

# Sobre una delgada capa de hielo

Como la reducción de la contaminación  
puede ralentizar el calentamiento  
y salvar vidas



UN INFORME CONJUNTO REALIZADO POR

El Banco Mundial

La Iniciativa Internacional para el Clima de la Criosfera

Resumen ejecutivo



BANCO MUNDIAL

INICIATIVA INTERNACIONAL PARA EL  
CLIMA DE LA CRIOSFERA



# Sobre una delgada capa de hielo

**Como la reducción de la  
contaminación puede ralentizar  
el calentamiento y salvar vidas**

**Octubre de 2013**

Un informe conjunto realizado por  
El Banco Mundial  
La Iniciativa Internacional para el Clima  
de la Criosfera

© 2013 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank and International Cryosphere Climate Initiative (ICCI)

The World Bank:  
1818 H Street NW  
Washington DC 20433  
Telephone: 202-473-1000  
Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

ICCI:  
1496 Church Hill Rd.  
Charlotte, VT 05445  
802-482-5205  
[www.iccinet.org](http://www.iccinet.org)

This work is a joint product of the World Bank and the International Cryosphere Climate Initiative (ICCI) with external contributions. 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 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 and ICCI encourage dissemination of their 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 World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2422; e-mail: [pubrights@worldbank.org](mailto:pubrights@worldbank.org).

All photos courtesy of Shutterstock.com except for page 32, which is courtesy of the Himalayan Stove Project.

# Agradecimientos

---

El Banco Mundial y la Iniciativa Internacional para el Clima de la Criosfera (ICCI, por sus siglas en inglés) desean agradecer a los equipos de modelización, a los miembros del Grupo Interpretativo de Alto Nivel, a los coautores, a los revisores científicos y a los editores la aportación realizada en el desarrollo de este informe.

La ICCI también desea agradecer a la Flora Family Foundation cuyo generoso apoyo ha posibilitado la realización de la Iniciativa y de este Informe.

Las aportaciones de los siguientes equipos de modelización han sido cruciales para la preparación de este informe.

**Equipos de modelización:**

**Administración Nacional y de Aeronáutica de los Estados Unidos y el Instituto Goddard para Estudios Espaciales (NASA/GISS)**

**El Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión Europea**

**Universidad Técnica de Estambul**

**Universidad de Reading**

**Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA)**

**Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo en la Universidad de York (SEI-York)**

**Universidad de California en Berkeley**

**Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA)**

# Glosario

---

**Albedo:** medida de la reflectividad de la superficie de la tierra. Es la fracción de energía solar (radiación de onda corta) reflejada desde la tierra de vuelta al espacio. El hielo grueso y la nieve tienen un alto nivel de albedo; la tierra desnuda tiene un bajo nivel de albedo.

**Alpino:** regiones montañosas.

**Antropogénico:** resultante de o producido por acciones humanas.

**Balance de masa o balance de masa glacial:** la diferencia entre acumulación y deshielo de glaciares o láminas de hielo. Se expresa como pérdida de volumen (balance de masa específico medio acumulativo, kilogramos por metro cuadrado, kg/m<sup>2</sup>) y como contribución relativa al aumento del nivel del mar (equivalente en milímetros del nivel del mar, mmSLE).

**Biocombustibles:** combustibles no fósiles, normalmente líquidos o gases (por ejemplo, biogás, biodiesel o bioetanol).

**Biomasa:** Se refiere a los materiales orgánicos sólidos, como madera, pasto o forraje, excrementos animales y otros desechos agrícolas.

**Boreal:** relacionado con o situado en los ecosistemas nórdicos próximos al Ártico.

**Carbono negro (CN):** partícula negra de pequeño tamaño que aumenta el calentamiento de la tierra. Aunque el carbono negro es una partícula en lugar de un gas de efecto invernadero, es el segundo factor de cambio climático más importante después del dióxido de carbono. A diferencia del dióxido de carbono, el carbono negro precipita rápidamente con la lluvia y puede eliminarse de la atmósfera si se detienen las emisiones. Las reducciones mejorarían también la salud humana.

**Cargas globales de enfermedades:** estudio para estimar el número de muertes anuales en todo el mundo como consecuencia de diferentes enfermedades o causas medioambientales; puede también dividirse en diferentes regiones y grupos. Consultar <http://www.healthmetricsandevaluation.org/gbd>.

**Celsius:** un grado Celsius (centígrado) equivale a unos 1,8 grados en la escala Fahrenheit.

**Criosfera:** elementos del sistema de la Tierra que contienen agua en estado congelado, incluido el hielo marino, el hielo de lagos y ríos, las capas de nieve y la precipitación sólida, los glaciares, los casquetes polares, las láminas de hielo, las mesetas de hielo, el gelisuelo (permafrost) y el suelo helado con carácter estacional.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** el gas de efecto invernadero que contribuye más al calentamiento global. Mientras que más de la mitad del CO<sub>2</sub> emitido se elimina de la atmósfera en el curso de un siglo, una fracción (cerca del 20 por ciento) del CO<sub>2</sub> emitido permanece en la atmósfera durante muchos miles de años.

