta el índice de evaporación de los cultivos y amplifica el déficit de precipitaciones.

Gráfico 3.1: África al sur del Sahara – Valor medio multimodelo de la variación porcentual del índice de aridez de África al sur del Sahara en un escenario de calentamiento de 2 °C (izquierda) y 4 °C (derecha) para el período 2071–2099 relativo a 1951–1980



En las áreas no sombreadas, como mínimo concuerdan 4/5 (80%) de los modelos. En las áreas sombreadas, discrepan 2/5 de los modelos. Nótese que una variación negativa corresponde a un cambio a condiciones más áridas. En el caso de África oriental existe una especial incertidumbre, ya que las proyecciones del modelo climático regional tienden a mostrar un aumento de precipitaciones, que estarían asociadas a una disminución del índice de aridez (véase también la nota al pie 2). Una disminución de la aridez no necesariamente implica condiciones más favorables para la agricultura o la ganadería, ya que podría implicar un aumento de los riesgos de inundación.

Cuadro 3.1: Resumen de los impactos y riesgos climáticos de África al sur del Sahara[a]

Riesgo/impacto		Vulnerabilidad o cambio observado	Alrededor de 1,5 °C[b,c] (≈años 2030[d])	Alrededor de 2°C (≈años 2040)	Alrededor de 3°C (≈años 2060)	Alrededor de 4°C (≈años 2080)
Calor extremo[e] (en verano del hemisferio sur)	Calores extremos inusuales	Virtualmente ausente	20%–25% de la tierra	45% de la tierra	70% de la tierra	>85% de la tierra
	Calores extremos sin precedentes	Ausente	<5% de la tierra	15% de la tierra	35% de la tierra	>55% de la tierra
Sequía		Tendencias crecientes de sequía observadas a partir de 1950	Riesgo creciente de sequía en África meridional, central y occidental; disminuye en África oriental pero las proyecciones para África occidental y oriental son inciertas.	Probable riesgo de sequía grave en África meridional y central, aumento del riesgo en África occidental, disminuye en África oriental pero las proyecciones para África occidental y oriental son inciertas.	Probable riesgo de sequía extrema en África meridional y sequía grave en África central, mayor riesgo en África oriental, menor en África oriental, pero las proyecciones para África occidental y oriental son inciertas.	Probable riesgo de sequía extrema en África meridional y sequía grave en África central, aumento de riesgo en África occidental, disminuye en África oriental, pero las proyecciones para África occidental y oriental son inciertas.
Aridez		Aumento de la desecación	Se espera poco cambio	El área de las regiones hiperáridas y áridas crece un 3%.		El área de las regiones hiperáridas y áridas crece un 10%. El área total árida y semiárida aumenta un 5%.
Elevación del nivel del mar por encima del nivel actual (1985–2005)		Alrededor de 21 cm hasta 20095	30 cm6- años 2040 50 cm–2070 70 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm–2070 70 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm–2060 90 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm–2060 105 cm hacia 2080–2100

[a] Al final del capítulo 3 se incluye un cuadro más completo de los impactos y riesgos de África al sur del Sahara.
[b] 5 Se refiere al aumento medio mundial por sobre las temperaturas preindustriales.
[c] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento en un escenario sin intervención (business as usual) con un aumento superior a 4 °C hacia la década de 2080.
[d] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento con una probabilidad mayor o igual a 50% (generalmente al comienzo de la década) en un escenario sin intervención (escenario RCP8.5). La probabilidad de superar los niveles de calentamiento generalmente aumenta a un 66% en la segunda mitad de la década.
[e] Se indica el valor medio de los calores extremos de las distintas proyecciones de modelos climáticos. El rango del intervalo de confianza en los modelos de un calentamiento de 4 °C (mínimo a máximo) es de 70% a 100% para los extremos inusuales, y de 30% a 100% para los extremos sin precedentes. La frecuencia máxima de calores extremos, en ambos casos, está cerca del 100%, ya que los valores de los indicadores saturan a ese nivel.
[f] Por encima del promedio mundial del nivel del mar en 1880.
[g] Para estimar el incremento aproximado del nivel del mar con respecto a la era preindustrial, deben agregarse 20cm.

si se cumplen las proyecciones del extremo superior del rango. En un escenario de calentamiento de 2 °C, se proyecta que la elevación del nivel del mar llegue a 70 cm en la década de 2080, con niveles más altos hacia el sur. En un escenario de calentamiento de 4 °C, se proyecta una elevación de 100 cm hacia la década de 2090. Hacia 2100 la diferencia de velocidad y magnitud de la elevación del nivel del mar entre el escenario de calentamiento de 4 °C y el de 2 °C se vuelve pronunciada debido al ritmo continuo de elevación del nivel del mar en el escenario de mayor calentamiento con respecto al nivel estabilizado del escenario de 2 °C. El nivel del mar proyectado con un calentamiento de 4 °C haría que, en Guinea-Bissau y Mozambique, la proporción de población en riesgo de inundación aumentara a alrededor de un 15% hacia 2100, en comparación con alrededor de un 10% según las proyecciones sin una elevación del nivel del mar; en Gambia, la proporción de población en riesgo de inundación aumentaría varias veces, llegando al 10% de la población hacia la década de 2070.

Impactos sectoriales y temáticos

Ecosistemas

El área de las sabanas de pastizales podría reducirse, con posibles impactos sobre los medios de subsistencia y los sistemas pastorales. Al alcanzarse los 3 °C de calentamiento de la Tierra, se proyecta que las sabanas se reducirían de alrededor de un cuarto del total del área terrestre actual a aproximadamente un séptimo, lo que reduciría la disponibilidad de alimento para los animales de pastoreo. Se proyecta que tanto los cambios de las condiciones

climáticas como la creciente concentración del CO_2 atmosférico incidirán en los cambios de régimen de los ecosistemas africanos, alterando así la composición de las especies. Debido a la fertilización de CO_2, los árboles podrían desplazar a los pastos de las sabanas intolerantes a la sombra, lo que ocasionaría una reducción de las áreas de praderas y disminuciones de la disponibilidad de alimento para el ganado y otros animales. Todavía no está claro si los efectos negativos del aumento de las sequías sobre los árboles de la región limitarían la expansión de dichos bosques. Ante los cambios de temperatura y la variabilidad de las precipitaciones, a partir de la década de 1950 en Sahel occidental se ha observado que la densidad de árboles se redujo en un 20%.

Producción agrícola

Con un calentamiento de 1,5 °C–2 °C, varias fuentes de evidencia indican que los rendimientos de los cultivos y la producción de alimentos probablemente corran riesgos sustanciales que afectarían adversamente a la seguridad alimentaria, y los riesgos aumentarían con niveles de calentamiento más altos.

- Se han observado umbrales de **sensibilidad a temperaturas altas** en algunos cultivos importantes, tales como el maíz, el trigo y el sorgo, cuyos rendimientos se reducen en gran medida al excederse dichos umbrales. Por ejemplo, la tasa de fotosíntesis (factor clave del crecimiento y rendimiento) de los cultivos como el trigo y el arroz llega al máximo con temperaturas a partir de alrededor de 20 °C–32 °C. En el informe AR4 del IPCC (IPCC, 2007) se señaló que incluso aumentos moderados (1 °C–2 °C) probablemente tengan un efecto negativo en los rendimientos de los principales cereales como el trigo, el maíz y el arroz; un calentamiento mayor tendría efectos cada vez más negativos, y en las regiones de latitud baja, el rendimiento del trigo disminuiría aproximadamente un 50% ante un aumento medio de la temperatura local de unos 5 °C. Al superarse más frecuentemente estos umbrales con calentamientos de 2 °C y 4 °C, la producción probablemente experimentaría shocks significativos.
- **Pérdida o cambio de áreas de cultivo adecuadas.** Un calentamiento de 1,5 °C–2 °C en las décadas 2030–2040 podría ocasionar una reducción de alrededor del 40%–80% de las áreas de cultivo de las variedades de maíz, mijo y sorgo que se cultivan actualmente. Con un calentamiento de 3 °C, esta reducción podría ampliarse a más del 90%.
- Con niveles de calentamiento relativamente modestos, a corto plazo se prevén **disminuciones de rendimiento significativas**. Con un calentamiento de 1,5 °C–2 °C, se proyecta una mediana de pérdidas de rendimiento en torno al 5%, que aumenta a medianas estimadas en torno a –15% (en un rango de –5% a –27% con un calentamiento de 2 °C–2,5 °C)[4]. Con un calentamiento de 3 °C–4 °C hay indicios de que los rendimientos de todos los cultivos de todas las regiones podrían disminuir en alrededor de un 15%–20%, aunque la disponibilidad de estudios que estiman los posibles impactos de los rendimientos es limitada.
- Se proyecta que con un calentamiento de alrededor de 1,8 °C (hacia la década de 2050), la **producción per cápita de los cultivos** se reducirá en un 10% con respecto a un caso sin cambio climático. Con el aumento de las pérdidas de rendimiento proyectado para niveles de calentamiento más altos, este riesgo podría incrementarse; sin embargo, esto todavía no ha sido cuantificado. También se prevé que la **producción de ganado** se perjudique con los impactos climáticos sobre la disponibilidad de forraje y el estrés térmico.
- **Las opciones de diversificación de los sistemas agropastorales** (por ejemplo, el pasaje a sistemas silvopastorales, la producción de forraje de regadío y los sistemas agropecuarios mixtos) probablemente se reduzcan a medida que el cambio climático disminuya la capacidad de carga ecológica de la tierra y la productividad del ganado. Anteriormente el sector ganadero ha sido vulnerable a la sequía. Por ejemplo, los pastores nómadas del sur de Etiopía perdieron casi el 50% de su ganado y alrededor del 40% de sus ovejas y cabras debido a las sequías ocurridas entre 1995 y 1997.
- El efecto de la **fertilización por CO_2** sigue siendo incierto. Una fuerte respuesta positiva de los cultivos a las concentraciones crecientes de CO_2 atmosférico ayudaría a mitigar los impactos relacionados con las variaciones de la temperatura y las precipitaciones. Sin embargo, algunos de los cultivos importantes que predominan en África, como el maíz, el sorgo y el mijo perla, no son muy sensibles a las concentraciones de CO_2. Además, la magnitud de estos efectos sigue siendo incierta al compararla con los resultados de los experimentos de enriquecimiento de CO_2 al aire libre (FACE[5], por sus siglas en inglés) porque, al parecer, se sobreestimaron los efectos de la fertilización utilizados en diversos modelos. Se ha observado que con una fertilización de CO_2 prolongada, disminuye el valor nutritivo por unidad de masa de los cereales.

Pesca

Se proyecta que en algunas regiones los medios de subsistencia dependientes de la pesca y otros servicios ecosistémicos corren peligro con la posible carencia futura de especies críticas en dichas regiones. El potencial de captura de peces frente a las costas de África occidental, donde la pesca aporta prácticamente el 50%

[4] Este rango corresponde a los siguientes cultivos: mijo, sorgo, trigo, mandioca y cacahuetes.

[5] Los experimentos FACE miden el efecto de altas concentraciones de CO_2 en el aire libre, para excluir así los factores del ambiente de un laboratorio tradicional que podrían influir en los resultados experimentales.

del consumo de proteína animal, en los años 2050 probablemente se reduzca en casi un 50% (en comparación con los niveles de 2000). En otras regiones, como las costas del este y sureste de África al sur del Sahara, se proyecta un aumento del rendimiento potencial.