**Escenario 450 de la AIE/OCDE:** La progresión de emisiones basada en las proyecciones de energía y combustible de la publicación *World Energy Outlook* de la Agencia Internacional de Energía (AIE).

**Euro-6/VI:** normativas europeas para emisiones de vehículos (normativas europeas) que definen los límites aceptables para las emisiones del tubo de escape los vehículos nuevos que se venden en los estados miembros de la Unión Europea (consultar <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/environment/eurovi/>).

**Fermentación entérica:** proceso digestivo en los rumiantes (vacas, ovejas) que les permite comer plantas duras, ricas en celulosa. El proceso produce la liberación de emisiones de metano.

**Flujo de carbono:** liberación de carbono al medio ambiente, que puede darse en diferentes formas (esto es, metano, gas dióxido de carbono).

**Forzamiento radiativo:** medida del cambio neto en el balance energético de la Tierra con el espacio, esto es, el cambio en la radiación solar entrante menos la radiación terrestre saliente. A escala global, el forzamiento radiativo promedio anual se mide en la capa superior de la atmósfera o tropopausa. Se expresa en unidades de tasa de calentamiento (vatios, W) por unidad de área (metros cuadrados, m<sup>2</sup>).

**Forzantes de corta vida y contaminantes climáticos de corta vida (CCCV):** sustancias como el metano, el carbono negro, el ozono troposférico y algunos hidrofluorocarbonos, que tienen un impacto significativo en el cambio climático a corto plazo y un tiempo de vida relativamente corto en la atmósfera en comparación con el dióxido de carbono y otros gases de vida más larga.

**Gelisol (permafrost):** Suelo que permanece a temperatura igual o inferior al punto de congelación del agua durante dos años o más. El gelisol atrapa carbono que puede liberarse como metano, CO<sub>2</sub>, y otros gases, al deshelarse.

**Glaciares y glaciares de tierra:** “ríos de hielo” en la tierra, formados por nieve compacta acumulada a lo largo de siglos o milenios, que se mueven lentamente hasta que se deshuelan o se descargan (como icebergs) en el océano.

**Hielo marino:** hielo relativamente joven y delgado (de unos pocos centímetros a varios metros de grosor, y normalmente de menos de una década de edad), sujeto a adelgazamiento o deshielo estacionales.

**Láminas de hielo:** capas grandes y continuas de hielo antiguo (de hasta millones de años) y, con frecuencia, muy grueso (3-4 km de Groenlandia o Antártica), que puede cubrir tierra o lo que serían en caso contrario aguas libres.

**Medidas (medidas de reducción):** por medidas de reducción en este informe se entiende las acciones, reglamentos o tecnologías que reducen las emisiones de varios contaminantes, incluidos el carbono negro y el metano. Se eligen medidas de las que se deriven beneficios para la salud y climáticos, y solo se incluyen tecnologías o acciones que ya se están utilizando en algunas partes del mundo (pero que puede que no sean rentables y aplicables en todos los contextos nacionales).

**Medidas “beneficiosas en todo caso”:** medidas de mitigación que es probable que reduzcan el calentamiento global y que al mismo tiempo proporcionan beneficios de aire limpio al reducir la contaminación del aire.

**Metano (CH<sub>4</sub>):** gas de efecto invernadero que dura por término medio solo 12 años en la atmósfera; es un factor de calentamiento extremadamente potente durante ese período. Una molécula de metano calienta unas 25 veces más que el dióxido de carbono a lo largo de 100 años; 72 veces más a lo largo de 20 años.

**Mitigación:** acciones para combatir el cambio climático mediante la reducción de los gases de efecto invernadero y otros agentes de forzamiento del clima.

**Modelización:** simulaciones por ordenador del comportamiento atmosférico global, incluidos factores complejos y de temperatura, e interacciones entre tierra, aire, agua y la biosfera.

**Monzón:** cambios estacionales en la circulación y precipitación atmosféricas asociados con el calentamiento asimétrico de tierra y mar (especialmente en el sureste asiático).

**Ozono (O<sup>3</sup>):** contaminante nocivo y gas de efecto invernadero que se forma únicamente a través de reacciones químicas complejas con otras sustancias en la atmósfera, incluido el metano, y puede ser nocivo para la salud humana y para los cultivos.

**Ozono troposférico:** llamado a veces ozono en superficie, se refiere al ozono que se forma o reside en la capa de la atmósfera que abarca desde la superficie de la Tierra hasta la tropopausa (los 10-20 km inferiores de la atmósfera).

**Placa de hielo de la Antártida occidental (West Antarctic Ice Sheet, WAIS):** capa de hielo grueso que cubre más de dos millones de kilómetros cuadrados de la región antártica occidental, siendo de hecho la mayor parte de dicha región un archipiélago cubierto de hielo y, por consiguiente, sujeto a cierto grado de inestabilidad.

**Procesos o mecanismos de retroalimentación:** impactos de cambio climático que conducen a un ciclo de un mayor calentamiento, ya sea mediante la liberación de gases de efecto invernadero o mediante un cambio de las condiciones físicas para el calentamiento (por ejemplo, albedo o composición de los océanos).

# Prólogo (Banco Mundial)

---

Contamos con la ciencia necesaria y se ha identificado el problema. Ahora debemos actuar de la manera más inteligente y eficaz posible. Nuestro mundo camina sobre una delgada capa de hielo.

Este informe trata acerca de cómo está afectando el cambio climático a la criosfera, esas cubiertas de nieve de las montañas, los brillantes glaciares y amplios ecosistemas de gelisuelo (permafrost) de los que todos dependemos. Establece 14 medidas específicas que podríamos adoptar de aquí a 2030 para reducir los contaminantes climáticos de corta vida y ralentizar el deshielo del hielo y la nieve que deben permanecer congelados para evitar que los océanos y las temperaturas mundiales aumenten aún más rápido.

Tomar medidas para estabilizar la criosfera también salvará vidas ahora. Al mitigar los contaminantes climáticos de corta vida como el carbono negro y el metano, mejoraremos la salud de miles de comunidades, muchas de ellas en los países en vías de desarrollo.

Si, por ejemplo, ampliáramos rápidamente tan solo cuatro soluciones más limpias para cocinar, podríamos salvar un millón de vidas humanas cada año. Esto equivale a un cuarto de la población, compuesta en mayoría de mujeres y niños, que mueren cada año como consecuencia de la exposición al humo de cocina tanto interior como al aire libre. Los beneficios se multiplicarían porque, con un aire más limpio, las ciudades son más productivas, la salud infantil mejora y es posible cultivar más alimentos. Al mismo tiempo, reduciríamos el impacto climático del carbono negro que tienen estos hornos en las regiones polares y montañosas, en especial en los Himalayas.

La cordillera del Himalaya conforma la mayor fuente de agua dulce fuera de los polos en un área que acoge a 1.500 millones de personas. En un momento en el que la temperatura de la superficie en la región es 1,5 grados centígrados más alta que antes de la revolución industrial, la salud y el bienestar de cientos de millones de personas están en juego. Hoy día, el deshielo de la nieve y el hielo está provocando inundaciones catastróficas en un área y sequías en otra, y esta tendencia se acelerará a medida que el planeta continúe calentándose.

Vemos que esto mismo ocurre en los Andes en Sudamérica, donde los glaciares alimentan las cuencas fluviales de las que dependen millones de personas para la agricultura y el suministro eléctrico; y en África Oriental.

Una reducción de tan solo el 50 por ciento en la quema forestal y a cielo abierto, otra de las principales fuentes de carbono negro, podría evitar cerca de 190.000 muertes debido a la contaminación del aire. Mediante la reducción de las emisiones del transporte diesel podríamos evitar otras 340.000 muertes prematuras, y al mismo tiempo se obtendrían algunas ganancias rápidas en nuestra lucha contra el cambio climático.

En el Banco Mundial, estamos adoptando medidas para garantizar que un mayor número de nuestros proyectos y actividades reduzcan los contaminantes climáticos de corta vida. Un análisis reciente para el G8 revela que para el periodo 2007-2012, el 7,7% de los compromisos del Banco en energía, transporte, carreteras, agricultura, silvicultura, y residuos urbanos y aguas residuales (aproximadamente 18 mil millones de dólares) eran “relevantes para los CCCV” (es decir, tienen un impacto en la cantidad de contaminantes climáticos de corta vida que se liberan a la atmósfera). De cara al futuro, nuestro objetivo es transformar la cartera del Banco en la medida de lo posible para dedicarnos a actividades que “reduzcan los CCCV”.

Ninguna de estas actividades será sencilla y existen barreras muy reales para su implantación en cuanto a costo, comportamiento, tecnología y sostenibilidad.

Permítanme además ser clara: Las medidas que estamos proponiendo en este informe no son una solución rápida para el calentamiento mundial. Los esfuerzos para reducir el carbono negro y el metano no pueden sustituir la mitigación a largo plazo del CO<sub>2</sub>, lo cual requiere una transición mundial hacia una economía de bajo consumo de carbono y altamente eficiente desde el punto de vista energético. Este cambio implica cooperación internacional y décadas de duro trabajo.

No obstante, al abordar los contaminantes climáticos de corta vida, recogeremos algunos beneficios climáticos significativos al tiempo que daremos respuesta a la necesidades de desarrollo humano de hoy.

La explotación de estas medidas “beneficiosas en todo caso” es la manera de garantizar un “crecimiento verde” sin ralentizarlo y de lograr un desarrollo sostenible, mientras también nos aseguramos de que hacemos frente a los desafíos más urgentes. Tenemos ante nosotros una oportunidad pero la ventana para pasar a la acción se cerrará pronto. Así que pongámonos en marcha.