Salud

La desnutrición puede tener importantes implicaciones secundarias para la salud, causando un retraso del crecimiento en la infancia o aumentando la susceptibilidad a otras enfermedades. Con un calentamiento de 1,2 °C–1,9 °C, se estima que los niveles de desnutrición se ubiquen en el rango del 15% al 65%, dependiendo de la subregión, a causa de la disminución del rendimiento y la calidad nutritiva de los cultivos. Se espera un retraso moderado del crecimiento de los niños de menos de cinco años con una tasa de 16%–22% y una tasa de retraso grave del crecimiento de 12%–20% Sin embargo, sin cambio climático, se proyecta que las tasas de retraso moderado del crecimiento se mantengan cercanas a los niveles actuales (21%–30% en toda la región), y se proyecta que el retraso grave del crecimiento disminuya en un 40%.

Síntesis integrada de los impactos del cambio climático en África al sur del Sahara

África al sur del Sahara afronta una gama de riesgos climáticos que podría tener repercusiones importantes sobre las sociedades y economías de la región. Aun en una situación en la que el calentamiento se limitara a menos de 2 °C, existen riesgos muy sustanciales que seguirían creciendo a medida que el calentamiento se aproximara a los 4 °C.

Se proyecta que el cambio climático aumente la pobreza y los riesgos de enfermedad

La pobreza podría aumentar aún más en la región debido a los impactos climáticos, ya que los hogares pobres con fuentes de ingreso sensibles al clima a menudo se ven afectados en forma desproporcionada por el cambio climático, y buena parte de la población todavía depende del sector agrícola como fuente principal de seguridad alimentaria e ingresos. Con un calentamiento inferior a 2 °C, surgen grandes riesgos para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria; estos riesgos se agravarían si las medidas de adaptación fueran inadecuadas y el efecto de la fertilización por CO_2 fuera débil. Se estima que la pobreza crecerá en hasta un 1% luego de los graves shocks de producción de alimentos en Malawi, Uganda, y Zambia. A medida que el calentamiento se aproxime a los 4 °C, aumentarán los impactos sobre los distintos sectores.

La desnutrición a consecuencia de los impactos sobre la producción de alimentos aumenta aún más la susceptibilidad a las enfermedades, agravando los riesgos sanitarios globales de la región. El retraso del crecimiento infantil resultante de la desnutrición está vinculado con las reducciones de la capacidad cognitiva y del desempeño escolar. Según las proyecciones, las pérdidas de rendimiento de los cultivos y los efectos adversos sobre la producción de alimentos que dan lugar a la reducción de los ingresos reales exacerbarían la deficiencia de las condiciones sanitarias y la desnutrición; es dable esperar que el aumento esperado de casos de malaria y otras enfermedades que acarrearía el cambio climático tenga efectos adversos sobre el rendimiento escolar infantil.

Las **enfermedades** que plantean amenazas en África al sur del Sahara a consecuencia del cambio climático son, entre otras, las enfermedades vectoriales y las trasmitidas por agua, como la malaria, la fiebre del valle del Rift y el cólera. Se prevé que el riesgo de estas enfermedades aumente a medida que las tendencias de los cambios de temperatura y precipitaciones incrementen la extensión de las áreas con condiciones propicias para los vectores y agentes patógenos. Se prevé que el cambio climático también irá acompañado de otros impactos tales como la mortalidad y morbilidad debido a eventos extremos como inundaciones y olas de calor más intensas y elevadas.

Se prevé que el cambio climático obstaculizará el desarrollo urbano, la infraestructura y la educación

La tendencia a la **urbanización** que actualmente existe en África al sur del Sahara podría acelerarse por las esperables presiones que ejercerá el cambio climático sobre las poblaciones rurales. Se estima que estas presiones provendrán en parte de los impactos sobre la producción agrícola, que actualmente constituye el medio de subsistencia del 60% de la fuerza laboral de la región. La migración a las áreas urbanas podría ofrecer nuevas oportunidades de subsistencia, pero también expondría a los migrantes a nuevos riesgos. Las condiciones que caracterizan a las áreas urbanas pobres, entre ellas, la aglomeración y el acceso inadecuado al agua, el alcantarillado y las instalaciones sanitarias, facilitan la trasmisión de las enfermedades vectoriales y trasmitidas por agua. Como muchas ciudades están ubicadas en áreas costeras, están expuestas a las inundaciones costeras resultantes de la elevación del nivel del mar. Los habitantes urbanos más pobres tienden a estar ubicados en áreas vulnerables, tales como terrenos inundables y pendientes empinadas, exponiéndolos más al riesgo de los fenómenos meteorológicos extremos. Aunque los impactos ocurran lejos de las áreas urbanas, dichas comunidades pueden sentirlos. Por ejemplo, los aumentos de precios de alimentos ocasionados por los shocks de la producción agrícola tienen las consecuencias más perjudiciales dentro de las ciudades.

Los **impactos en la infraestructura** causados por la elevación del nivel del mar pueden tener efectos en el desarrollo humano y económico, tales como impactos sobre la salud humana, la infraestructura portuaria y el turismo. Por ejemplo, las inundaciones

de 2009 en el delta del Tana en Kenya dejaron sin servicios médicos a alrededor de 100.000 residentes; una elevación del nivel del mar de 70 cm hacia 2070 podría dañar la infraestructura portuaria de Dar es Salaam, Tanzania —un centro de comercio internacional— lo que pondría en riesgo activos por un valor de US$10.000 millones, o más del 10% del PIB de la ciudad (Kebede y Nicholls, 2011). Dicho daño al puerto de Dar es Salaam podría tener consecuencias económicas mayores en virtud de que presta servicios de puerto marítimo a varios de sus vecinos sin acceso al mar.

Existen indicios de que el cambio climático podría tener un impacto en la capacidad para satisfacer las necesidades educativas de los niños de las regiones especialmente vulnerables. Según las proyecciones, las pérdidas de rendimiento de los cultivos y los efectos adversos sobre la producción de alimentos exacerbarían la deficiencia de las condiciones sanitarias y la desnutrición; es de esperar que el aumento proyectado de los casos de malaria y otras enfermedades que acarrearía el cambio climático tenga efectos adversos sobre el rendimiento escolar infantil. El retraso del crecimiento infantil resultante de la desnutrición está vinculado a la disminución de la capacidad cognitiva y del desempeño escolar. El aumento proyectado de las temperaturas mensuales extremas dentro de pocas décadas también puede tener efectos adversos en las condiciones de la enseñanza para los estudiantes y los docentes.

En general, se prevé que las poblaciones de África al sur del Sahara afrontarán presiones crecientes sobre los sistemas de producción de alimentos y riesgos vinculados al aumento de temperatura y calores extremos, la sequía, los cambios de tendencia de las precipitaciones, la elevación del nivel del mar y otros eventos extremos. Probablemente aumenten los impactos sobre la salud y se exacerben a causa de altas tasas de desnutrición, con posibles consecuencias importantes y a largo plazo para el desarrollo humano. Se estima que las significativas disminuciones de rendimiento de los cultivos con niveles de calentamiento de apenas 2 °C repercutirán mucho en la seguridad alimentaria de las poblaciones vulnerables, incluso en muchas áreas urbanas en crecimiento. Estos impactos sobre la infraestructura, en combinación con otros impactos, pueden incidir negativamente en el crecimiento económico y la reducción de la pobreza de la región. Se proyecta que un calentamiento de 4 °C provocará grandes reducciones en el rendimiento de los cultivos, con efectos muy adversos sobre la seguridad alimentaria, aumentos importantes de la severidad de las sequías y de los calores extremos, reducciones de la disponibilidad de agua y trastornos y transformaciones de ecosistemas importantes. Estos impactos pueden acarrear consecuencias muy adversas para las poblaciones humanas y los medios de subsistencia, y probablemente sean sumamente perjudiciales para el desarrollo de la región.

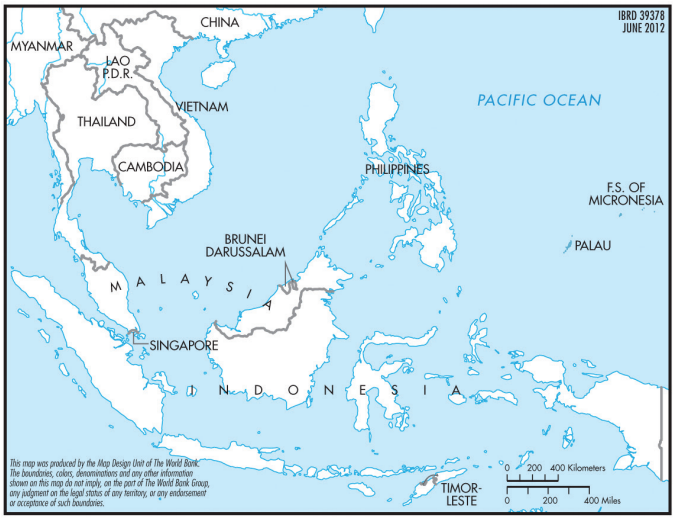
Asia sudoriental: Zonas costeras y productividad en riesgo

RESUMEN REGIONAL

En este informe, Asia sudoriental se refiere a una región que comprende 12 países[6] con una población de alrededor de 590 millones de habitantes en 2010. Se proyecta que en 2050 la población será de unos 760 millones, con un 65 % de la misma ubicada en zonas urbanas, y concentrada a lo largo de la costa.

Con niveles de calentamiento de 1,5 °C–2 °C, se proyectan impactos importantes sobre la región y sus recursos naturales, que entrañan amenazas para los arrecifes de coral con el consiguiente perjuicio para los medios de subsistencia dependientes del turismo y de la pesca, así como una disminución de la producción agrícola en las regiones de los deltas debido a la elevación del nivel del mar. Por ejemplo, hacia la década de 2040 se proyecta que una elevación de 30 cm en el nivel del mar reducirá la producción de arroz en la principal zona arrocera de la región —el delta del río Mekong— en unas 2,6 millones de toneladas anuales, que equivale a alrededor de un 11 % de la producción de 2011. También se proyecta que en la década de 2050, la captura de peces marinos disminuirá en alrededor de un 50 % en el sur de Filipinas a causa del aumento de las temperaturas del mar y la acidificación del océano.

Con un calentamiento mundial de 4 °C podría producirse una grave erosión costera debido a la muerte de los arrecifes coralinos. Se proyecta que el nivel del mar se elevará hasta 100 cm hacia la década de 2090; esto se agravaría con los aumentos proyectados de la intensidad de los ciclones tropicales más fuertes que toquen tierra en la región. Por añadidura, es probable que se produzcan importantes impactos negativos debido a calores extremos sin precedentes en cerca del 90 % de las áreas terrestres durante los meses de verano (junio, julio y agosto).



Tendencias actuales del clima y cambio climático proyectado hasta 2100

La elaboración de proyecciones climáticas para el Asia sudoriental constituye todo un desafío debido a la complejidad del terreno de la región, compuesto por montañas, valles y zonas costeras en una mezcla heterogénea de tierra continental, penínsulas e islas; las correspondientes interacciones entre la tierra y el mar de la región; y la gran cantidad de factores climáticos que interactúan para dar origen al clima local.

6 Brunei, Camboya, Filipinas, Indonesia, Laos, Malasia, Papua Nueva Guinea, Singapur, Tailandia, Timor-Leste y Vietnam.

Temperatura

En un escenario con un aumento de 2 °C, se proyecta que hacia la década de 2040 el calentamiento medio del verano de la región será de aproximadamente 1,5 °C (1,0 °C–2,0 °C). En un escenario con un aumento de 4 °C, se proyecta que hacia 2100 las temperaturas medias del verano en las áreas terrestres del sudeste asiático aumentarán en alrededor de 4,5 °C (3,5 °C –6 °C). Esto es sustancialmente más bajo que la media del calentamiento mundial en las áreas terrestres, porque el clima de la región recibe una mayor influencia de las temperaturas de la superficie del mar que están aumentando a un ritmo menor que en otras regiones con mayor superficie de tierra continental.