Rachel Kyte  
Vicepresidenta de Desarrollo Sostenible  
El Banco Mundial



# Prólogo (Iniciativa Internacional para el Clima de la Criosfera)

---

Este informe es un mensaje de advertencia y de esperanza.

De advertencia porque los cambios rápidos que se están produciendo en las regiones de hielo y nieve de la tierra, la criosfera, cada día aumentan los riesgos de cambios en el medio ambiente mundial: cambios hasta ahora nunca vistos a lo largo de la existencia humana. Esperanza, porque ahora contamos con las herramientas para disminuir ese riesgo y mejorarían las vidas y el futuro de algunas de las poblaciones más vulnerables del mundo.

En primer lugar la advertencia: la criosfera está cambiando rápidamente como consecuencia del cambio climático. Está cambiando hoy, y esos cambios acarrearán un mayor riesgo para los ecosistemas y las sociedades humanas. Este informe documenta cómo se repite ese patrón en toda la criosfera, ya sea el Ártico, la Antártida, el tercer polo del Himalaya o los Andes: el aumento de las temperaturas a una velocidad que como mínimo duplica la media mundial, la recesión de los glaciares, señales de inestabilidad en las láminas de hielo, el deshielo del gelisuelo. La criosfera ha entrado en un ritmo de calentamiento acelerado y algunos de esos cambios podrían hacer que el cambio climático mundial se produzca a una velocidad más rápida y vaya más allá de lo que estamos preparados en la actualidad para hacer frente. Si el calentamiento sigue sin disminuir, los riesgos del continuo aumento del nivel del mar, las inundaciones y la interrupción de los recursos hídricos aumentan considerablemente. También lo hará el riesgo de grandes emisiones de CO<sub>2</sub> y metano del gelisuelo, pudiendo eclipsar los esfuerzos mundiales para reducir la contaminación producida por el carbono. La ventana para ralentizar algunos de estos procesos podría cerrarse rápidamente.

A pesar de esto, este informe transmite esperanza, porque hay un conjunto de herramientas para la gestión de la contaminación atmosférica disponible para que podamos ralentizar estos cambios en la criosfera y al mismo tiempo producir beneficios económicos: mejora de la salud, mayor rendimiento de los cultivos y mayor acceso a la energía. Las medidas para combatir la contaminación dirigidas a focos como los hornos para cocinar; las estufas de carbón y leña; el diesel; alternativas a la quema de cosechas; y la captura de biocombustible de vertederos ofrecen beneficios directos a esas comunidades que trabajan para conseguirlo y son perfectamente alcanzables. Si bien las reducciones mundiales de CO<sub>2</sub> no pueden ni deben sustituirse, muchas comunidades tienen en sus manos la posibilidad de al menos disminuir la pérdida de nieve y glaciares cercanos. Las herramientas de las cuales hablamos en este informe reflejan una solución verdaderamente global, con acciones disponibles tanto para el mundo desarrollado como para el mundo en vías de desarrollo: hornos de leña mejorados para la calefacción en Escandinavia y hornos mejorados para cocinar en Nepal contribuyen a conservar el hielo y la nieve cercanos.

La modelización incluida en este informe muestra que existe una necesidad particular de centrarse con mayor urgencia en la contaminación provocada por los hornos para cocinar. La introducción de hornos avanzados demostró ser la medida con beneficios para el clima reconocidos en *todas* las regiones de la criosfera del mundo, incluida la Antártida. Los costos humanos derivados de la falta de acción son enormes: cuatro millones de personas mueren cada año como consecuencia de la contaminación provocada por los hornos, un número superior al número de muertes que causan el SIDA, la malaria y la tuberculosis juntos. Ha llegado el momento de plantear un impulso equiparable para sustituir estos hornos contaminantes nocivos para la salud utilizando las mismas herramientas que dieron un vuelco a la crisis mundial provocada por el SIDA: esfuerzos públicos y privados coordinados, una estricta supervisión y evaluación, y pequeños programas adaptados a las condiciones locales.

La modelización también demuestra de qué manera las emisiones de metano y carbono negro asociadas a la extracción de combustible fósil, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> de la quema de combustible fósil calientan la tierra, subrayando la necesidad de hacer la transición hacia economías de bajo consumo de carbono en un futuro próximo.

El resultado es un imperativo tanto para proteger la criosfera como para respaldar el desarrollo humano. Poner en práctica estas medidas de calidad del aire cuanto antes mejorará la calidad de vida de millones de personas cada año, al tiempo que disminuirá los riesgos provocados por el aumento del nivel del mar y otros impactos del rápido cambio de la criosfera. Aún así, no se puede subrayar lo suficiente que, para lograr estos avances, las acciones relativas a la calidad del aire modelizadas en este estudio deberán ir acompañadas de medidas con respecto al CO<sub>2</sub>.

Este es por tanto el mensaje de advertencia y esperanza de la criosfera: el nuevo imperativo de la criosfera y el desarrollo.

Pam Pearson  
Directora

Iniciativa Internacional para el Clima de la Criosfera



# Principales mensajes



El cambio climático está teniendo un impacto desproporcionado en áreas de nieve y hielo conocidas como la criosfera, con graves implicaciones para el desarrollo humano y el medio ambiente en todo el mundo. Este informe ofrece una visión de conjunto de los motivos por los que resulta crucial ralentizar la velocidad del cambio en la criosfera. También aborda cómo la aceleración de acciones para disminuir los contaminantes de corta vida de sectores clave puede marcar una diferencia real para ralentizar estos cambios peligrosos y riesgos para el desarrollo, y al mismo tiempo contribuye a mejorar la salud pública y la seguridad alimenticia.

## Los cambios sin precedentes que han tenido lugar en la criosfera presentan amenazas globales

Los cambios rápidos en la criosfera observados durante la primera década de este siglo continúan o se están acelerando. Con la excepción del aumento de un uno por ciento en la extensión de hielo en el mar Antártico y el crecimiento de algunos glaciares, no se ha descrito en publicaciones revisadas por expertos evidencias que el rápido calentamiento documentado en la criosfera a comienzos de la década de los 90 se haya ralentizado. En la mayoría de los casos, el calentamiento y el deshielo se están acelerando (figura ES1).

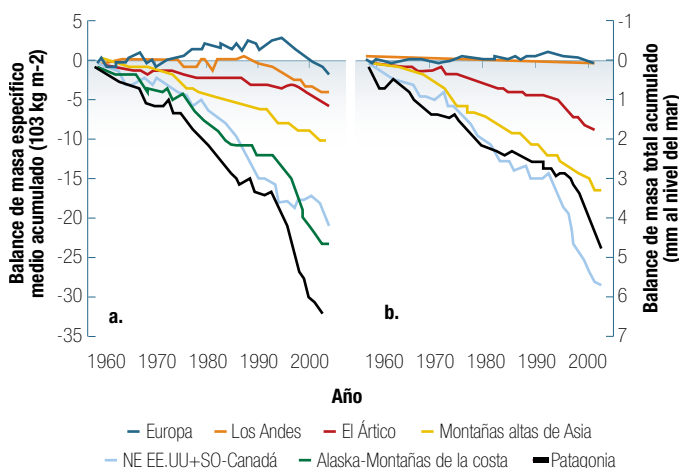
El rápido ritmo de calentamiento de la criosfera, a un ritmo sin precedentes en los registros históricos, tiene el potencial de desencadenar mecanismos de retroalimentación desastrosos

de la criosfera al sistema climatológico mundial. Entre los ejemplos se incluye la pérdida de albedo del hielo del mar y de las capas de hielo, y la pérdida de gelisuelo que provoca a su vez mayores flujos de carbono hacia la atmósfera (en especial en aquellos lugares donde las emisiones se producen en forma de metano).

La emisión de depósitos de carbono en el gelisuelo podría contribuir a la presencia de entre un 5 y un 30 por ciento más de carbono en la atmósfera de aquí a finales de este siglo si no se ralentiza el actual calentamiento de la criosfera. Esto requeriría a su vez reducciones aún mayores en las fuentes antropogénicas de CO<sub>2</sub> a las recomendadas en la actualidad para mantener el calentamiento por debajo de 2 grados centígrados.

El calentamiento de la criosfera presenta graves amenazas para la preparación ante desastres, los recursos hídricos en algunas regiones densamente pobladas, la adaptación, y para la conservación de ecosistemas. Es necesaria una mayor supervisión en las regiones

**Figura ES 1:** Pérdida de hielo de glaciar terrestre, muestra la masa acumulada perdida con el tiempo (izquierda) y la contribución relativa de pérdida en cada región con respecto al aumento del nivel del mar (derecha). (Fuente: IPCC AR4, (2007)).





### **de la criosfera para poder advertir los cambios mejor y antes.**

Es especialmente importante supervisar la estabilidad de las láminas de hielo debido a su posible contribución al aumento acelerado del nivel del mar en el mundo entero, si bien grandes secciones de las regiones polares y alpinas elevadas cuentan con pocas o ninguna estación de observación.

## **Las estrategias de mitigación en la criosfera tienen beneficios importantes y seguros**

**Mitigar los contaminantes climáticos de corta vida (CCCV), en las dos próximas décadas, en concreto el carbono negro y el metano, puede ralentizar estos cambios al tiempo que beneficia a las comunidades humanas.** Poner en práctica de aquí a 2030 las 14 medidas de reducción de metano y carbono negro (Tabla ES1) modelizadas para este informe traería consigo múltiples beneficios para la salud, los cultivos y los ecosistemas, y disminuiría los riesgos para el desarrollo como consecuencia de los cambios en los recursos hídricos, entre los que se incluyen las inundaciones y otros impactos o retroalimentaciones del clima que quizás aún no hayamos previsto hoy en día.