Sin embargo, se proyecta que en la zona tropical del sudeste asiático, los calores extremos se intensificarán con episodios de temperaturas extremas que superarán frecuentemente los rangos de temperatura resultantes de la variabilidad natural del clima. Por ejemplo, en un escenario con un calentamiento de 2 °C, durante el verano se proyectan calores extremos inusuales para la actualidad[7] que cubrirán casi el 60%–70% del área terrestre. Los calores extremos sin precedentes podrían ocupar hasta el 30%–40% del área terrestre. En un escenario con un aumento de 4 °C, los meses de verano que con el clima actual se los calificaría como nunca vistos podrían pasar a ser la nueva normalidad que afectaría a casi el 90% del área terrestre durante dichos meses. Y algo más importante aún, la región del sudeste asiático es una de las dos regiones (la otra es la amazónica) que, según las proyecciones, a corto plazo presenciará un fuerte aumento de los calores mensuales extremos, estimándose que el número de días cálidos[8] aumentará de 45–90 días/año, en el escenario de un aumento de 2 °C, a alrededor de 300 días en el caso de un aumento de 4 °C.

Precipitaciones

El uso de modelos climáticos para proyectar las variaciones de las futuras precipitaciones del Asia sudoriental es especialmente difícil, porque tanto los monzones de verano de Asia como los de Australia afectan a la región y existen diferencias importantes entre los resultados de cada modelo. Para un calentamiento de 4 °C, no hay concordancia entre los distintos modelos aplicados al Asia sudoriental, con variaciones que no son significativas desde el punto de vista estadístico u oscilan entre una disminución del 5% y un aumento del 10% de las lluvias monzónicas. A pesar de estas variaciones moderadas, las proyecciones de los modelos más recientes indican un aumento sustancial y creciente de los episodios de lluvias copiosas, tanto en magnitud como en frecuencia. Se proyecta que el aumento de los episodios de precipitaciones extremas[9] crecerá rápidamente con el calentamiento, y aportarán más de un 10% del total de las precipitaciones anuales en el contexto de un aumento de 2 °C y un 50% en el caso de un calentamiento de 4 °C. Al mismo tiempo, se proyecta que el número máximo de días secos consecutivos, lo cual constituye una medida de la sequía, también aumentará, indicando que probablemente se ampliarán los extremos mínimos y máximos de las precipitaciones.

Posibles impactos físicos y biofísicos en función del cambio climático previsto

Elevación del nivel del mar

Se proyecta que a fines del siglo XXI la elevación del nivel del mar a lo largo de las costas marítimas del sudeste asiático superará la media mundial en alrededor de un 10%–15%. En el escenario de un aumento de 4 °C, es probable[10] que hacia la década de 2060 la elevación proyectada del nivel del mar supere los 50 cm por sobre los niveles actuales[11], y 100 cm hacia 2090, lo que hace que Manila sea especialmente vulnerable. En el escenario de un aumento de 2 °C, la elevación del nivel del mar hacia 2090 es significativamente menor en toda la región, aunque considerable, pues llegaría a 75 (65–85) cm en ciertos lugares.

Riesgo de ciclones tropicales

Para el sudeste asiático se proyecta un aumento de la frecuencia de las tormentas más intensas[12] junto con las precipitaciones concomitantes. Se proyecta que en la cuenca occidental del Pacífico norte la velocidad máxima del viento a nivel del suelo durante los ciclones tropicales aumentará en 7%–18% en el contexto de un calentamiento de alrededor de 3,5 °C por sobre los niveles preindustriales, pero se estima que el centro de la actividad se desplazará al norte y al este. La velocidad máxima del viento de los ciclones tropicales que toquen tierra aumentarán en un 6% y 9% respectivamente para la zona continental del Asia sudoriental y Filipinas, conjuntamente con una disminución del 35% y 10%, respectivamente, del número total de ciclones que toquen tierra. A medida que se eleve la temperatura de la superficie del mar, se proyecta que las precipitaciones relacionadas con los ciclones tropicales aumentarán en hasta un tercio, lo cual indica un mayor riesgo de inundación en las regiones bajas y costeras.

Invasión de agua salada (intrusión salina)

A medida que se eleven los niveles del mar, se proyecta que la intrusión salina aumentará significativamente en las áreas

---

7 Los extremos se definen en función de una variabilidad interanual natural local, al día de hoy, de alrededor de 1 °C, proyectándose que serán superados con frecuencia, incluso con niveles bajos de calentamiento medio. “Sin precedentes = rompen el récord de la totalidad de las medidas registradas en el período”.

8 Definidos en función de la variabilidad histórica, independientemente del escenario de emisiones, con una temperatura por encima del percentil 90 en el clima de hoy día.

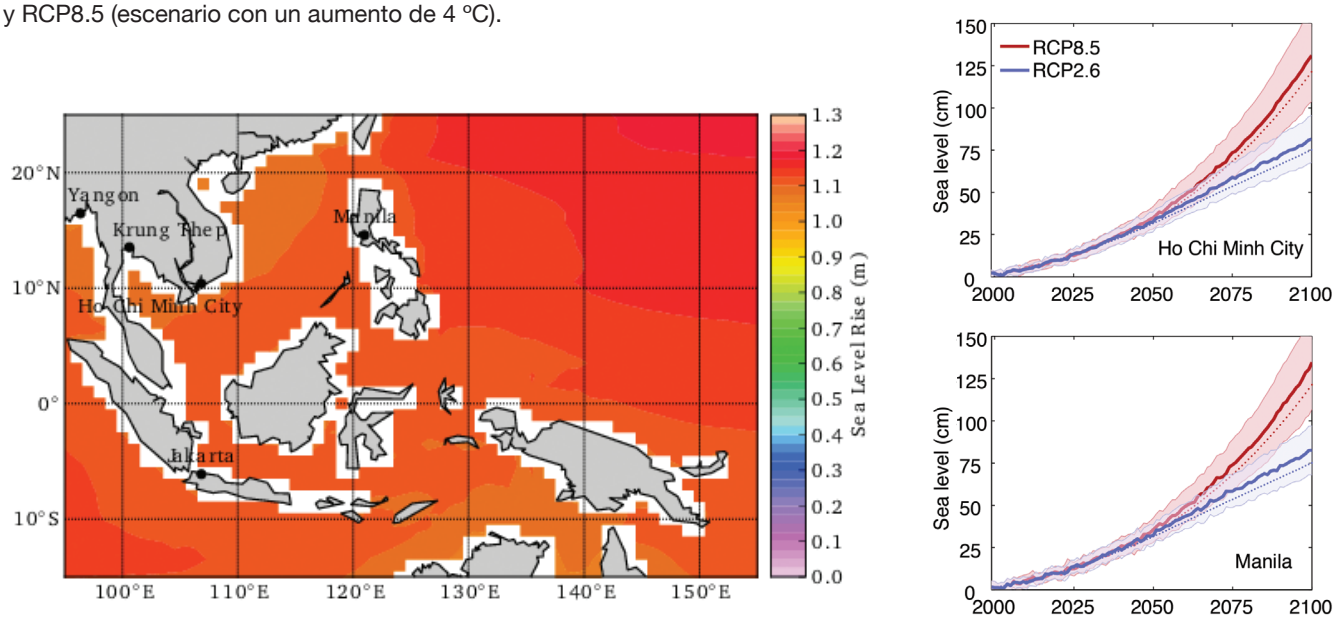
9 Estimadas como la proporción del total de precipitaciones anuales.

10 Donde “probable” se define como una probabilidad >66% de que ocurra, utilizando los métodos de modelación adoptados en este informe.

11 Niveles del período 1986–2005.

12 Categorías 4 y 5 en la escala de vientos Saffir-Simpson.

Gráfico 4.1: Asia sudoriental – Tendencia regional de la elevación del nivel del mar con un aumento de 4 °C (izquierda; RCP8.5) según lo proyectado utilizando el método semiempírico adoptado en este informe y series cronológicas del aumento proyectado del nivel del mar para dos ciudades determinadas de la región (derecha) para las RCP2.6 (escenario con un aumento de 2 °C) y RCP8.5 (escenario con un aumento de 4 °C).



costeras de varios países del sudeste asiático. Por ejemplo, con un calentamiento de 4 °C, se prevé que si el nivel del mar se eleva 1 m hacia 2100 en el área terrestre afectada por la invasión de agua salada en la región del río Mahaka de Indonesia, dicha invasión aumentará en un 7%–12%. En el delta del río Mekong se proyecta que con una elevación de 30 cm del nivel del mar hacia la década de 2050, tanto en el escenario de un aumento de 2 °C como de 4 °C, aumentaría en más del 30% el área total actual (1,3 millones de ha) afectada por la intrusión salina.

Pérdida y degradación de arrecifes coralinos

Los arrecifes de coral prosperan en un rango relativamente estrecho de tolerancia a la temperatura y por ende son muy vulnerables a los aumentos de temperatura de la superficie del mar; junto con los efectos de la acidificación del océano, esto expone a los arrecifes coralinos a un estrés térmico más severo, que provoca un blanqueamiento del coral. Las temperaturas crecientes de la superficie del mar ya han ocasionado importantes episodios de blanqueamiento del coral[13] en estas últimas décadas. En el contexto de un calentamiento de 1,5 °C, existe un alto riesgo (50% de probabilidad) de que en la región ocurran episodios anuales de blanqueamiento apenas en 2030. Las proyecciones indican que es muy probable que la totalidad de los arrecifes de coral experimenten un grave estrés térmico hacia el año 2050 con niveles de calentamiento de 1,5 °C–2 °C por sobre los niveles preindustriales. En el escenario de un calentamiento de 2 °C, los arrecifes coralinos estarán significativamente amenazados, y se proyecta que la mayoría de los arrecifes coralinos se extinguirán mucho antes de llegar a un calentamiento de 4 °C, con la consiguiente pérdida de pesca marina, turismo y protección costera contra la elevación del nivel del mar y la marejada de las tormentas.

Impactos sectoriales y temáticos

Los deltas de los ríos tales como el Mekong experimentan inundaciones regulares como parte del ciclo hidrológico anual. Dicho anegamiento desempeña un papel económico y cultural importante en los deltas de la región. Según las proyecciones del cambio climático en lo referente a elevación del nivel del mar e intensidad de los ciclones tropicales, junto con el hundimiento de terrenos causado por las actividades humanas, las poblaciones quedarían expuestas a riesgos agudizados, tales como inundación excesiva, invasión de agua salada y erosión de la franja costera. Estas consecuencias ocurrirían a pesar de que las regiones deltaicas tienden

[13] Los episodios de blanqueamiento del coral son esperables cuando la máxima temperatura cálida estacional es superada en 1 °C durante más de cuatro semanas, y el blanqueamiento empeora progresivamente a temperaturas más altas o períodos más largos durante los cuales se supera el umbral regional de temperatura. Si bien los arrecifes coralinos pueden sobrevivir a un episodio de blanqueamiento, quedan sujetos a una alta mortalidad y les lleva varios años recuperarse. Cuando los episodios de blanqueamiento se vuelven muy frecuentes, los arrecifes coralinos podrían no recobrarse.