**Los beneficios climatológicos para las regiones de la criosfera como consecuencia de las reducciones del carbono negro son menos inciertos que para otras partes del mundo y en ocasiones son muy grandes.** Esto es así porque las emisiones de fuentes que emiten carbono negro, incluso con otros contaminantes, casi siempre conducen al calentamiento sobre hielo y nieve reflectantes.

**Los beneficios desaparecerían de aquí a finales de este siglo si no se acompañan con importantes reducciones en el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** Las reducciones de los contaminantes climáticos de corta vida no pueden hacerse sin tener en cuenta los esfuerzos para reducir otros gases de efecto invernadero. La función de dichas reducciones es ralentizar la velocidad inmediata del cambio, en especial en la criosfera, pero no puede sustituir los esfuerzos a largo plazo de reducción del CO<sub>2</sub>.

## **Determinadas medidas sectoriales ofrecen enormes beneficios**

**Las medidas de reducción de hornos ofrecen hasta el momento los mayores beneficios posibles tanto para la salud humana como para la ralentización del calentamiento de la criosfera.** El rápido aumento de cuatro soluciones existentes de hornos limpios<sup>1</sup> podría salvar un millón de vidas cada año<sup>2</sup>, derivado tan solo del impacto de la contaminación atmosférica exterior. Cálculos actuales de la Carga global de enfermedades (GBD, por sus siglas en inglés) sitúan el número total de muertes anuales de toda la exposición al humo procedente de hornos en los hogares (tanto interiores como al aire libre) en cuatro millones al año, un número superior al número de muertes que causan el SIDA, la malaria y la tuberculosis juntos. Una respuesta eficaz del sector, no obstante, tendría que desplegar modelos adaptados a las condiciones locales y culturales, integrar el aprendizaje de fracasos pasados, ser asequibles y adoptar las mejores prácticas de salud pública (incluida la evaluación y supervisión independientes).

**Las medidas de remplazo de hornos para cocinar produjeron beneficios climáticos para el total de las cinco regiones de la criosfera modeladas<sup>3</sup>, incluido las dos regiones polares; los beneficios mayores se obtuvieron en los Himalayas.** Los hornos de biomasa con ventilador dieron resultados casi igual de buenos que los hornos de combustible de biogas o de gas licuado de petróleo (GLP) en cuanto a beneficios climáticos y para la salud modelados (para exposición al aire libre), pero presentan retos a superar en el campo.

**Las estufas de carbón y biomasa (leña) mejoradas podrían salvar cerca de 230.000 vidas anualmente,** dándose la mayoría de estos beneficios para la salud en las naciones de la OCDE.

**Una reducción de tan solo el 50 por ciento de la quema forestal y a cielo abierto podría tener como resultado cerca de 190.000 muertes menos anualmente debido a la contaminación resultante del aire, lo que convierte a esta medida en la segunda más potente, después de los hornos, desde el punto de vista de la salud.** La actividad humana causa casi todos los incendios forestales y a cielo abierto, ya sea intencionalmente o por accidente. Existen alternativas eficaces que no implican quema al uso del fuego en la mayor parte del sector agrícola, y los resultados en este informe indican que podrían conseguirse reducciones de hasta el 90 por ciento.

**Las reducciones en emisiones derivadas del transporte y los equipos de diesel podrían dar lugar a más de 16 millones de toneladas de rendimiento adicional en cultivos básicos como arroz, soja y trigo, especialmente en el sureste asiático, además de evitar 340.000 muertes prematuras.** Como consecuencia de todas las medidas, incluidas las medidas de metano, el aumento adicional en el rendimiento de los cultivos podría sumar un total de cerca de 34 millones de toneladas métricas.

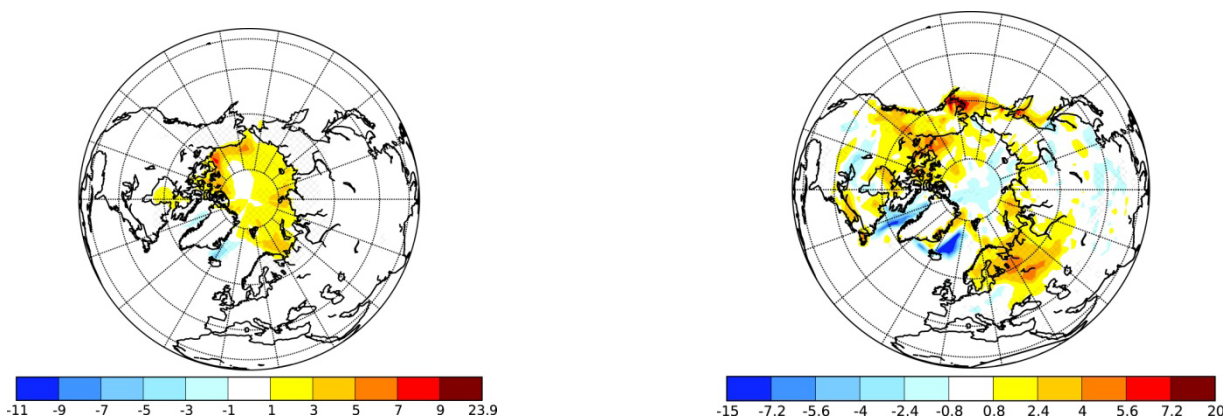
**Las medidas de reducción de metano van dirigidas principalmente a las emisiones iniciales derivadas de la extracción de combustibles fósiles.** Mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen principalmente del uso de combustibles fósiles, surgen emisiones importantes de metano y carbono negro en la cadena de producción del petróleo, el gas y el carbón vegetal (aproximadamente el 65 por ciento de los beneficios derivados de todas las medidas de metano), consolidando la necesidad de conversión a economías bajas en carbono.