Cuadro 4.1: Resumen de impactos y riesgos climáticos en el Asia sudoriental[a]

Riesgo/impacto		Vulnerabilidad o cambio observado	Alrededor de 1,5 °C[b] (años 2030[b]c)	Alrededor de 2 °C (años 2040)	Alrededor de 3 °C (años 2060)	Alrededor de 4 °C (años 2080)
Calentamiento regional		Calentamiento del Mar de China meridional a una tasa de 0,3 °C–0,4 °C por década desde los años 1960. Calentamiento de Vietnam a una tasa en torno a 0,3 °C por década desde 1971, más del doble de la media mundial.	Frecuencia creciente de noches cálidas.	Las noches cálidas del clima actual pasan a ser lo normal.		Casi todas las noches (~95%) serán más cálidas que las noches cálidas actuales.
Calor extremo (en el período de verano del hemisferio norte)[d]	Calores extremos inusuales	Virtualmente ausente	50%–60% de las áreas terrestres	60%–70% de las áreas terrestres	85% de las áreas terrestres	> 90% de las áreas terrestres
	Calores extremos sin precedentes	Ausente	25%–30% de las áreas terrestres	30%–40% de las áreas terrestres	70% de las áreas terrestres	> 80% de las áreas terrestres
Elevación del nivel del mar (por encima del nivel actual)		Alrededor de 20 cm hasta 2010	30cm-años 2040 50cm-años 2060 75cm hacia 2080–2100	30cm-años 2040 50cm-años 2060 75cm hacia 2080–2100	30cm-años 2040 50cm–2060 95cm hacia 2080–2100	30cm-años 2040 50cm–2060 110cm hacia 2080–2100
Arrecifes de coral		Episodios inusuales de blanqueamiento	Alto riesgo de que ocurran episodios anuales de blanqueamiento (50% de probabilidad) a partir de 2030	Se proyecta que casi todos los arrecifes de coral experimentarán un blanqueamiento grave		

[a] Al final del capítulo se incluye un cuadro más exhaustivo de impactos y riesgos en el Asia sudoriental.
[b] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento en un escenario sin intervención con un aumento superior a 4 °C hacia la década de 2080.
[c] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento en un escenario sin intervención, no en escenarios de mitigación que limiten el calentamiento a estos niveles, o menores, ya que en ese caso los niveles siempre se superarían en el año 2100, o nunca.
[d] Se indica la media de las proyecciones de los distintos modelos climáticos. El rango del intervalo de confianza en los modelos de un calentamiento de 4 °C (mínimo a máximo) es de 70% a 100% para los extremos inusuales, y de 30% a 100% para los extremos sin precedentes. La frecuencia máxima de calores extremos, en ambos casos, está cerca del 100%, ya que los valores de los indicadores saturan a ese nivel.

a ser relativamente resistentes a los niveles de agua y salinidad inestables. Los tres deltas fluviales del Mekong, el Irrawaddy y el Chao Phraya, todos ellos con áreas significativas de terreno a menos de 2 m sobre el nivel del mar, están sumamente amenazados por estos factores de riesgo.

Las ciudades costeras con poblaciones e instalaciones numerosas y crecientes están sometidas a riesgos vinculados al cambio climático, tales como tormentas tropicales más intensas, elevación paulatina del nivel del mar e inundación repentina de ríos y costas. Es difícil estimar el número de personas expuestas a los impactos de la elevación del nivel del mar en virtud de las incertidumbres inherentes a las proyecciones sobre dicha elevación, así como a los escenarios de crecimiento demográfico y económico. Bangkok[14], Yakarta, ciudad Ho Chi Minh y Manila sobresalen por ser especialmente vulnerables a los impactos derivados del clima. Se estima que hacia la década de 2070, muchos millones de habitantes de Bangkok y ciudad Ho Chi Minh quedarán expuestos a los efectos de una elevación del nivel del mar[15] de 50 cm. Los altos niveles de crecimiento tanto de las poblaciones urbanas como del PIB aumentan aún más la exposición a los impactos del cambio climático en estas áreas. Además, las consecuencias

[14] Sin adaptación, se proyecta que el área de Bangkok se anegará a causa de las inundaciones originadas por los aumentos de episodios de precipitaciones extremas y elevaciones del nivel del mar en un rango que va desde alrededor de un 40% con una elevación del nivel del mar de 15 cm por encima de los niveles actuales (que podría ocurrir hacia la década de 2030), hasta alrededor de un 70% en el contexto de una elevación del nivel del mar de 88 cm (a la cual podría aproximarse hacia la década de 2080 con un calentamiento de 4 °C).

de los extremos de calor también son especialmente pronunciadas en las áreas urbanas debido al efecto de isla de calor urbano, causado en gran medida por la densidad de edificios y el tamaño de las ciudades, que da lugar a mayores tasas de mortalidad y morbilidad humana en las ciudades que en el ámbito rural. La población urbana pobre es particularmente vulnerable a los estreses medioambientales; las inundaciones vinculadas a la elevación del nivel del mar y la marejada de las tormentas plantean a las poblaciones de los asentamientos informales significativos riesgos sanitarios y de daños por inundación. En 2005, alrededor del 40% y 45% de las poblaciones urbanas de Vietnam y Filipinas, respectivamente, vivían en asentamientos informales.

La producción agrícola de la región, especialmente la producción de arroz en el delta del Mekong, está expuesta a la elevación del nivel del mar debido a su escasa altitud sobre el nivel del mar. Se proyecta que con una elevación del nivel del mar de 30 cm, que podría ocurrir en 2040, se perdería alrededor del 12% del área de cultivo de la Provincia del Delta del Mekong debido a las inundaciones (5% de pérdida) y la intrusión salina (7%). A pesar de que algunas variedades de arroz son más resistentes que otras, existen indicios de que todo el arroz es vulnerable a la inundación repentina y total cuando la misma se prolonga varios días, cuando hay inundaciones, podrían superarse los umbrales de sensibilidad incluso de las variedades de arroz resistentes e impactarse gravemente la producción. Los aumentos de temperatura por encima de los umbrales durante las fases críticas del crecimiento del arroz (ahijamiento, floración, llenado del grano) podrían impactar aún más la productividad.

La acuicultura, que también está expuesta al riesgo de varios impactos generados por el cambio climático, es una industria económicamente importante y de veloz crecimiento en el sudeste asiático. En Vietnam, por ejemplo, ha crecido rápidamente; en 2011, generó alrededor del 5% de su PIB, frente a alrededor de un 3% en 2000. También se ha observado un rápido crecimiento del sector en otros países del Asia sudoriental. Asimismo, en esa región la acuicultura proporciona cerca del 40% de la proteína animal alimenticia, derivada del pescado, y por lo tanto es crítica para la seguridad alimentaria de la misma. Se proyecta que las granjas de acuicultura serán dañadas por la intensidad creciente de los ciclones tropicales y de la intrusión salina vinculada a la elevación del nivel del mar, especialmente en el caso de las granjas de acuicultura de agua dulce y de agua salobre. Además, las temperaturas crecientes podrían superar los umbrales de tolerancia de las especies importantes criadas en granjas a nivel regional. Los fenómenos meteorológicos extremos, tales como los ciclones tropicales y las inundaciones costeras, ya están afectando las actividades de acuicultura del sudeste asiático. Por ejemplo, en 2006 el tifón Xangsane de categoría 4 devastó más de 1.200 hectáreas del área de acuicultura en Vietnam, mientras que en Indonesia, los tifones Vincente (categoría 4) y Saola (categoría 2) impactaron negativamente a alrededor de 3.000 granjeros de acuicultura y ocasionaron daños por más de US$9.000 millones al sector pesquero (Xinhua, 2012).

La pesca, y especialmente la pesca en los arrecifes de coral, se verá afectada, según las proyecciones, por los impactos de la elevación del nivel del mar, el calentamiento de los océanos y la acidificación del océano vinculados a las concentraciones crecientes de CO_2 en el océano y en la atmósfera. Se proyectan reducciones sustanciales de las capturas potenciales. Los cambios proyectados del potencial máximo de captura abarcan desde una disminución del 16% en las aguas de Vietnam hasta un aumento del 6%–16% en torno a las Filipinas del norte. Por añadidura, se proyecta que la producción de la pesca de captura marina (no directamente relacionada con los sistemas coralinos) disminuirá en aproximadamente un 50% en torno a las Filipinas del sur. Dichas variaciones de los potenciales de captura probablemente añadirán desafíos a los medios de subsistencia dependientes de las actividades costeras de la región.

Síntesis integrada de los impactos del cambio climático en la región del Asia sudoriental

El sudeste asiático está expuesto en forma considerable y creciente a impactos paulatinos relacionados con la elevación del nivel del mar, el calentamiento y la acidificación del océano, el blanqueamiento del coral y la correspondiente pérdida de biodiversidad, en combinación con impactos repentinos relacionados con la intensidad creciente de los ciclones tropicales y calores extremos. Es probable que los impactos combinados tengan efectos adversos simultáneos sobre varios sectores. Los efectos acumulados de los impactos paulatinos pueden socavar la resiliencia y aumentar la vulnerabilidad a fenómenos meteorológicos más extremos, en una estructura compleja de riesgos que aumenta con niveles más altos de calentamiento y la elevación del nivel del mar.

Riesgos crecientes para las poblaciones, los medios de subsistencia y la producción de alimentos en los deltas fluviales

Se estima que las poblaciones instaladas a lo largo de los ríos y en los deltas fluviales, así como sus concomitantes sistemas de cultivo y pesca y medios de subsistencia, serán los más gravemente afectados por los riesgos de la elevación de los niveles del mar, los episodios de precipitaciones más intensos y las marejadas de las tormentas vinculados con los ciclones tropicales.

Por ejemplo, el río Mekong y sus tributarios son cruciales para la producción de arroz de Vietnam. El Delta del Mekong, popularmente conocido como el "tazón de arroz" de Vietnam, está

[15] Suponiendo un hundimiento local de 50 cm.

integrado por un total de 12 provincias; ahí habitan unos 17 millones de personas, de las cuales el 80% se dedica al cultivo del arroz. El delta produce alrededor del 50% del total de la producción nacional y contribuye en forma significativa a las exportaciones de arroz de Vietnam. Cualquier déficit de la producción de arroz en esta área debido al cambio climático no solo afectaría la economía y la seguridad alimentaria de Vietnam sino también repercutiría en el mercado internacional del arroz.

El delta del Mekong también es la región pesquera más importante. Es base de casi la mitad de las embarcaciones de pesca marina vietnamita y produce dos tercios del pescado procedente de los sistemas de acuicultura del país. Se proyecta que industrias importantes como la acuicultura padecerán los costos crecientes y daños vinculados con la salinización y las temperaturas crecientes. La vulnerabilidad humana observada en los deltas de la región es alta: cuando en 2008 el ciclón tropical Nargis[16] azotó el delta del río Irrawaddy en Myanmar, provocó más de 80.000 muertes, desplazó temporariamente a 800.000 personas, inundó grandes áreas de tierras de cultivo y causó un daño sustancial a la producción y el almacenamiento de alimentos.

Probablemente aumenten los impactos sanitarios relacionados con la invasión de agua salada. La elevación del nivel del mar y los ciclones tropicales podrían aumentar la intrusión salina, contaminando así los recursos de agua dulce, un efecto que podría persistir por años. La consecuencia sanitaria más común es la hipertensión; sin embargo hay una amplia gama de problemas sanitarios potencialmente vinculados con el aumento de la exposición a la salinidad al tomar baños, beber o cocinar. Estos son, entre otros, los abortos espontáneos, las enfermedades de la piel, las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades diarreicas.

Presión creciente sobre las ciudades costeras y los riesgos urbanos

Especialmente en las ciudades costeras del Asia sudoriental se concentran cada vez más poblaciones y recursos que están expuestos al aumento de la intensidad de las tormentas tropicales, la elevación paulatina del nivel del mar, las inundaciones repentinas y otros riesgos vinculados con el cambio climático. Sin adaptación, se proyecta que Bangkok se inundará, debido al aumento de los episodios de precipitaciones extremas y la elevación del nivel del mar, entre el 40% con una elevación del nivel del mar de 15 cm por encima de los niveles actuales (que podría suceder hacia la década de 2030) y alrededor del 70% con una elevación del nivel del mar de 88 cm (que podría suceder hacia los años 2080 con un calentamiento de 4 °C). Las consecuencias de los calores extremos son especialmente pronunciadas en las áreas urbanas debido al efecto de isla de calor urbano; esto podría aparejar altas tasas de mortalidad y morbilidad en las ciudades. Estos riesgos son especialmente agudos, ya que en Filipinas y Vietnam, donde casi el 40% de la población vive en asentamientos informales, las amenazas a la salud pueden exacerbarse por la carencia de instalaciones sanitarias y de agua potable, y/o daño a las mismas. La alta densidad de población en dichas áreas agrava estos riesgos.

Según las proyecciones, la degradación y pérdida de arrecifes de coral, la disminución de la disponibilidad de peces y las presiones sobre la producción rural costera originadas por la elevación del nivel del mar dentro de pocas décadas probablemente den lugar a la disminución de los medios de subsistencia en las áreas costeras y deltaicas. Ya ha comenzado el aumento de la migración a las áreas urbanas. En las ciudades del sudeste asiático, la migración urbana puede dar lugar al aumento del número de residentes expuestos a los impactos climáticos, especialmente los recién llegados, que probablemente se aglomeren en los asentamientos informales existentes y densamente poblados.

Riesgos graves para la industria turística y la actividad empresarial

Los aumentos proyectados de la elevación del nivel del mar, la intensidad de los ciclones tropicales y la degradación y pérdida de arrecifes de coral plantean riesgos significativos a la industria turística al dañar la infraestructura y los activos y recursos naturales que incrementan la atracción de la región como destino turístico. Las investigaciones indican que la amenaza de los ciclones tropicales parece tener un efecto negativo en la elección de los destinos de los turistas, en la misma medida que otros factores disuasivos, tales como los ataques terroristas y las crisis políticas.

La pérdida de bienes costeros debido a la erosión ya ha sido observada y posiblemente se acelere. La elevación del nivel del mar ya ha contribuido directamente al aumento de la erosión costera en el delta del río Rojo y otras regiones. Se estima que hacia 2100, la erosión costera en el delta del río Mekong aumentará en forma significativa, con una elevación del nivel del mar de 100 cm. Las pérdidas de playas proyectadas en el área de la bahía San Fernando, Filipinas afectarán sustancialmente a los recursos de las playas y a una cantidad considerable de estructuras residenciales.

Es muy probable que en los próximos 10–20 años se acelere el blanqueamiento del coral y la degradación y pérdida de arrecifes; por consiguiente, también parece probable que en un futuro cercano los ingresos generados por el buceo y la pesca deportiva se verán afectados. La degradación de los arrecifes de coral podría originar la pérdida de pesca y de la protección costera que brindan los arrecifes, además de la pérdida de turistas, de los cuales dependen las poblaciones y economías costeras.

Los riesgos y daños proyectados en el contexto de un nivel de calentamiento de 1,5 °C–2 °C en el sudeste asiático son muy significativos. La exposición física al cambio climático a este nivel de calentamiento incluye áreas sustanciales del sudeste asiático

[16] Tocó tierra como tormenta de categoría 4 en la escala Saffir-Simpson.

sometidas a calores extremos sin precedentes, 50 cm de elevación del nivel del mar hacia la década de 2050 y 75 cm o más hacia 2100. Los daños biofísicos proyectados incluyen la pérdida de grandes áreas de arrecifes coralinos, reducciones significativas de la producción de alimentos marinos y ciclones tropicales más intensos con las consiguientes marejadas e inundaciones provocadas por las tormentas. Se proyecta que la elevación del nivel del mar provocará pérdidas sustanciales en la producción agrícola de regiones arroceras importantes, así como el riesgo de inundaciones significativas en ciudades costeras importantes. También se prevén daños significativos a la industria turística y a la acuicultura.

Asia meridional: Extremos de escasez y exceso de agua

RESUMEN REGIONAL

En este informe, la expresión Asia meridional se refiere a una región que comprende siete países[17] con una población creciente de alrededor de 1.600 millones de habitantes en 2010, que se proyecta que aumentará a más de 2.200 millones de aquí a 2050. En un escenario de calentamiento global de 4 °C, se proyecta que el nivel del mar se elevará más de 100 cm para la década de 2090, las lluvias monzónicas se harán más variables y serán más frecuentes las inundaciones y sequías de efectos devastadores. El deshielo de los glaciares y la pérdida de capas de nieve podrían ser graves, y se prevé que el 70% de la superficie terrestre se verá afectado por calores extremos inusuales en los meses de verano (junio, julio y agosto). Además, la producción agrícola probablemente sufrirá los efectos combinados de un suministro de agua inestable, los impactos de la elevación del nivel del mar y el aumento de las temperaturas. La región ha experimentado un robusto crecimiento económico en los últimos años, pero la pobreza sigue siendo generalizada y la combinación de estos impactos climáticos podría afectar gravemente la economía rural y la agricultura. Las densas poblaciones urbanas, por otra parte, serían especialmente vulnerables al calor extremo, las inundaciones y las enfermedades.

Tendencias actuales del clima y cambio climático proyectado hasta 2100

Asia meridional tiene una geografía singular y diversa dominada en muchos sentidos por la cadena montañosa más alta de la Tierra, la cordillera del Himalaya y la meseta tibetana, que dan origen a los grandes sistemas fluviales del Indus, el Ganges y el Brahmaputra.

El clima de la región está dominado por los monzones: la mayor parte de precipitaciones del Asia meridional tiene lugar durante la temporada monzónica de verano. El 80% de las lluvias de India,

[17] Bangladesh, Bhután, India, Maldivas, Nepal, Pakistán y Sri Lanka. Esta lista corresponde a la definición regional del Informe Especial sobre Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres (SREX) y por lo tanto no incluye Afganistán.

por ejemplo, ocurren en este período. La llegada puntual del monzón de verano, y su regularidad, son cruciales para la economía rural y la agricultura del Asia meridional .

En el contexto del futuro cambio climático, se espera un aumento en la frecuencia de los años en que se registrarán lluvias monzónicas por encima de lo normal y de los años con un nivel de lluvias extremadamente deficiente. Esto dar lugar a inundaciones y sequías devastadoras. El Ganges, el Indus y el Brahmaputra son vulnerables a los efectos del cambio climático debido al deshielo de los glaciares y la pérdida de la capa de nieve. El resultado es un riesgo significativo para la estabilidad y fiabilidad de los recursos hídricos de la región, con aumentos en los picos de caudal asociados con el riesgo de inundaciones y disminuciones del caudal durante la estación seca que plantea una amenaza para la agricultura.

En las últimas décadas ha comenzado a surgir una tendencia de calentamiento en todo el Asia meridional , particularmente en India, fenómeno que concuerda aparentemente con la señal esperada del cambio climático antropogénico. Las observaciones recientes de la cantidad total de lluvia caída durante la temporada de monzones indican una disminución de las lluvias, probablemente atribuible a los efectos de los aerosoles antropogénicos, en particular el carbono negro. Además de esos patrones, se observan aumentos en la frecuencia de los eventos de precipitación más extremos, así como en la frecuencia de períodos breves de sequía.

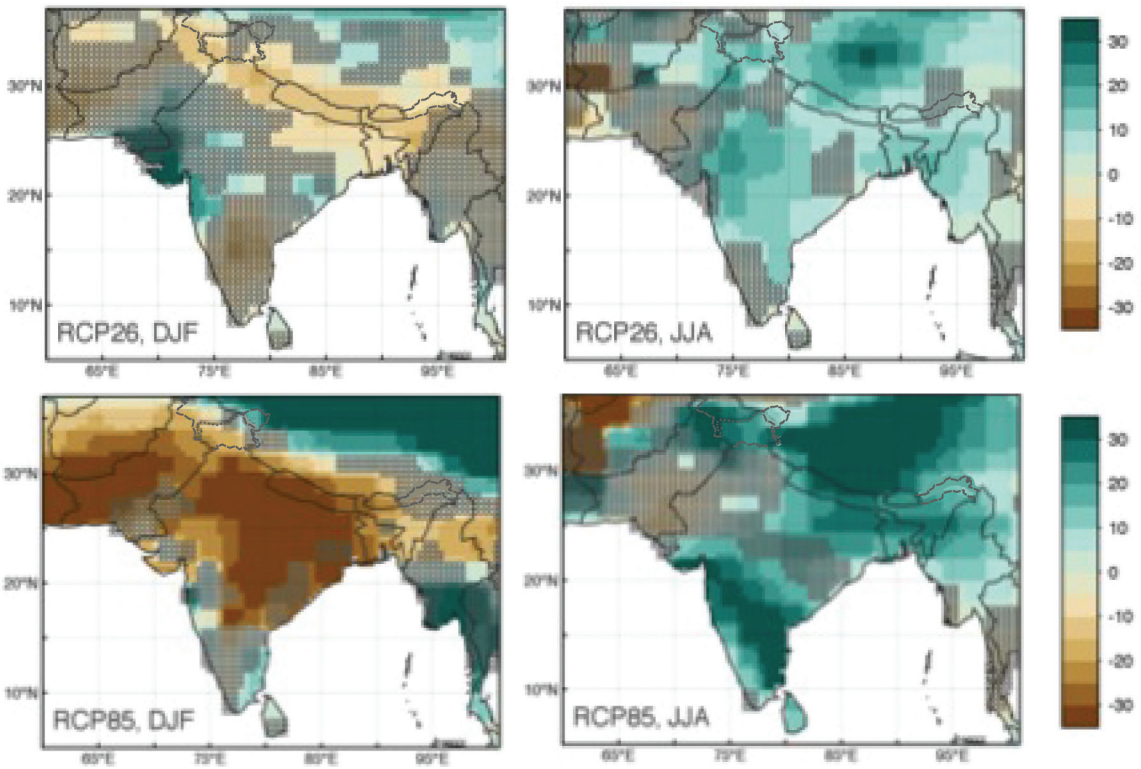
Precipitaciones

Durante las últimas décadas se han observado aumentos en la frecuencia de los eventos de precipitación más extremos. Se proyecta que el nivel anual de precipitaciones se elevará hasta un 30% en un escenario de calentamiento de 4 °C. Se espera una amplificación de la distribución de las precipitaciones entre las distintas estaciones, registrándose una disminución de hasta 30% durante la estación seca y un aumento de 30% durante la estación húmeda.

Temperatura

En un escenario de calentamiento de 4 °C, se proyecta que las temperaturas de verano en Asia meridional aumentarán 3 °C hasta casi 6 °C para 2100, registrándose en Pakistán el calentamiento más pronunciado. Ese patrón se mantiene igual en un escenario

Gráfico 5.1: Media de modelos múltiples de la variación porcentual de las precipitaciones de la estación seca (DEF, izquierda) y la estación húmeda (JJA, derecha) en el Asia meridional correspondiente al escenario RCP2.6 (calentamiento 2 °C; arriba) y RCP8.5 (calentamiento 4 °C; abajo) para 2071–2099 en comparación con 1951–1980



Las áreas tramadas indican regiones de incertidumbre, donde 2 de 5 modelos presentan discrepancias sobre la dirección del cambio en comparación con los 3 modelos restantes.