## **Las reducciones disminuyen significativamente la amenaza de un cambio rápido de la criosfera**

**Las medidas de carbono negro y metano estudiadas podrían frenar el calentamiento en el Ártico en más de un grado entero para el año 2050, lo que da lugar a estimaciones conservadoras de por lo menos un 40 por ciento más de hielo marino estival y un 25 por ciento más de cubierta de nieve primaveral en comparación con los valores de referencia (figura ES2).** La criosfera del Himalaya podría presenciar prácticamente una disminución de un grado con respecto a las proyecciones de referencia (aunque la incertidumbre es mayor).

**Esta notable disminución en la temperatura derivada de las medidas de reducción incluye regiones de gelisuelo de Siberia, Norteamérica y la región del Tíbet, indicando la posibilidad de una preservación mayor de estos ecosistemas.** Esto podría reducir el riesgo y el alcance de futuras liberaciones de metano y CO<sub>2</sub> como consecuencia del deshielo del gelisuelo.

**Figura ES 2:** Cambio porcentual en el hielo estival ártico y en la nieve primaveral boreal en 2050 debido a la implementación total de las medidas de carbono negro y metano en el año 2030 (cifras no a escala para el forzamiento adicional sobre la criosfera; a escala, la modelización indica conservadoramente una reducción dos veces mayor en pérdida de nieve o hielo).



La implementación de las medidas de carbono negro y metano podría reducir las perturbaciones proyectadas en los ciclos del agua, reduciendo la disminución proyectada a corto plazo en el flujo del Amazonas casi a la mitad según un modelo. También podría reducir significativamente el riesgo de perturbación a los patrones de precipitación tradicionales en la región del monzón surasiático, el Sahel, y áreas a sotavento de las trayectorias de las tormentas invernales (esto es, en el Mediterráneo).

Las tasas de aumento del nivel del mar podrían frenarse significativamente para el año 2050, con una posible casi-estabilización en las tasas antes de finales del siglo si las medidas de CCCV se combinan con emisiones de CO<sub>2</sub> mantenidas en 450 ppm. Esta disminución de la elevación del nivel del mar podría ir desde 10 cm a medio metro o más. Quizá más importante, las reducciones de temperatura en las regiones polares derivadas de estas medidas ayudarían a reducir al mínimo el riesgo fundamentalmente irreversible de pérdida o desintegración de las placas de hielo en la Antártida occidental y Groenlandia, lo que podría en último término elevar los niveles de los océanos en varios decímetros para el 2100, y en muchos metros a lo largo de un período de siglos o milenios.

En los Himalayas, las medidas de reducción de carbono negro podrían reducir de forma significativa el forzamiento radiativo y ayudar a conservar una parte más grande de los sistemas de glaciares del Himalaya. Se necesitan estudios observacionales y de modelización regionales más detallados para entender mejor estos impactos a niveles más locales debido a la variabilidad de las regiones de glaciares del Himalaya.

Incluso la Antártida muestra beneficios climáticos potencialmente grandes como resultado de las medidas de carbono negro, no muy por debajo de los beneficios en el Ártico, especialmente en la península antártica y en la región antártica occidental. Esto podría reducir el riesgo de pérdida de la capa de hielo de la región antártica occidental (WAIS) y el aumento del nivel del mar resultante. Como en otras regiones, el principal beneficio proviene de las medidas de hornos para cocinar, posiblemente del hemisferio sur, disminuyendo la cantidad de carbono negro de la atmósfera sobre la Antártida.

Es probable que la mejor forma de elucidar los beneficios climáticos derivados de las medidas de carbono negro en los Andes sea a través de estudios observacionales. Aunque todas las regiones alpinas presentan retos a los modeladores, la obtención de resultados específicos de la criosfera en los Andes demostró ser particularmente difícil debido a su estrechamiento relativo y a su rápida subida vertical. Un enfoque más rápido y eficaz para evaluar impactos podría consistir en medir los niveles de carbono negro que llegan a los glaciares y a la nieve, aunque los beneficios para la salud fueron sustanciales.