Cuadro 5.1: Resumen de los impactos y riesgos climáticos en el Asia meridional [a]

Riesgo/impacto		Vulnerabilidad o cambio observado	Alrededor de 1,5 °C[b] (años 2030[c])	Alrededor de 2 °C (años 2040)	Alrededor de 3 °C (años 2060)	Alrededor de 4 °C (años 2080)
Calentamiento regional		La temperatura de India en 2011 fue la 9.ª más alta entre las registradas. La temperatura de 2009 fue la más alta en 0,9 °C por encima del promedio de 1961–90.		Duración de las olas de calor de 20 a 45 días. Las noches cálidas ocurren con una frecuencia del 40%.		Duración de las olas de calor de 150 a 200 días. Las noches cálidas ocurren con una frecuencia del 85%.
Calor extremo (en el período de verano del hemisferio norte)[d]	Calores extremos inusuales	Virtualmente ausente	15% de las áreas terrestres	20% de las áreas terrestres	>50% de las áreas terrestres	>70% de las áreas terrestres. En el sur, casi todos los meses de verano son inusualmente cálidos.
	Calores extremos sin precedentes	Ausente	Virtualmente ausente	<5% de las áreas terrestres	20% de las áreas terrestres	>40% de las áreas terrestres
Precipitación (incluido el monzón)		Disminución en Asia meridional de las lluvias del monzón desde la década de 1950, pero aumentos en la frecuencia de eventos de precipitación más extremos.	El cambio en la precipitación es incierto.	El cambio en la precipitación es incierto; 20% de aumento en la proporción de precipitación extrema en días húmedos respecto del total de precipitación anual[e].	Aproximadamente un 5% de aumento en la precipitación de verano (estación húmeda).	Aumento de aproximadamente un 10% en la precipitación de verano (estación húmeda). Aumento de aproximadamente el 15% en la variabilidad intraestacional de las lluvias del monzón 75% de aumento en la proporción de precipitación extrema en días húmedos respecto del total de precipitación anual[f].
Sequía		Aumento en la frecuencia de las sequías breves			Aumento de las sequías en la zona noroccidental de la región, especialmente Pakistán.	Aumento en la duración de las olas de sequía medidas por días secos consecutivos en India oriental y Bangladesh
Elevación del nivel del mar por encima del nivel actual:		Alrededor de 20 cm hasta 2010	30 cm-años 2040 50 cm-años 2070 70 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm-años 2070 70 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm-años 2060 90 cm hacia 2080–2100	30 cm-años 2040 50 cm-años 2060 105 cm hacia 2080–2100, Maldivas 10 cm más alto

[a] Al final del capítulo se incluye un cuadro más exhaustivo de impactos y riesgos en el Asia sudoriental.
[b] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento en un escenario sin intervención con un aumento superior a 4 °C hacia la década de 2080.
[c] "Años" indica la década durante la cual se superan los niveles de calentamiento en un escenario sin intervención con un aumento superior a 4 °C hacia la década de 2080.
[d] Se indica la media de las proyecciones de los distintos modelos climáticos. El rango del intervalo de confianza en los modelos de un calentamiento de 4 °C (mínimo a máximo) es de 70% a 100% para los extremos inusuales, y de 30% a 100% para los extremos sin precedentes.
La frecuencia máxima de calores extremos, en ambos casos, está cerca del 100%, ya que los valores de los indicadores saturan a ese nivel.
[e] Incertidumbre del 50% en un rango del 8%–12%.
[f] Incertidumbre del 50% en un rango del 65%–85%.

de 2 °C, alcanzando el calentamiento 2 °C en el noroeste de la región y entre 1 °C y 2 °C en las restantes regiones. Para cuando se alcance un calentamiento de 1,5 °C, se prevé que los calores extremos, que son hoy un fenómeno inusual o prácticamente inexistente en el clima de la región, abarcarán el 15% del área terrestre en el verano.

En un contexto de calentamiento de 2 °C, se proyecta que el 20% de la superficie terrestre tendrá un calor extremo inusual en los meses de verano del hemisferio norte, con calores extremos sin precedentes que afectarán alrededor del 5% de la superficie terrestre, principalmente en el sur. Con un calentamiento de 4 °C, se proyecta que la costa occidental y el sur de India, así como Bhután y el norte de Bangladesh, pasarán a tener nuevos regímenes climáticos de altas temperaturas. Se prevé un calor inusual entre el 60% y 80% de los meses de verano del hemisferio norte en la mayor parte de la región. Se prevé que algunas regiones experimentarán niveles sin precedentes de calor durante más de la mitad de los meses de verano, como en el caso de Sri Lanka y Bhután. En el más largo plazo, la exposición de Asia meridional a un aumento de esas temperaturas extremas podría limitarse sustancialmente si se mantiene el calentamiento por debajo de 2 °C.

Posibles impactos físicos y biofísicos en función del cambio climático previsto

Los cambios previstos en materia de precipitaciones, temperatura y frecuencia y/o intensidad de eventos extremos podrían tener impactos directos e indirectos en la actividad monzónica, las sequías, la pérdida de glaciares, los niveles de la capa de nieve, el caudal de los ríos, los recursos de aguas subterráneas y la elevación del nivel del mar.

Monzones

Si bien la mayoría de los estudios de modelización proyectan aumentos en la precipitación monzónica media anual durante escalas de tiempo decenales, también proyectan aumentos significativos en la variabilidad interanual e intraestacional.

En un escenario de calentamiento global medio que se acerque a 4 °C, se proyecta un aumento del 10% en la intensidad media anual de los monzones y un aumento del 15% en la variabilidad interanual de la precipitación monzónica de verano en India en comparación con los niveles normales registrados durante la primera mitad del siglo XX. Considerados en su conjunto, estos cambios supondrían prever que un monzón húmedo extremo que actualmente tiene una probabilidad de ocurrir solo una vez en 100 años ocurrirá cada 10 años para finales del siglo.

Una serie de eventos de lluvias monzónicas inusualmente intensas registradas en la cuenca de montaña del río Indus fue uno de los principales factores físicos causantes de las devastadoras inundaciones de Pakistán en 2010, que dejaron más de 1.900 víctimas y afectaron a más de 20 millones de personas. Tanto granjas como obras de infraestructura clave, tales como puentes, fueron arrastradas por el agua en las áreas predominantemente rurales que resultaron afectadas. El evento pluvial en sí mismo fue solo el comienzo de una cadena de episodios que provocaron una prolongada y extensa inundación aguas abajo, en la que intervinieron muchos otros factores atribuibles a la actividad humana. Los embalses de riego, las represas, los muros de contención de ríos y las desviaciones en las cuencas interiores de los ríos pueden exacerbar gravemente el riesgo de inundaciones aguas abajo cuando ocurren eventos extremos de precipitaciones en partes más altas de las áreas de captación.

Existe todavía un alto grado de incertidumbre acerca del comportamiento de los monzones de verano indúes en un contexto de calentamiento global. Un cambio abrupto del monzón, por ejemplo, hacia un estado más seco y de menores lluvias podría precipitar una crisis importante en el Asia meridional , tal como lo evidenció el monzón anómalo de 2002, que causó la sequía más grave de los últimos tiempos (con precipitaciones alrededor de 209% por debajo del nivel normal de largo plazo y disminución de la producción de granos alimenticios en torno al 10%–15% en comparación con el promedio de la década anterior). Se han propuesto mecanismos físicamente verosímiles para un cambio de ese tipo, y en la actual generación de modelos climáticos se proyectan cambios en la atmósfera tropical que podrían precipitar una transición del monzón hacia un estado más seco.

Sequías

El aumento previsto de la estacionalidad de las precipitaciones se asocia con un aumento del número de días secos y de sequías con consecuencias adversas para la vida humana. Se prevé que las sequías plantearán un riesgo creciente en determinadas partes de la región, especialmente en Pakistán, mientras que para el sur de India se proyecta un nivel de humedad creciente. La dirección del cambio es incierta en el caso del norte de India. De los diez desastres por sequía más graves del mundo que ocurrieron durante el siglo pasado, medidos en función del número de personas afectadas, seis tuvieron lugar en India y afectaron hasta 300 millones de personas. Por ejemplo, las sequías registradas en India en 1987 y 2002/2003 afectaron más del 50% de la superficie de cultivo del país y, en 2002, la producción de granos alimenticios disminuyó en 29 millones de toneladas comparada con la del año anterior. Se estima que en los estados de Jharkhand, Orissa y Chhattisgarh las grandes sequías, que ocurren aproximadamente cada cinco años, tienen un efecto negativo en alrededor del 40% de la producción agrícola.

Pérdida de glaciares, reducción de la capa de nieve y caudal de los ríos

Durante el último siglo la mayoría de los glaciares del Himalaya han venido retrocediendo. Actualmente, 750 millones de personas

dependen de las cuencas de los ríos Indus y Brahmaputra, alimentados por glaciares, para sus recursos de agua dulce, y la disminución de la disponibilidad de agua podría reducir significativamente la cantidad de alimentos que pueden producirse dentro de esas cuencas. Estos ríos dependen en gran medida del agua proveniente del deshielo de la nieve y los glaciares, lo cual los hace altamente susceptibles al derretimiento de la nieve y los glaciares inducido por el cambio climático. Las proyecciones de un calentamiento de alrededor de 2,5 °C por encima de los niveles de la era preindustrial para la década de 2050 indican el riesgo de que el caudal de los ríos Indus y Brahmaputra se reduzca considerablemente en verano y a fines de la primavera, luego de un período de mayor caudal. La disponibilidad de agua para riego es muy dependiente de esos recursos hídricos, en especial durante las estaciones secas.

- Se proyecta un aumento del caudal de los ríos en la primavera debido a un mayor derretimiento de los glaciares y de la nieve, con un menor nivel de escorrentía disponible antes de la llegada del monzón al final de la primavera y en el verano.
- En el caso del delta del río Indus, se proyecta que el caudal alto aumente alrededor del 75% en el caso de un calentamiento superior a 2 °C. Los picos más altos del caudal exponen a una creciente cantidad de personas que habitan las zonas densamente pobladas del delta de los ríos a una conjunción de riesgos de inundaciones, elevación del nivel del mar e intensidad creciente de los ciclones tropicales.

Los recursos hídricos subterráneos, que se recargan principalmente con las precipitaciones y las aguas superficiales, también sufrirían el impacto del cambio climático. La región de Asia meridional, especialmente India y Pakistán, tiene una alta sensibilidad a la disminución de la recarga de aguas subterráneas, debido a que esos países ya sufren una escasez de agua y dependen en gran medida de un suministro de agua subterránea para irrigación. En India, por ejemplo, el 60% del riego depende del agua subterránea, mientras que alrededor del 15% de las capas freáticas del país, incluida la cuenca del Indus, están sobreexplotadas. Los recursos hídricos subterráneos son especialmente importantes para mitigar las sequías y los consiguientes impactos en la agricultura y la seguridad alimentaria. Dado que se prevé un aumento de los períodos de baja disponibilidad de agua y de clima seco, es probable que los recursos de agua subterránea se vuelvan aún más importantes para la agricultura, por lo que quedarían sometidos a una mayor presión. Los aumentos previstos de la variabilidad y estacionalidad de las lluvias monzónicas podrían afectar la recarga de agua subterránea durante la estación húmeda y dar lugar a una mayor explotación durante la estación seca.