Parece altamente improbable que las medidas de CCCV en África oriental preserven los glaciares en esta región. La pequeña extensión (menos de 4 kilómetros cuadrados) de los tres sistemas de glaciares que quedan en África oriental hace que su preservación sea un reto incluso con esfuerzos intensos para reducir el carbono negro. Sin embargo, los beneficios para la salud derivados de las medidas de carbono negro fueron extremadamente altos en esa región; dichas medidas parecieron también mantener los niveles de precipitación más próximos a su patrón histórico.

La modelización indica la necesidad urgente de más estudios para entender mejor los posibles beneficios. Estos incluyen estimaciones más precisas de impactos evitados en el gelisuelo y en el aumento del nivel del mar; más estudios de modelización con enfoque regional, especialmente para caracterizar mejor los impactos en los recursos de agua y las precipitaciones; un mejor entendimiento del transporte de largo alcance de contaminantes a las regiones polares; causas de y posibilidad de disminución de la quema a cielo abierto fuera del norte euroasiático; y beneficios de las medidas de hornos para mejorar la calidad del aire doméstico a nivel regional y nacional.

La ventana para pasar a la acción se está cerrando rápidamente. Por necesidad, este estudio trata solo brevemente temas de implementación, viabilidad local y rentabilidad – todos retos significativos para estas 14 medidas, aunque todas están en uso actualmente en diferentes regiones en todo el mundo. Esta modelización supone acciones para el 2030. Con proyecciones de impactos grandes en la criosfera, como la pérdida de hielo marino en el Ártico para mediados del siglo, la rapidez es primordial a la hora de abordar y encontrar una solución para estos retos de desarrollo y de la criosfera.

**SOBRE UNA DELGADA CAPA DE HIELO: COMO LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PUEDE RALENTIZAR EL CALENTAMIENTO Y SALVAR VIDAS**

**Tabla ES 1: Medidas de reducción modeladas**

CARBONO NEGRO	
Diesel para carretera	Los vehículos de carretera con motor diesel cumplen con las normativas Euro 6/VI (incluir filtros de partículas)
Diesel para todoterreno	Los vehículos todoterreno con motor diesel cumplen con las normativas Euro 6/VI (incluir filtros de partículas)
Biocombustible para calefacción	Sustitución de las estufas y calderas de leña residenciales actuales por estufas y calderas de pastillas
Carbón vegetal para calefacción	Sustitución del carbón en bruto por bolas (pellets) de carbón en la calefacción doméstica residencial
Hornos	
Biocombustible	Sustitución de los hornos de biocombustible actuales por hornos de aire forzado (asistido por ventilador); o
Biogas o gas licuado de petróleo (GLP)	Sustitución de los hornos de biocombustible actuales por hornos que utilizan biogas (50%) o GLP (50%)
Quema a cielo abierto	
Quema de biomasa al 50%	Reducción de toda la quema a cielo abierto en todo el mundo en un 50 por ciento; o
Fuegos euroasiáticos al 90%	Reducción de la quema a cielo abierto en el norte de Eurasia a niveles de la UE
Quema en antorcha	Reducción de las emisiones de carbono negro derivadas de la quema en antorcha en yacimientos petrolíferos a los niveles estipulados en las mejores prácticas
METANO	
Minería	Captación de metano o desgasificación antes del proceso de minería
Producción de petróleo y gas	Captación o reinyección de emisiones fugitivas de metano, con reutilización si es factible
Conductos de petróleo y gas	Reducción de las fugas a través de mejor monitoreo y reparación
Vertederos	Reciclaje, compostaje y digestión anaerobia y captación de metano para su reutilización
Aguas residuales	Mejora del tratamiento de forma que incluya captación de gas metano y control de desbordamiento
Ganadería	Digestión anaerobia y captación de metano
Arrozales	Aireación intermitente: los campos permanecen inundados continuamente con tan solo exposición ocasional al aire

**Notas**

<sup>1</sup> Hornos avanzados que usan combustible de biogas, gas licuado de petróleo o etanol; u hornos de aire forzado (asistido por ventilador) que usan biomasa (madera, residuos agrícolas o excrementos animales). Consulte el capítulo IV para obtener más detalles.

<sup>2</sup> Este informe asume lo siguiente en relación al riesgo relativo de los impactos sobre la salud de la contaminación atmosférica distintos del GBD: (i) cualquier cantidad con un índice de PM 2,5 tiene un impacto sobre la salud, (ii) la mortalidad por todas las causas se utiliza para extrapolar el riesgo para la salud en otras partes del mundo, y (iii) existe un impacto lineal con concentraciones elevadas. Estas suposiciones podrían conducir a una sobreestimación o subestimación de los resultados definitivos y se describen en detalle en el capítulo VI del informe completo.

<sup>3</sup> Los Himalayas, el Ártico, los Andes, la altiplanicie de África oriental y la Antártida.





**THE WORLD BANK**  
1818 H Street, NW  
Washington, DC 20433  
[www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