Elevación del nivel del mar

Como las costas del Asia meridional están situadas cerca del ecuador, las proyecciones de la elevación del nivel del mar a nivel local muestran un mayor aumento en comparación con latitudes más altas. Se proyecta que el nivel del mar se elevará aproximadamente entre 100 cm y 115 cm para la década de 2090 en un escenario de calentamiento de a una aguas subterr4 °C, y entre 60 cm y 80 cm en uno de 2 °C, para el final del siglo XXI en relación con el período 1986–2005, correspondiendo los valores más altos (hasta 10 cm más) a las Maldivas. Este valor es en general alrededor de 5%–10% más alto que la media mundial, y para 2060 probablemente el nivel del mar crecería 50 cm.

Impactos sectoriales y temáticos

Los recursos hídricos ya están en riesgo en los países densamente poblados del Asia meridional , según la mayoría de los estudios que evalúan ese riesgo. Un estudio indica que, en un escenario de calentamiento de alrededor de 3 °C por encima de los niveles preindustriales para la década de 2080, es muy probable que la disponibilidad de agua per cápita disminuya en más del 10% debido a una combinación de aumento de la población y cambio climático en Asia meridional. Aun en el caso de un calentamiento de 1,5 °C–2 °C, se requerirían importantes inversiones en capacidad de almacenamiento de agua para aprovechar los beneficios potenciales de una mayor escorrentía estacional y compensar los menores caudales de las estaciones secas, con el fin de permitir una mejor disponibilidad de agua durante todo el año.

También se prevé que la calidad del agua dulce sufrirá los posibles impactos climáticos. La elevación del nivel del mar y las marejadas de tormenta en las regiones costeras y deltaicas provocarían la entrada de agua salada que degradaría la calidad del agua subterránea. La contaminación del agua potable por la entrada de agua salada podría causar un número creciente de casos de diarrea. Los brotes de cólera también podrían hacerse más frecuentes dado que la bacteria que causa la enfermedad, *vibrio cholerae*, sobrevive más tiempo en agua salina. Alrededor de 20 millones de personas que viven en las zonas costeras de Bangladesh ya están afectadas por la salinidad del agua potable.

Los rendimientos de los cultivos de la región son vulnerables a numerosos factores vinculados con el clima, como la escasez estacional de agua, el aumento de las temperaturas y la salinización debido a la elevación del nivel del mar. El alza de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitaciones han contribuido a reducir los rendimientos relativos del arroz, el cultivo más importante de Asia, especialmente en las áreas irrigadas por lluvias. Se ha observado que las especies cultivadas también son sensibles al aumento de las temperaturas. En un estudio se observa que, comparados con los cálculos del rendimiento potencial sin tendencias históricas de variación de las temperaturas desde los años ochenta, los rendimientos del arroz y el trigo ha caído

aproximadamente 8% por cada aumento de 1 °C en las temperaturas medias de la temporada de cultivo. En otro estudio se comprobó que la combinación de noches más cálidas y menores precipitaciones al final de la temporada de cultivo ha causado una pérdida significativa de producción de arroz en India: los rendimientos podrían haber sido casi 6% más altos sin la variación histórica en las condiciones climáticas.

Mientras que los rendimientos generales han venido aumentando durante varias décadas, en la última década han surgido signos preocupantes de un estancamiento del rendimiento de los cultivos en áreas sustanciales de las tierras agrícolas de India. El incremento previsto del calor extremo que afectaría al 10% de la superficie terrestre total para 2020 y el 15% para 2030 representa un alto riesgo para los rendimientos agrícolas. Se proyecta que los rendimientos disminuirán significativamente en el caso de un calentamiento de entre 1,5 oC y 2,0 oC; si hay un fuerte efecto de fertilización por CO_2, sin embargo, los efectos negativos del calentamiento podrían neutralizarse en parte con medidas de adaptación de bajo costo. En un escenario de calentamiento superior a 2 °C por encima de los niveles preindustriales, se prevé que los rendimientos de los cultivos disminuirán alrededor del 10%–30% en el caso de un calentamiento de entre 3 oC y 4,5 oC, proyectándose las mayores reducciones en aquellos casos donde el efecto de fertilización con CO_2 resulte escaso.

La producción agrícola total, según las proyecciones que excluyen el efecto del cambio climático, se incrementará significativamente (60%) en la región y estará sometida a una mayor presión de los precios y un factor de tendencia que refleja las mejoras tecnológicas, la investigación y el desarrollo, la ampliación de los mercados y la infraestructura. En un contexto de calentamiento de 2 °C hacia la década de 2050, el aumento puede reducirse 12% como mínimo, razón por la cual para satisfacer la demanda per cápita se requerirá más del doble de las importaciones que en el caso de no haber cambio climático. En consecuencia, se proyecta que la disponibilidad de calorías per cápita disminuirá significativamente. Una disponibilidad decreciente de alimentos puede causar problemas considerables para la salud de las poblaciones afectadas, como el retraso del crecimiento infantil, que se prevé que aumentará 35% para 2050 en comparación con un escenario sin cambio climático.

La seguridad energética estará sometida, según indican las proyecciones, a una mayor presión generada por los impactos de orden climático en los recursos hídricos. Las dos formas predominantes de generación eléctrica en la región son la energía hidroeléctrica y la energía térmica (por ej., combustibles fósiles, energía nuclear y energía solar concentrada), y ambas pueden verse perjudicadas por un suministro de agua inadecuado. La generación térmica también puede terminar siendo afectada por la presión a la que queden sometidos los sistemas de enfriamiento a causa del aumento de las temperaturas del aire y el agua.

Síntesis integrada de los impactos del cambio climático en la región del Asia meridional

Dinámica de los recursos hídricos: El origen de muchos de los riesgos e impactos de índole climática que acarrean potenciales amenazas para las poblaciones de la región de Asia meridional puede vincularse con los cambios en el ciclo del agua —lluvias extremas, sequías y disminución de la caída de nieve y la pérdida de glaciares en la cordillera del Himalaya que determinan cambios en el caudal de los ríos— combinados en las regiones costeras con las consecuencias de la elevación del nivel del mar y una mayor intensidad de los ciclones tropicales. La mayor estacionalidad de las precipitaciones como pérdida de la capa de nieve probablemente dará lugar a un mayor nivel de inundaciones, y riesgos más altos de ocurrencia de períodos secos y sequías. Esos riesgos son agravados por los aumentos de las temperaturas extremas, que como ya se observa afectan negativamente los rendimientos de los cultivos. En el supuesto de que esas tendencias y patrones continúen, cabe esperar una disminución sustancial de los rendimientos en el cercano y mediano plazo. Los cambios en las cantidades de precipitaciones pluviales proyectadas y su distribución geográfica tenderán a ejercer impactos profundos en la agricultura, la energía y el riesgo de inundaciones.

La región es sumamente vulnerable, aun con un calentamiento inferior a 2 °C, dadas las importantes áreas afectadas por las sequías y las inundaciones a las temperaturas actuales. Asimismo, los riesgos proyectados para los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, y una elevación del nivel del mar que alcance 70 cm para la década de 2070, probablemente afectarán a las grandes poblaciones.

Las regiones deltaicas y ciudades costeras están especialmente expuestas a los riesgos en cascada resultantes de una combinación de cambios climáticos, como una temperatura más alta, el aumento de los desbordamientos de ríos, la elevación del nivel del mar y una intensidad creciente de los ciclones tropicales y sus consecuencias. Las muertes en India y Bangladesh representan actualmente el 86% de la mortalidad mundial atribuible a los ciclones, aun cuando solo el 15% de todos los ciclones tropicales afectan esta región.

- **Bangladesh** se manifiesta como una zona de impactos crítica, con diversos problemas que se agravan al ocurrir en el mismo período de tiempo como consecuencia de inundaciones extremas de los ríos, ciclones tropicales más intensos, la elevación del nivel de los mares, temperaturas extraordinariamente altas y menores rendimientos de los cultivos. El aumento de los desbordamientos de ríos, combinado con los ciclones tropicales, plantea un alto riesgo de inundación en áreas que tienen las mayores proporciones

de población pobre. Una elevación de 27 cm del nivel del mar, proyectada para la década de 2040, en combinación con marejadas provocadas por un ciclón con un período promedio de retorno de 10 años, como el ciclón Sidr, podría inundar una superficie más de 80% mayor que el área inundada en la actualidad por un evento similar.

- **Kolkata y Mumbai** son altamente vulnerables a los impactos de la elevación del nivel del mar, los ciclones tropicales y los desbordamientos ribereños. Las inundaciones y sequías vienen acompañadas de impactos en la salud, como las enfermedades diarreicas, que son actualmente una causa importante de mortalidad infantil en Asia y el Pacífico.

Los shocks generados por el cambio climático a la disponibilidad estacional de agua causarían a las poblaciones continuos y múltiple problemas de acceso al agua potable segura, a una cantidad suficiente de agua para riego y una adecuada capacidad de enfriamiento para la producción de energía térmica.

Independientemente del rumbo futuro de las emisiones, en los próximos 20 años cabe esperar que la frecuencia de meses de verano inusualmente cálidos y extremos se incremente varias veces debido al proceso de calentamiento ya en curso. Se prevé que esas temperaturas cálidas extremas traigan aparejado un aumento sustancial del exceso de mortalidad, como ya se ha observado en el pasado.

Se proyecta que habrá crecientes riesgos e impactos de desbordamiento extremo de los ríos, ciclones tropicales más intensos, la elevación del nivel de los mares y temperaturas extraordinariamente altas. El desplazamiento de las poblaciones, que ya ocurre periódicamente en las zonas propensas a inundarse, tenderá a continuar como resultado de graves inundaciones y otros eventos extremos. Es probable que la producción agrícola sufra los efectos combinados del alza de las temperaturas, los impactos en la disponibilidad estacional de agua y los efectos de la elevación del nivel del mar.

El desarrollo y crecimiento económico futuro contribuirá a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones grandes y pobres del Asia meridional . Sin embargo, de acuerdo con las proyecciones del cambio climático se prevén altos niveles de vulnerabilidad, y sus consecuencias sociales indican que esos altos niveles tenderán a continuar y persistir. Se proyecta que el calentamiento demorará la reducción esperada de los niveles de pobreza. Muchos de los impactos del cambio climático en la región plantean un reto significativo al desarrollo, incluso con un calentamiento relativamente moderado de entre 1,5 °C y 2 °C. Se necesitarían grandes inversiones en infraestructura, sistemas de contención de inundaciones y el desarrollo de cultivos resistentes a las altas temperaturas y a la sequía, así como mejoras importantes en prácticas de sostenibilidad como la extracción de agua subterránea, para hacer frente a los impactos previstos conforme a este escenario de calentamiento.

Siglas y abreviaturas

°C	Grados Celsius
AR4	Cuarto Informe de Evaluación del IPCC
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
BAU	*Business as usual*
CAT	Instrumento de Seguimiento de Acción relativa al Clima
cm	Centímetros
CMIP5	Quinta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelo Acoplado
CO_2	Dióxido de carbono
DEF	Diciembre, enero y febrero
DHW	*Degree heating weeks*
GCM	Modelo de circulación general
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISI-MIP	Proyecto de Intercomparación del Modelo de Impacto Intersectorial
JJA	Junio, julio y agosto
m	Metros
mm	Milímetros
PIB	Producto interno bruto
RCP	Camino de concentración representativa
SRES	Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones
SREX	Informe especial del IPCC sobre gestión de riesgos de fenómenos extremos y desastres para promover la adaptación al cambio climático

Glosario

Bioma Un bioma es una vasta superficie geográfica de grupos de plantas y animales claramente distintos, que comprende un conjunto limitado de grandes hábitat, clasificados por tipos climáticos y predominantemente vegetativos. Son biomas, por ejemplo, los pastizales, desiertos, bosques de plantas de hojas perennes o caducas y la tundra. Dentro de cada bioma definido en términos amplios hay muchos diferentes ecosistemas, todos los cuales comparten la gama limitada de condiciones climáticas y ambientales existentes en ese bioma.

CAT El Instrumento de Seguimiento de Acción relativa al Clima es una evaluación independiente de base científica que realiza el seguimiento de los compromisos y medidas relativos a emisiones adoptados por los diferentes países. Las estimaciones de futuras emisiones deducidas de esa evaluación sirven para analizar las hipótesis de calentamiento a que daría lugar la actual política: a) *CAT con referencia a una situación sin cambios (BAU, por el inglés* business as usual*)*: una hipótesis de referencia más baja basada en el supuesto de que no hubiera cambios, que incluye las políticas vigentes en materia de cambio climático, pero no reducciones de emisiones prometidas, y b) *compromisos de CAT vigentes*: una hipótesis que además incorpora reducciones que los países ya se han comprometido internacionalmente a efectuar.

CMIP5 Es la quinta fase del Proyecto de Intercomparación del Modelo Acoplado, que reunió 20 grupos de GCM, que generó un amplio conjunto de datos de proyecciones climáticas comparables. El proyecto proporcionó un marco de experimentos coordinados sobre cambio climático e incluye simulaciones para evaluación en el AR5 del IPPC.

Fertilización con CO_2 El efecto de fertilización con CO_2 puede incrementar el ritmo de la fotosíntesis principalmente en plantas C3, e incrementar el uso eficiente del agua, aumentando así la masa de grano y/o el número de granos de los cultivos agrícolas C3. Ese efecto puede contrarrestar en cierta medida los impactos negativos del cambio climático, aunque el contenido de proteína de los granos puede disminuir. Los efectos a largo plazo no son seguros, pues dependen en gran medida de una potencial aclimatación fisiológica a largo plazo ante elevadas cantidades de CO_2, así como de otros factores de limitación, tales como nutrientes del suelo, agua y luz.

GCM Un modelo de circulación general es el tipo más avanzado de modelo climático, que se utiliza para elaborar proyecciones de cambios del clima provocados por crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles y agentes externos, tales como variación de la actividad solar y erupciones volcánicas. Esos modelos contienen representaciones numéricas de procesos físicos ocurridos en la atmósfera, los océanos, la criosfera y la superficie terrestre en una red tridimensional; la generación actual de modelos de este género tiene una resolución horizontal típica de 100 a 300 km.

Hiperaridez Característica de las zonas terrestres con muy bajo índice de aridez, que generalmente coinciden con los grandes desiertos. No existe un valor universalmente estandarizado de hiperaridez. Los valores comprendidos entre 0 y 0,05 se clasifican en este informe como de hiperaridez.

Índice de aridez El índice de aridez es un indicador destinado a identificar regiones estructuralmente “áridas”, es decir, aquellas donde existe un déficit medio a largo plazo de precipitaciones. Se define como el total anual de precipitaciones dividido por la evapotranspiración potencial, siendo esta última una medida del volumen de agua que un tipo de cultivo representativo necesitaría para crecer en función de condiciones

locales tales como temperatura, radiación entrante y velocidad del viento, a lo largo de un año. Es una medida estandarizada de la demanda de agua.

Inusual y sin precedentes En este informe se definen los extremos de calor inusuales y sin precedentes mediante la utilización de umbrales basados en la variabilidad histórica del clima local actual. El nivel absoluto del umbral depende, pues, de la variabilidad natural de un año a otro del período básico (1951–80), que se capta mediante la desviación estándar (sigma). Los extremos de calor inusuales se definen como hechos 3-sigma. Para una distribución normal, esos hechos tienen un período de repetición de 740 años. La ola de calor en Estados Unidos en 2012 y la de Rusia en 2010 se clasifican como hechos 3-sigma, y por lo tanto inusuales. Los extremos de calor sin precedentes se definen como hechos 5-sigma. Tienen una distribución normal (por ejemplo, la distribución puede tener colas "largas", que hagan más probables los hechos de calor) y los períodos de repetición pueden diferir de los previstos en una distribución normal. No obstante, los hechos 3-sigma son extremadamente improbables y es casi seguro que nunca hayan ocurrido hechos 5-sigma.

IPCC AR4, AR5 El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático es el principal órgano de evaluaciones sobre el cambio climático mundial. Comprende cientos de destacados científicos de todo el mundo, y publica regularmente informes de evaluación que ofrecen un panorama general de la información científica, técnica y socioeconómica más reciente sobre el cambio climático y sus consecuencias. El Cuarto Informe de Evaluación (AR4) se publicó en 2007, y el Quinto Informe de Evaluación (AR5) se completará en 2013–14.

ISI-MIP El primer Proyecto de Intercomparación del Modelo de Impacto Intersectorial es un programa de elaboración de modelos impulsado por la comunidad que proporciona evaluaciones intersectoriales de impacto mundial sobre la base de las hipótesis climáticas (RCP) y socioeconómicas recientemente elaboradas. En el proceso de modelado participaron más de 30 modelos, correspondientes a 5 sectores (agricultura, recursos hídricos, biomas, salud e infraestructura).

MAGICC Es el modelo de ciclo de carbono/clima de "complejidad reducida", aplicado aquí en un contexto probabilista para proporcionar proyecciones de media mundial de calentamiento que constituyan "mejores aproximaciones", con gamas desprovistas de certidumbre relacionadas con la falta de certidumbre del ciclo del carbono, el sistema climático y la sensibilidad climática. El modelo presenta limitaciones determinadas por observaciones históricas de temperaturas hemisféricas de tierras y océanos y estimaciones históricas sobre absorción de calor por los océanos; determina en forma confiable la carga atmosférica de concentración de CO_2 en comparación con modelos de ciclo de carbono de alta complejidad, y además permite realizar proyecciones de calentamiento medio mundial cerca de la superficie, en consonancia con estimaciones efectuadas mediante GCM.

Niveles preindustriales (qué significa el actual calentamiento de 0,8°C) Los registros instrumentales de temperatura muestran que en 1986–2005 el promedio de 20 años de la media mundial de temperaturas del aire cerca de la superficie superó en alrededor de 0,6°C el promedio del período 1851–79. No obstante, existen considerables variaciones de un año a otro e incertidumbre sobre los datos. Además, el calentamiento medio del período de 20 años comprendido entre 1986 y 2005 no representa necesariamente el calentamiento actual. Trazar una tendencia lineal del período 1901–2010 da un calentamiento de 0,8°C desde la "industrialización temprana". Se han reunido medias mundiales de temperaturas del aire cerca de la superficie en los registros instrumentales de temperatura del aire en la superficie que datan de 1850, aproximadamente. El número de estaciones de medición en los primeros años es reducido, y aumenta rápidamente con el tiempo. El proceso de industrialización estaba francamente avanzado en 1850 y en 1900, lo que implica que utilizar 1851–79 como período básico o 1901 como punto de partida para análisis de tendencias lineales podría llevar a subestimar el calentamiento actual y futuro, pero las emisiones de gases de efecto invernadero en torno al final del siglo XIX eran todavía reducidas y las incertidumbres en las reconstrucciones de temperaturas antes de ese momento son considerablemente mayores.

PIB (producto interno bruto) Es la suma del valor bruto agregado por todos los productores residentes existentes en la economía y de los eventuales tributos sobre los productos, con deducción de eventuales subsidios no incluidos en el valor de los productos. Se calcula sin deducciones por depreciación de activos fabricados o deterioro y degradación de recursos naturales.

PIB (PPP) per cápita Es el PIB dividido por el número de habitantes sobre una base de paridad del poder adquisitivo. Ha de tenerse presente que si bien las estimaciones del PPP correspondientes a los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos son sumamente confiables, las correspondientes a los países en desarrollo suelen ser aproximaciones gruesas.

Plantas C3/C4 Esta denominación se refiere a dos tipos de "caminos" bioquímicos de la fotosíntesis. La categoría de plantas C3 comprende más del 85% de las plantas de la Tierra (por

ejemplo la mayoría de los árboles, el trigo, el arroz, los boniatos y las papas) y responde bien a condiciones de humedad y al dióxido de carbono adicional en la atmósfera. Las plantas C4 (por ejemplo los pastos de sabana, el maíz, el sorgo, el mijo, la caña de azúcar) son más eficientes en uso de agua y energía, y su desempeño supera el de las plantas C3 en condiciones cálidas y secas.

RCP Los caminos de concentración representativa se basan en hipótesis cuidadosamente seleccionadas para trabajar sobre preparación de modelos integrados de evaluación, modelos sobre el clima, y modelos y análisis de impactos. Esa labor refleja casi una década de nuevos datos económicos, información sobre tecnologías emergentes y observaciones de factores ambientales, tales como uso de la tierra y variación de la cobertura de la superficie terrestre. En lugar de comenzar con "tramas" socioeconómicas detalladas para generar hipótesis de emisiones, los RCP constituyen conjuntos de proyecciones coherentes que se refieren exclusivamente a los componentes de presiones radiactivas (la variación del equilibrio entre la radiación que ingresa en la atmósfera y la que la abandona, causada principalmente por la variación de la composición atmosférica), destinadas a servir como aporte para la elaboración de modelos sobre el clima. Esas trayectorias de presiones radiactivas no están asociadas con hipótesis únicas en materia socioeconómica o de emisiones, sino que pueden obedecer a diferentes combinaciones de futuros económicos, tecnológicos, demográficos, de políticas e institucionales.

RCP2.6 Se refiere a una situación hipotética representativa de la bibliografía especializada sobre hipótesis de mitigación encaminadas a limitar el incremento de la temperatura media mundial a un nivel de 2°C por encima del período anterior a la era industrial. Esa senda de mitigación es utilizada en numerosos estudios que están siendo evaluados para el Quinto Informe de Evaluación (AR5), y es la hipótesis básica de emisiones bajas utilizada para los impactos evaluados en otras partes del presente informe, en que nos referimos a RCP2.6 como "mundo 2°C más cálido".

RCP8.5 Se refiere a una situación hipotética en que no existe una política de referencia sobre el clima, con emisiones de gases de efecto invernadero relativamente altas, situación que se utiliza en numerosos estudios que se están evaluando para el Quinto Informe de Evaluación del IPCC. Esta situación es también la hipótesis básica de altos niveles de emisiones para los impactos evaluados en otras partes del presente informe, en el cual nos referimos a RCP8.5 como el "mundo 4°C más cálido" que el período anterior a la era industrial.

Severo y extremo Que suscita consecuencias (negativas) poco comunes. Estos términos están asociados a menudo con términos calificadores adicionales, tales como "inusual" o "sin precedentes", que poseen significados específicos cuantificados (véase "Inusual y sin precedentes").

SRES El informe especial sobre hipótesis de emisiones, publicado por el IPCC en 2000, ha suministrado las proyecciones sobre el clima para el Cuarto Informe de Evaluación. Esos informes no incluyen supuestos de mitigación. En el estudio destinado al SRES se consideran 40 diferentes hipótesis, cada una de las cuales adopta diferentes supuestos sobre las fuerzas que determinan las futuras emisiones de gases de efecto invernadero. Las hipótesis se agrupan en cuatro familias, que corresponden a una amplia gama de hipótesis de emisiones altas y bajas.

SREX En 2012 el IPCC publicó el informe especial sobre gestión de riesgos de fenómenos extremos y desastres para promover la adaptación al cambio climático. En él se presenta una evaluación de los factores físicos y sociales que dan forma a la vulnerabilidad a desastres relacionados con el clima y se proporciona un panorama de las posibilidades de una eficaz gestión de riesgos de desastres.

BANCO MUNDIAL